

# Jenui 2013

Castellón de la Plana

Actas de las  
**XIX Jornadas sobre la  
Enseñanza Universitaria de la Informática**

Castellón, del 10 al 12 de julio de 2013

Organizadas por:  
Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales  
Universitat Jaume I de Castelló  
y  
Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática

Mercedes Marqués Andrés  
José Manuel Badía Contelles  
Sergio Barrachina Mir  
(editores)



**JENUI (19es. 2013. Castelló de la Plana)**

Actas de las XIX Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática [Recurs electrònic] : Jenui 2013 : Castellón, del 10 al 12 de julio de 2013 / Organizadas por: Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales Universitat Jaume I de Castelló y Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática ; Mercedes Marqués Andrés, José Manuel Badía Contelles, Sergio Barrachina Mir (editores) — Castelló de la Plana : Publicacions de la Universitat Jaume I, 2013

1 recurs electrònic — (e-Treballs d'Informàtica i tecnologia ; 13)

Bibliografia

e-ISBN: 978-84-695-8051-6 DOI: 10.6035/e-TiIT.2013.13

I. Informàtica – Ensenyament – Congressos. I. Marqués Andrés, Mercedes. II. Badía Contelles, José Manuel. III. Barrachina Mir, Sergio. IV. Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática. V. Universitat Jaume I. Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals. VI. Universitat Jaume I. Publicacions. VII. Títol. VIII. Sèrie 004:37.02(063)

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions  
Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana  
<http://www.tenda.uji.es>  
[publicacions@uji.es](mailto:publicacions@uji.es)

Colección: e-Treballs d'Informàtica i tecnologia, 13  
Primera edició, 2013



Este texto está sujeto a una licencia **Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa)**: No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

*Queremos dedicar esta edición de las Jenui  
a nuestra compañera y amiga Gloria Martínez Vidal,  
que nos dejó en abril de 2009, siendo coordinadora de AENUI*



# Comités

## Comité directivo

- **Fermín Sánchez Carracedo (Presidente)**, *Universitat Politècnica de Catalunya*
- Patricia Miriam Borensztein, *Universidad de Buenos Aires (Argentina)*
- Agustín Cernuda del Río, *Universidad de Oviedo*
- J. José Escribano Otero, *Universidad Europea de Madrid*
- Alberto Gómez Mancha, *Universidad de Extremadura*
- Inés Jacob Taquet, *Universidad de Deusto*
- Joe Miró Julià, *Universitat de les Illes Balears*
- Rosana Satorre Cuerda, *Universidad de Alicante*
- Edmundo Tovar, *Representante del Capítulo español de la Sociedad de Educación de IEEE*
- Belén Vaquerizo García, *Universidad de Burgos*

## Comité organizador

- **Mercedes Marqués Andrés**, *Universitat Jaume I de Castelló*
- **José Manuel Badía Contelles**, *Universitat Jaume I de Castelló*
- **Sergio Barrachina Mir**, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Pablo Aibar Ausina, *Universitat Jaume I de Castelló*
- José I. Aliaga Estellés, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Juan Carlos Amengual Argudo, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Asunción Castaño Álvarez, *Universitat Jaume I de Castelló*
- M<sup>a</sup> Isabel Castillo Catalán, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Juan Carlos Fernández Fernández, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Reyes Grangel Seguer, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Dolores M<sup>a</sup> Llidó Escriba, *Universitat Jaume I de Castelló*
- M<sup>a</sup> Ángeles López Malo, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Ester Martínez Martín, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Rafael Mayo Gual, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Lledó Museros Cabedo, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Jorge Sales Gil, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Ismael Sanz Blasco, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Vicente Ramón Tomás López, *Universitat Jaume I de Castelló*
- Vicente Javier Traver Roig, *Universitat Jaume I de Castelló*

## Comité de programa (cuerpo de revisores)

- Abelló, Alberto, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Alonso, Javier, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Álvarez, Carlos, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Álvarez, Pedro Javier, *Universidad de Zaragoza*  
Álvarez García, Fernando, *Universidad de Oviedo*  
Álvarez Gutiérrez, Darío, *Universidad de Oviedo*  
Anguita López, Mancia, *Universidad de Granada*  
Aparicio, Fernando, *Universidad Europea de Madrid*  
Ardila Rey, Jorge Alfredo, *Universidad Europea de Madrid*  
Arevalillo-Hérraez, Miguel, *Universidad de Valencia*  
Aznar Gregori, Fidel, *Universidad de Alicante*  
Bachiller, Pilar, *Universidad de Extremadura*  
Badía Contelles, José Manuel, *Universitat Jaume I de Castelló*  
Baldassarri, Sandra, *Universidad de Zaragoza*  
Bañares Bañares, José Ángel, *Universidad de Zaragoza*  
Barrachina Mir, Sergio, *Universitat Jaume I de Castelló*  
Baruque Zaón, Bruno, *Universidad de Burgos*  
Belanche, Lluís, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Berná, José Vicente, *Universidad de Alicante*  
Burgos, José Manuel, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Calafate, Carlos T., *Universidad Politécnica de Valencia*  
Cano, Juan Carlos, *Universidad Politécnica de Valencia*  
Castaño, Asunción, *Universitat Jaume I de Castelló*  
Castillo, Pedro A., *Universidad de Granada*  
Catalán, Carlos, *Universidad de Zaragoza*  
Cernuda del Río, Agustín, *Universidad de Oviedo*  
Claver Iborra, José M., *Universidad de Valencia*  
Conejero, José María, *Universidad de Extremadura*  
de Vicente Rodríguez, Antonio J., *Universidad de Alcalá*  
Díaz-Labrador, Josuka, *Universidad de Deusto*  
Enciso García-Oliveros, Manuel, *Universidad de Málaga*  
Escribano Otero, Juan José, *Universidad Europea de Madrid*  
Ezpeleta, Joaquín, *Universidad de Zaragoza*  
Fernández Baldomero, Fco. Javier, *Universidad de Granada*  
Fernández Breis, Jesualdo Tomás, *Universidad de Murcia*  
G. Lemus, Lenin, *Universidad Politécnica de Valencia*  
García García, Eduardo, *Universidad del Valle de México*  
García López, Pedro, *Universitat Rovira i Virgili*  
García-Molina, Jesús, *Universidad de Murcia*  
Gaya López, M<sup>a</sup> Cruz, *Universidad Europea de Madrid*  
Gayo Avello, Daniel, *Universidad de Oviedo*  
Gazo Cervero, Alfonso, *Universidad de Extremadura*  
Gil, María José, *Universidad de Deusto*  
Giménez Canovas, Domingo, *Universidad de Murcia*  
Gómez, Alberto, *Universidad de Extremadura*  
González, Julia, *Universidad de Extremadura*  
Grediaga, Ángel, *Universidad de Alicante*  
Gutiérrez, José María, *Universidad de Alcalá*  
Hernández, Juan, *Universidad de Extremadura*  
Jacob Taquet, Inés, *Universidad de Deusto*  
Jiménez-González, Daniel, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Juan, M. Carmen, *Universidad Politécnica de Valencia*  
Julián, Vicente, *Universidad Politécnica de Valencia*  
Labra Gayo, José Emilio, *Universidad de Oviedo*  
Larraza Mendiluze, Edurne, *Universidad del País Vasco*  
Llamas Nistal, Martín, *Universidad de Vigo*  
Llorente, Silvia, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
López, David, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
López Ibañez, Beatriz, *Universitat de Girona*  
López Nozal, Carlos, *Universidad de Burgos*  
Lozano Tello, Adolfo, *Universidad de Extremadura*  
Luengo Díez, Cándida, *Universidad de Oviedo*  
Luján, Sergio, *Universidad de Alicante*  
Marco Galindo, M. Jesús, *Universitat Oberta de Catalunya*  
Marqués Andrés, Mercedes, *Universitat Jaume I de Castelló*  
Martí Campoy, Antonio, *Universidad Politécnica de Valencia*  
Marticorena, Raúl, *Universidad de Burgos*  
Martínez, Francisco José, *Universidad de Zaragoza*  
Mejías Risoto, Manuel, *Universidad de Sevilla*  
Menarguez-Tortosa, Marcos, *Universidad de Murcia*  
Millán Valldeperas, Eva, *Universidad de Málaga*  
Miró, Joe, *Universitat de les Illes Balears*  
Moreno Ribas, Antonio, *Universitat Rovira i Virgili*  
Nicolás Ros, Joaquín, *Universidad de Murcia*  
Otero, Beatriz, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Perez-Poch, Antoni, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Pérez-Serrano, Pedro Luis, *Universidad de Extremadura*  
Perles Ivars, Ángel F., *Universidad Politécnica de Valencia*  
Piattini Velthuis, Mario G., *Universidad de Castilla-La Mancha*  
Polo Márquez, Antonio, *Universidad de Extremadura*  
Puchol García, Juan Antonio, *Universidad de Alicante*  
Pujol, Mar, *Universidad de Alicante*  
Rayón Jerez, Alexander, *Universidad de Deusto*  
Ribas Xirgo, Lluís, *Universitat Autònoma de Barcelona*  
Rodríguez-Echeverría, Roberto, *Universidad de Extremadura*  
Romero López, Gustavo, *Universidad de Granada*  
Rossi Jiménez, Carlos, *Universidad de Málaga*  
Ruíz González, Francisco, *Universidad de Castilla-La Mancha*  
Saénz Pérez, Fernando, *Universidad Complutense de Madrid*  
Sainz Bedoya, Nekane, *Universidad de Deusto*  
Sánchez Carracedo, Fermín, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Sánchez Figueroa, Fernando, *Universidad de Extremadura*  
Santos, Germán, *Universitat Politècnica de Catalunya*  
Satorre, Rosana, *Universidad de Alicante*  
Terrón López, M<sup>a</sup> José, *Universidad Europea de Madrid*  
Urretavizcaya, Maite, *Universidad del País Vasco*  
Vaquerizo García, Belén, *Universidad de Burgos*

# Presentación

Las *Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (Jenui)* pretenden promover el contacto, el intercambio y la discusión de conocimientos y experiencias entre profesorado universitario de Informática para debatir sobre el contenido de los programas docentes y los métodos pedagógicos empleados, así como materializar un foro en el que presentar enfoques innovadores orientados a mejorar el aprendizaje de la Informática en nuestras universidades.

Estas Jornadas se gestaron en 1994 en el seno de las *II Jornadas sobre innovación docente en las enseñanzas técnicas universitarias* y celebraron su primera edición en 1995. Las Jenui constituyen una de las principales actividades de la *Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática (AENUI)*, cuyo objetivo fundamental es el de promover actividades que incentiven y permitan difundir la investigación y la innovación que se desarrolla en nuestro país en materia de enseñanza universitaria de la informática.

Tras recorrer gran parte de la geografía española, las Jenui de 2013 se celebran en la *Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales* de la *Universitat Jaume I de Castelló*. En esta XIX edición se ha añadido una nueva área de interés: la docencia en el máster de profesorado de enseñanza secundaria. Las áreas incluidas en la llamada a la participación han sido las siguientes:

- Didáctica en los estudios de Ingeniería Informática.
- Calidad y evaluación de la docencia.
- Evaluación del aprendizaje.
- Promoción de los estudios de Ingeniería Informática.
- Desarrollo de competencias transversales y profesionales.
- Organización curricular y planes de estudio.
- Compromiso social y medioambiental.
- Trabajos fin de carrera, prácticum, proyectos y participación de alumnos en la investigación.
- Aplicación de las TIC al proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Optimización del tiempo y el trabajo del profesor.
- Mejoras pedagógicas en las asignaturas.
- Máster en profesorado de secundaria.

En dicha llamada se ha invitado a presentar trabajos que versen sobre experiencias docentes, recursos informáticos de apoyo a la docencia, investigaciones en educación y reflexiones sobre la docencia universitaria de la informática. Los formatos para la presentación en las Jenui han sido los habituales: ponencia con presentación oral, demostración de recurso docente y póster. Para las ponencias y los recursos docentes se han solicitado trabajos escritos de ocho páginas, mientras que para los pósters se han solicitado trabajos de hasta cuatro páginas.

En total, se han recibido 71 trabajos: 59 ponencias, 5 recursos docentes y 7 pósters. Estos trabajos han sido evaluados por un cuerpo de revisores formado por 97 profesores de 27 universidades, con una media de 4 revisiones por trabajo. Se han aceptado 39 ponencias, 4 recursos docentes y 3 pósters, lo que supone una tasa de aceptación del 65 %. Esta tasa refleja, por un lado, el alto nivel de exigencia en las revisiones realizadas y por otro, al ser superior que en la mayoría de las ediciones anteriores, la gran calidad de los trabajos presentados.

Este volumen recoge los artículos correspondientes a los 46 trabajos aceptados, organizados en las siguientes temáticas:

- Desarrollo de competencias transversales y profesionales.
- Evaluación del aprendizaje.
- Mejoras pedagógicas en las asignaturas.
- Aprendizaje basado en problemas.
- Didáctica en los estudios de ingeniería informática.

- Tutoría y soporte a la organización curricular.
- Aplicación de las TIC al proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Trabajo fin de grado y Prácticum.
- Recursos docentes.
- Pósteres.

En el programa de las Jenui se han distribuido los trabajos en trece sesiones de presentaciones orales de ponencias, más una sesión específica para presentar pósteres y recursos docentes, todas ellas organizadas en base a las temáticas anteriores. De las trece sesiones de ponencias, hay diez que se celebran de forma paralela en cinco franjas horarias y tres que tienen lugar en sesión plenaria por su especial interés. Cada una de estas sesiones plenarias cuenta, a su vez, con tres ponencias, por lo que son nueve los trabajos que se presentan de esta manera en esta edición. Estos nueve trabajos han sido seleccionados por el Comité Directivo de las Jornadas como candidatos a mejor ponencia de las Jenui de 2013.

Los dos trabajos que reciban la mención de mejor ponencia se publicarán en ReVisión, la revista electrónica de AENUI de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática<sup>1</sup>. Además, se escogerán ponencias adicionales que aparecerán en un número especial de la revista. Se anima desde aquí a los autores de todos los artículos aceptados (incluyendo pósteres y recursos docentes) a que envíen una versión más completa a ReVisión.

Las mejores ponencias también serán publicadas en TICAI<sup>2</sup> (TIC Aplicadas para el aprendizaje de la Ingeniería), una iniciativa del CTAE (Comité Técnico, de Acreditación y Evaluación) del Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE, que pretende reunir en un libro anual las mejores aportaciones realizadas en los congresos de ámbito iberoamericano en la temática propia de la Sociedad de Educación del IEEE.

Se seleccionarán otros cuatro trabajos, de los cuales dos serán publicados en IEEE RITA<sup>3</sup> y otros dos en Novática<sup>4</sup>.

*Comité directivo Jenui  
Comité organizador Jenui 2013*

---

<sup>1</sup>ReVisión: <http://www.aenui.net/ReVision/>

<sup>2</sup>TICAI: <http://romulo.det.uvigo.es/ticai/>

<sup>3</sup>IEEE RITA: <http://rita.det.uvigo.es/>

<sup>4</sup>Novática: <http://www.ati.es/novatica/>

# Índice

<b>Desarrollo de competencias transversales y profesionales</b>	<b>1</b>
Desarrollo de las habilidades de escritura y trabajo colaborativo utilizando herramientas de la nube . . .	3
<i>Marta Zorrilla</i>	
Una propuesta para las comunicaciones orales . . . . .	11
<i>Mere Macià Soler y Guillermo Manjabacas Tendero</i>	
Transformando mi asignatura en una empresa . . . . .	19
<i>Antonio Polo Márquez</i>	
<b>Evaluación del aprendizaje</b>	<b>27</b>
Experiencia en informática: Uso del portafolio como herramienta para la mejora de la motivación en el aprendizaje de los alumnos . . . . .	29
<i>Jose Damiàn Segrelles Quilis, Carla Sentieri Omarrementeria y Miguel Angel Salido</i>	
Una metodología para fomentar el aprendizaje mediante sistemas de evaluación entre pares . . . . .	37
<i>Pablo Sánchez y Carlos Blanco</i>	
Contratos de aprendizaje y evaluación entre iguales para responsabilizar al alumno de su aprendizaje . .	45
<i>Reyes Grangel Seguer y Cristina Campos Sancho</i>	
Revisando el concepto de examen y el de planificación . . . . .	53
<i>Antonio Polo Márquez</i>	
Evaluación continua: análisis cuantitativo del esfuerzo del profesor versus el rendimiento del alumno . .	61
<i>José Luis Poza Luján, Carlos T. Calafate, Juan Luis Posadas Yagüe y Juan Carlos Cano</i>	
Plan de evaluación para Estructuras de datos y de la información . . . . .	69
<i>Julia González Rodríguez</i>	
Una propuesta de autoevaluación-reflexión para potenciar la responsabilidad individual . . . . .	77
<i>V. Javier Traver y Juan Carlos Amengual</i>	
Análisis del retorno personalizado en un entorno virtual de aprendizaje . . . . .	85
<i>David Bañeres y M<sup>a</sup> Jesús Marco Galindo</i>	
Una experiencia de autoevaluación y evaluación por compañeros . . . . .	93
<i>Mercedes Marqués Andrés, José Manuel Badía Contelles y Ester Martínez Martín</i>	
<b>Mejoras pedagógicas en las asignaturas</b>	<b>101</b>
La experiencia de diseñar una asignatura sin exámenes . . . . .	103
<i>David López</i>	
El diseño de una asignatura a partir de principios pedagógicos . . . . .	111
<i>Joe Miró Julià</i>	
Innovaciones andragógicas graduales y reflexionadas . . . . .	119
<i>M. Asunción Castaño</i>	
Mentores a distancia: un refuerzo próximo entre iguales . . . . .	127
<i>Josep Maria Marco Simó y Jaume Medeiros Vaz</i>	
Formación de equipos en función de la extroversión de sus integrantes: un experimento replicado . . . .	135
<i>José A. Cruz Lemus, Marcela Genero, Marta N. Gómez y Silvia T. Acuña</i>	
La influencia del orden de las preguntas en los exámenes de primer curso . . . . .	143
<i>David López, Jordi Cortés, Montse Fernández, Joan Manuel Parcerisa, Ruben Tous y Jordi Tubella</i>	

<b>Aprendizaje basado en problemas</b>	<b>151</b>
Introducción de metodologías de aprendizaje basado en problemas en el marco de las TIC . . . . .	153
<i>Rafael Sebastian, Ricardo Olanda y Juan Manuel Orduña</i>	
Competiciones de programación. Estímulo y salida laboral para los alumnos . . . . .	161
<i>Jon A. Gómez, Joaquín Planells, Assumpció Casanova, Mabel Galiano, Marisa Llorens, Germán Moltó, Francisco Marqués, Natividad Prieto, Francisco Álvaro, Antonio Barella, María José Castro Bleda, Mercedes García, Álvaro Hermida, Carlos Herrero, Carlos D. Martínez Hinarejos, Antonio Molina, Lidia Moreno, Joan Pastor, Moisés Pastor, Mario Rodríguez, Andrés Terrasa y Emilio Vivancos</i>	
Metodología on demand para el desarrollo de la asignatura de Sistemas Operativos Avanzados . . . . .	167
<i>Xavi Canaleta, David Vernet y Joan Navarro</i>	
Una experiencia de unificación de asignaturas para desplegar PBL (y las quejas que originó) . . . . .	175
<i>Cristina Barrado, Ricardo Tosca, Luis Delgado, Fernando Mellibovsky, Enric Pastor, Marc Pérez, Xavier Prats, Jose I. Rojas, Pablo Royo y Miguel Valero</i>	
Aprendizaje activo basado en problemas . . . . .	183
<i>Carlos Álvarez, Agustín Fernández, Josep Llosa y Fermín Sánchez</i>	
Una experiencia en el uso de metodologías activas en la asignatura Arquitectura de Computadores . . . . .	191
<i>Olatz Arbelaitz Gallego, José I. Martín Aramburu y Javier Muguerza Rivero</i>	
<b>Didáctica en los estudios de Ingeniería Informática</b>	<b>199</b>
El uso de los demostradores automáticos de teoremas para la enseñanza de la programación . . . . .	201
<i>Ana Romero</i>	
Experiencia de adaptación y plan de mejora de la materia de Sistemas Inteligentes en la titulación de Grado en Ingeniería Informática . . . . .	209
<i>Beatriz Pérez Sánchez, David Alonso Ríos, Amparo Alonso Betanzos, Vicente Moret Bonillo y David Martínez Rego</i>	
Una estrategia para la enseñanza de metodologías ágiles . . . . .	217
<i>Patricio Letelier Torres y M<sup>a</sup> Carmen Penadés Gramaje</i>	
Identificando algunas causas del fracaso en el aprendizaje de la recursividad: Análisis experimental en las asignaturas de programación . . . . .	225
<i>Carmen Lacave, Ana Isabel Molina y Juan Giralt</i>	
Estudiando el nivel en matemáticas de alumnos de nuevo ingreso en ingeniería informática: percepción y realidad . . . . .	233
<i>Maximo Cobos, Miguel Arevalillo, Paloma Moreno y Ricardo Olanda</i>	
ENIAC: una máquina y un tiempo por redescubrir . . . . .	241
<i>Xavier Molero</i>	
<b>Tutoría y soporte a la organización curricular</b>	<b>249</b>
Sistema de soporte para el reconocimiento de estudios previos en el EEES . . . . .	251
<i>Joaquim Moré, Jordi Conesa, David Bañeres y Montserrat Junyent</i>	
Experiencias de tutorización en el Grado de Ingeniería Informática . . . . .	259
<i>Lenin Guillermo Lemus Zúñiga, Catalina Rus Casas, Silvia M<sup>a</sup> Terrasa Barrena y Macarena Espinilla</i>	
El plan de orientación y acción tutorial en el Grado en Ingeniería Informática . . . . .	267
<i>Gara Miranda Valladares y Coromoto León Hernández</i>	
<b>Aplicación de las TIC al proceso de enseñanza-aprendizaje</b>	<b>275</b>
Experiencias de utilización de aplicaciones móviles para la mejora de la participación del alumnado . . . . .	277
<i>Carlos Guerrero, Isaac Lera, Antoni Jaume i Capó y Carlos Juiz</i>	
Un modelo de colaboración docente interuniversitaria entre estudiantes y profesores . . . . .	285
<i>José Miguel Blanco, Arturo Jaime, César Domínguez, Ana Sánchez y Juan José Olarte</i>	
Uso de software de gestión de concursos de programación para evaluación continua . . . . .	293
<i>Marco Antonio Gómez Martín y Pedro Pablo Gómez Martín</i>	

<b>Trabajo fin de grado y Prácticum</b>	<b>301</b>
Evaluación del Trabajo de Fin de Grado . . . . .	303
<i>Fermín Sánchez, Joan Climent, Julita Corbalán, Pau Fonseca, Jordi García, Josep Ramon Herrero, Xavier Llinàs, Horacio Rodriguez y Maria Ribera Sancho</i>	
PRAKTIKUM. O cómo difundir la investigación a los estudiantes de bachiller . . . . .	311
<i>Ana Pont, Josep Domenech y José A. Gil</i>	
La sostenibilidad en los proyectos de ingeniería . . . . .	317
<i>Jose Cabré, Jordi García, Helena García, David López, Fermín Sánchez, Eva Vidal y Marc Alier</i>	
<b>Recurso docente</b>	<b>325</b>
Entorno virtualizado de aprendizaje para facilitar el desarrollo de destrezas de programación . . . . .	327
<i>Germán Moltó y Óscar Sapena</i>	
PeLP: Plataforma para el Aprendizaje de Lenguajes de Programación . . . . .	335
<i>Xavier Baró, David Masip, Elena Planas y Julià Minguillón</i>	
Aprender, enseñar y evaluar con CAP, un Corrector Automático de tareas de Programación . . . . .	343
<i>Óscar Sapena, Mabel Galiano, Marisa Llorens y Natividad Prieto</i>	
Aplicación para la gestión y calificación de actividades ECTS . . . . .	351
<i>Sergio Barrachina Mir, M. Asunción Castaño, Maribel Castillo Catalán, Germán León Navarro, Rafael Mayo Gual y Enrique S. Quintana Ortí</i>	
<b>Póster</b>	<b>359</b>
Valoración de los Estilos de Dirección de Proyectos Fin de Carrera en Ingeniería Informática . . . . .	361
<i>Juan José Olarte, César Domínguez, Fco. J. García Izquierdo y Arturo Jaime</i>	
Ayudando a la incorporación de alumnos de nuevo ingreso en el grado de Ingeniería Informática . . . . .	365
<i>María del Mar Artigao Castillo, Antonio Jesús Díaz Honrubia, María Teresa López Bonal, Mere Macià Soler y Tomás Rojo Guillén</i>	
El uso del portafolio en el máster de profesorado de secundaria . . . . .	369
<i>Mercedes Marqués Andrés, Joaquim Canales, Mónica Hurtado, Enrique Juliá, Sergi Meseguer, Begonya Vicedo y Rosario Vidal</i>	
<b>Índice de autores</b>	<b>373</b>



# **Desarrollo de competencias transversales y profesionales**



# Desarrollo de las habilidades de escritura y trabajo colaborativo utilizando herramientas de la nube

Marta Zorrilla

Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación  
Universidad de Cantabria  
Santander  
marta.zorrilla@unican.es

## Resumen

La escritura, individual o colectiva, es una habilidad esencial que todos los graduados deben adquirir. Los ingenieros, por ejemplo, invierten entre un 20 y 40% de su tiempo escribiendo y este número crece con la responsabilidad del cargo que ocupen. Muchos de estos documentos se escriben en la actualidad colaborativamente, por ello, las universidades deben capacitar a sus alumnos en esta habilidad. Este artículo describe una actividad de escritura colaborativa desarrollada en la Universidad de Cantabria (UC), ofrece pautas para su desarrollo e indica las soluciones adoptadas para minimizar los problemas que inevitablemente surgen. Asimismo analiza los puntos fuertes y débiles de la experiencia.

## Abstract

The writing, individual or collective, is an essential skill that all graduates should acquire. Engineers, for example, spend between 20 and 40% of his time writing and this number grows with the responsibility of the position they occupy. Currently, many of these documents are written collaboratively, therefore universities must train their students in this skill. This article describes a collaborative writing activity developed at the University of Cantabria (UC), offers guidelines for its development and indicates the solutions adopted to minimize the problems that inevitably arise. It also analyzes the strengths and weaknesses of this experience.

## Palabras clave

Escritura colaborativa, Herramientas de la Nube, Web 2.0, PFC.

## 1. Introducción

El sistema educativo actual está inmerso en un proceso de cambio sin precedentes, como consecuencia

de cumplir los objetivos marcados por el Espacio Europeo de Educación Superior, en el que el alumno debe ser un elemento activo de su aprendizaje, así como por los cambios sociales propiciados por la innovación tecnológica y, en particular, por el desarrollo de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), lo que obliga a los distintos actores del sistema (profesores, alumnos y responsables académicos) a entender este nuevo contexto y a adaptarse a él.

Si bien es cierto que las TIC proporcionan grandes ventajas para desarrollar el proceso docente: despierta mayor interés, permite la interacción, favorece la comunicación, el aprendizaje cooperativo, el desarrollo de habilidades de búsqueda y selección de información, etc. estas no dejan de ser un instrumento para alcanzar un objetivo y, por tanto, solo resultan eficaces si son concebidas y aplicadas con el propósito expreso de fomentar el aprendizaje y la colaboración, como así se desprende del estudio [12].

Aunque las TIC se han incorporado al proceso educativo desde hace unos años (ya hay estudios de la UE en 2006, ver [2]), aún no se dispone de estudios concluyentes que permitan afirmar que su utilización en la educación ha servido y sirve para mejorar los resultados académicos. Aunque sí se tiene algún análisis empírico, como el realizado por [7], que muestra que el uso de la tecnología tiene un moderado y positivo impacto en el progreso cognitivo del estudiante. Lo que sí se observa son transformaciones en el modo de hacer, tanto de los alumnos como de los profesores, en aspectos como la comunicación entre ambos, la búsqueda de información, la planificación de actividades y la colaboración.

Existen diferentes métodos y técnicas pedagógicas para diseñar actividades que hagan uso de las TIC [13], pero hoy en día parece adecuado desarrollarlas apoyándose en las herramientas que ofrece la Web 2.0 como son los blogs, wikis, o herramientas para la edición colaborativa de textos [6], como es el caso de la experiencia que se describe en este trabajo.

La escritura, individual o colaborativa, es una habilidad esencial que todos los graduados deben adquirir. Los ingenieros, por ejemplo, invierten entre un 20% y 40% de su tiempo escribiendo y este número crece con la responsabilidad del cargo que ocupen [5]. Muchos de estos documentos actualmente se escriben colaborativamente y, por ello, las universidades deben capacitar a sus alumnos en esta habilidad.

El artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2, se indican los objetivos de la actividad colaborativa propuesta. En la sección 3, se mencionan distintas herramientas colaborativas y se justifica la elegida para esta actividad. La sección 4 resume las sugerencias propuestas por Rebecca Moore [8], experta en escritura y retórica de la Universidad de Syracuse, para desarrollar actividades de escritura colaborativa. La sección 5 describe la actividad, el contexto, su organización, planificación y evaluación. La sección 6 recoge el análisis de la experiencia desde el punto de vista de la docente y comenta la opinión de los alumnos recogida por medio de una encuesta. Y, finalmente, en la sección 7 se resume la experiencia y se presentan las conclusiones finales.

## 2. Objetivos

La actividad que se describe y analiza en este artículo tenía por objeto el desarrollo, de forma colaborativa, de un tema de investigación en el campo de las bases de datos con el que los alumnos de cuarto curso de ingeniería informática:

1. Profundizaran en una parte del temario de la asignatura y elaboraran material propio (análisis personales, opiniones, nuevas propuestas, etc.).
2. Trabajasen de forma colaborativa desarrollando y discutiendo sobre un tema y realizando crítica constructiva (sugerir modificaciones, aclaraciones, incorporar ejemplos, etc.) en su propio tema y en los temas desarrollados por sus compañeros.
3. Realizasen tareas de búsqueda bibliográfica y de selección de fuentes adecuadas.
4. Mejorasen su capacidad de síntesis y análisis a partir de la lectura de fuentes bibliográficas y de la revisión del trabajo de sus compañeros.
5. Aprendieran a escribir de forma ordenada y clara los contenidos de un tema así como presentarlos públicamente.
6. Manejaran distintas herramientas de la Web 2.0 muy utilizadas hoy en día en el sector TIC profesional, mercado en el que desempeñarán el ejercicio de su profesión.

El planteamiento de esta actividad tenía como fin último preparar a los alumnos para la realización de su proyecto fin de carrera, en concreto para las tareas de búsqueda bibliográfica, redacción de la memoria y la defensa oral, al tiempo que se trabajaran las com-

petencias y habilidades transversales demandadas por el sector profesional.

## 3. Elección de herramientas

La actividad docente propuesta requería del uso de una herramienta de edición de textos que permitiera el trabajo en grupo. En la elección se debía tener en cuenta que la herramienta funcionara correctamente con relación a la sincronización de ediciones (visualizar los cambios realizados por otro alumno), realizara una adecuada gestión de versiones con la posibilidad de recuperar cualquiera de ellas (control de cambios), dispusiera de herramientas para formatear y presentar los contenidos, e incluyera herramientas para realizar comentarios sobre el trabajo.

Además la actividad, como se detalla en la sección 5, requería el uso de una herramienta de calendarios para que la profesora estableciera los hitos y los alumnos indicaran, de forma interna, su distribución de tareas y fechas de puesta en común. Asimismo, era necesaria una herramienta de encuestas para que los alumnos diseñaran cuestionarios con los que sus compañeros pudieran evaluar los conocimientos adquiridos y la profesora cuantificar el dominio de los redactores sobre el tema abordado.

Se debía elegir entre herramientas disponibles en la Web 2.0 por tres razones: 1) los alumnos de informática, en general, tiene configuraciones distintas en sus ordenadores (Linux, Windows, Mac, etc.), por lo que no debía implicar la instalación de ningún software ni obligar a que todos trabajaran en el mismo entorno; 2) debía ser gratuito, ya que la Universidad de Cantabria no dispone de ningún espacio colaborativo para los alumnos; 3) debía estar siempre disponible y estar garantizada la persistencia (no pérdida) de los trabajos.

Entre las disponibles en la red se analizó Microsoft Office 365, conjunto de herramientas colaborativas que Microsoft ofrece en la nube con un funcionamiento similar a sus herramientas de escritorio. Se descartó porque es de pago y se sabe que hay alumnos anti-Microsoft que no se sentirían a gusto (estamos en una titulación de informática).

Otra herramienta que se evaluó fue DropBox como espacio en la nube donde compartir ficheros. Esta herramienta realiza la gestión de versiones de forma correcta y permite trabajar de forma desconectada pero no ofrece herramientas de oficina, por lo que los estudiantes deberían llegar a acuerdos sobre qué editor utilizar. Se descartó por la dificultad que supondría a la profesora la gestión del espacio compartido, la realización de comentarios y el seguimiento de la aportación de cada alumno. Como se mencionará posteriormente una de las dificultades en la evaluación de las actividades colaborativas es medir la actividad realizada por cada miembro del grupo.

Google Docs, que fue la suite seleccionada, es una aplicación gratuita para crear documentos en línea con la posibilidad de colaborar en grupo. Incluye un procesador de textos, una hoja de cálculo, programa de presentaciones básico y un editor de formularios destinados a encuestas. Asimismo ofrece una aplicación de calendario, correo electrónico y chat.

Esta suite se eligió porque cumplía con los requisitos planteados, además de ofrecer la posibilidad de publicar los documentos en blogs o páginas de internet, abrir y grabar documentos en diferentes formatos y, ofrecer numerosas "plantillas" que podían servir de base para la creación de nuevos documentos. Además muchos de los alumnos ya disponían de cuenta gmail, única condición necesaria para acceder a la suite, lo que facilitaba su utilización. El hecho de estar autenticado permitía a la profesora conocer la aportación de cada alumno.

Zoho es otro conjunto completo de herramientas de oficina en la web, muy parecida a los que ofrece Google, pero en el momento en el que se hizo el análisis de herramientas no se localizó, aunque parece que también tiene buena aceptación. Es de pago, pero muchas de sus aplicaciones son gratuitas para el usuario individual.

Como la actividad también requería grabar un podcast, y dado que GoogleDocs no ofrecía ninguna herramienta, se sugirió el uso de Goeat u otra que ellos dispusieran. Respecto a la difusión de los trabajos realizados, se utilizó la wiki de Moodle para enlazar el documento, el cuestionario y el podcast. Moodle es la plataforma e-learning donde se tiene organizada toda la asignatura, de forma que así quedarán los trabajos integrados con los contenidos de la asignatura.

## 4. Edición de textos colaborativos

En esta sección se recoge las sugerencias de la Prof. Rebecca Moore [8] para el desarrollo de actividades de edición de textos de forma colaborativa, la mayoría de las cuales se han adoptado:

1. La actividad debe tener un objetivo que se consiga claramente mejor si se realiza en grupo que de forma individual.
2. Aunque la actividad pueda ser anunciada el primer día de clase, esta no debe comenzar hasta que los grupos se conozcan y resuelvan los pequeños roces interpersonales que inevitablemente surgen.
3. Antes de que la actividad comience, se ha de animar a los alumnos a que propongan ideas y a que escuchen las de otros compañeros, así como aprender a delegar responsabilidades. Los problemas más frecuentes en este tipo de actividad se pueden resumir en dos: i) que algún alumno no realice la tarea encomendada por el grupo y,

ii) la aceptación de juicios críticos realizados por los compañeros que conlleven borrar o modificar parte del trabajo.

4. Asimismo se ha de motivar a los alumnos para evitar su resistencia a la colaboración.
5. Se debe permitir a la clase elegir cómo se constituyen los grupos y discutir los pros y contras de cada posibilidad. Se ha de avisar que si se agrupan ellos se sentirán más a gusto pero puede que la toma de decisiones sea más pobre debido a ciertas consideraciones provenientes de la amistad.
6. Se ha de dar a los grupos autonomía para su organización y los métodos a utilizar.
7. Se ha de preparar a los alumnos a disentir del grupo y a escribir el documento recogiendo también la opinión de las minorías.
8. Por último, el profesor debe asegurarse de que la actividad colaborativa forma parte de un conjunto de actividades de aprendizaje realizables durante el curso (carga de trabajo del alumno equilibrada).

## 5. Descripción de la actividad

Antes de describir la actividad, se indicará brevemente el contexto en el cual se ha desarrollado.

La asignatura de Bases de Datos Avanzadas (BDA) es una asignatura optativa de 4º de Ingeniería Informática. Tiene una componente teórica de 4,5 créditos y práctica de 3 créditos. Se divide en 6 temas, cinco de ellos estudian una tecnología específica (BD objeto-relacionales, BD objetuales, BD XML, Data warehousing y NoSQL) y el sexto tema es el que desarrollan los alumnos en forma de trabajo en grupo.

La actividad se desarrolló en el segundo cuatrimestre del curso 2011/12. El número de alumnos matriculados fue 13. La actividad tenía carácter obligatorio.

### 5.1. Organización de la actividad

El primer día de clase, se presentó la asignatura y se colgó en Moodle toda la información relativa al trabajo en grupo, esto es, cómo se organizaba, su planificación (hitos) y su evaluación. Asimismo se indicaron conferencias y sitios web relevantes donde los alumnos podían tomar referencias interesantes. Se propusieron varios temas y al finalizar la semana los grupos debía estar organizados (grupos de 3 o 4 personas) y con el tema elegido. Con objeto de evitar el plagio se les colgó la referencia [15] en Moodle. En esta misma sesión se aprovechó para indicarles el objetivo de la actividad, la conveniencia de trabajar en grupo, de ser críticos y de realizar una correcta gestión del tiempo. Por último, se decidió la forma de crear los grupos, insistiendo ellos en la libertad para elegir a sus compañeros.

Los temas finalmente seleccionados fueron Bases de datos de grafos, Big Data, Aplicaciones móviles y Diseño de BD a partir de consultas.

Como el objetivo de la actividad era estudiar un tema y desarrollar una memoria se les indicó la estructura que esta debía tener. El tema debía incluir una introducción, conceptos teóricos, justificación de su existencia, ejemplos y contraejemplos aclaratorios, casos prácticos y las referencias bibliográficas utilizadas según el estilo APA (American Psychological Association, <http://www.apastyle.org/>). Aquí el objetivo no era aprender APA sino acostumbrarlos a seguir un formato a la hora de referenciar. Asimismo se les instó a que trabajasen con referencias contrastadas por la comunidad científica.

Además debían incluir un cuestionario con un doble objetivo: por una parte, la profesora podría valorar el nivel de sus conocimientos y su capacidad para extraer lo realmente importante y por otra, que el resto de los compañeros verificaran si habían comprendido bien el tema.

Una vez editados los trabajos, los alumnos debían estudiarlos y sugerir mejoras y/o aclaraciones con objeto de que los autores las incorporaran al documento y realizaran la publicación definitiva en la wiki de la asignatura. La profesora participó en esta tarea, en realidad ella fue la más activa como cabe esperar.

Por último, y con objeto de trabajar la locuacidad y la capacidad de síntesis, debían grabar un podcast de 15 minutos con la explicación del tema. Este podía apoyarse en transparencias. El podcast también se publicaría en la Wiki. Un objetivo secundario que también se quería conseguir es que si bien no se leían los temas, quizá eran más receptivos a escucharlos, como concluye [4].

Los temas desarrollados formaban parte de los contenidos de la asignatura y, por tanto, habría preguntas sobre ellos en las pruebas ordinarias y de recuperación de la misma.

Por último, el desarrollo de toda la actividad estaba sujeto a hitos que fueron marcados por la profesora. Asimismo se instó a que ellos incluyeran sus propios hitos internos del grupo mostrando así la distribución de tareas acordada, su responsable y fecha de entrega.

## 5.2. Planificación

Para el desarrollo de la actividad se estableció un marco temporal que cubría todo el cuatrimestre:

- Semana 1: Formación libre de equipos y elección del tema. Crear cuentas en Google para utilizar Google Docs y definir el calendario global del grupo y reparto inicial de tareas.
- Semana 3: Relación de referencias bibliográficas encontradas con comentarios de cómo pueden ser utilizadas para el trabajo.
- Semana 4: Esquema inicial del tema (tabla de contenidos).

- Semana 7: Entrega de la primera versión del documento. Realización de comentarios a través de servicio de discusión de Google Docs.
- Semana 10: Fin de recepción de comentarios. Modificación de los documentos atendiendo a los comentarios recibidos.
- Semana 13: Publicación de la versión definitiva del documento, el podcast y del cuestionario en la wiki de la asignatura.
- Semana 14: Tiempo destinado para responder a los cuestionarios del resto de grupos.

Para evitar interpretaciones del concepto Semana, se consideró que el hito debía estar cumplido el viernes a las 14:00 h de la semana indicada.

## 5.3. Evaluación

El trabajo tenía un peso de 15 puntos sobre 100 en la evaluación de la asignatura, repartidos de la siguiente manera: 9 puntos por organización y calidad del contenido, 3 puntos por la discusión de temas y 3 puntos por la presentación de la memoria (pdf) y el podcast.

## 6. Discusión de la experiencia

Antes de entrar en detalles, se ha de mencionar que el cuarto curso de ingeniería informática tiene una fuerte carga de créditos troncales, por lo que es un año duro para los alumnos. Además estos alumnos estuvieron inmersos de forma paralela en otro proyecto de innovación [10], por lo que también se vieron más “cargados”, no solo por la actividad en sí, sino también por las encuestas y comentarios sobre la actividad que se les solicitó.

Esta experiencia que aquí se describe es el tercer intento que se propone con objeto de conseguir los objetivos de la misma. En el año 2009/10, se utilizó una plataforma Wiki para que los alumnos desarrollaran los contenidos de los temas y realizaran la discusión pero los resultados no fueron satisfactorios. Los temas fueron poco desarrollados, mayoritariamente copiados de Internet sin contrastar las fuentes, apenas se realizaron comentarios críticos, y el esfuerzo realizado fue bajo como se recoge en [16].

La segunda experiencia llevada a cabo durante el curso académico 2010/11, resultó mucho más satisfactoria, temas bien desarrollados, completos, bien referenciados y presentados aunque de nuevo con escasa discusión. En este caso los documentos se alojaron en DropBox y los alumnos realizaron comentarios en los ficheros pdf y/o en documentos aparte. Los alumnos, en este caso, no utilizaron herramientas colaborativas pese a que se informó de su existencia y posibilidades. Esto tuvo como punto negativo la imposibilidad de conocer el grado de aportación de cada alumno al trabajo y de participación en la fase de comentarios. A diferencia de la

primera experiencia se suprimió la corrección por pares, ya que se demostró que los alumnos cuando se trata de evaluar a sus compañeros no tienen carácter crítico, saben diferenciar lo que está bien, regular y mal [14] pero no lo dicen expresamente aunque se les evalúe por ello.

En esta tercera iniciativa se pretendió aunar lo bueno de ambas experiencias y establecer, junto con la planificación de la actividad, las herramientas colaborativas a utilizar para así valorar en qué medida las herramientas Web 2.0 ayudan a los alumnos a desarrollar las distintas competencias genéricas y específicas de la asignatura. En particular:

- La capacidad de organización del trabajo en equipo y reparto de tareas.
- La búsqueda bibliográfica en revistas, libros y bases de datos.
- El uso de herramientas colaborativas y disponibles en la Web.
- La capacidad de redacción y difusión de contenidos a través de la Web.
- La capacidad crítica.

Como resultado de la experiencia se puede decir que a pesar de que se insistió en la planificación y en que se realizara la mayor parte del trabajo durante el primer mes de clase, cuando se espera estén más descargados, la planificación no se cumplió. Todos los hitos, excepto los dos primeros se entregaron retrasados a pesar de que se les anunciaba en clase y se les notificaba por correo electrónico 48 horas antes de que se cumpliera el plazo. Ellos siempre lo justificaban con la carga de trabajo del curso.

En general, se puede decir que la experiencia resultó positiva para unos, y una carga para otros atendiendo a las respuestas de la encuesta que se realizó a final de curso (ver Cuadro 1). Notar que la dispersión en las preguntas numéricas es relativamente alta.

Los alumnos se organizaron y establecieron su calendario, por tanto, llegaron a acuerdos entre ellos para la organización de tareas, probablemente porque había un hito que lo exigía, pues hubo que recordarlo en varias ocasiones. Uno de los principales problemas del trabajo en grupo suele ser el reparto de tareas y la realización de las mismas y de esta manera se trataba de evitar, como así menciona la Prof. Moore [8].

Todos los alumnos participaron en la elaboración del material por dos razones principalmente: repartir la carga de trabajo (en cuarto curso los alumnos son conscientes del esfuerzo) y reflejar su actividad en la herramienta ya que GoogleDocs registra quién hace cada cambio (gestión de versiones) y cada comentario. Los alumnos veían que la profesora accedía puesto que dejaba comentarios orientados a mejorar el documento. Si no se hubiera obrado de este modo, los trabajos con seguridad se hubieran redactado en el

último momento y sin cumplir un mínimo de calidad, como pasó en experiencias previas.

El resultado fue que dos de los temas fueron correctamente desarrollados utilizando fuentes bibliográficas de calidad (preferentemente, en lengua inglesa) y los otros dos temas fueron pobremente escritos. Se ha de decir que sus autores también faltaron bastante a las clases e incluso uno abandonó. Por lo que si no hay interés o posibilidad de seguir la asignatura, el trabajo resulta de mero trámite al ser obligatorio.

La fase de comentarios, no sé si como consecuencia de que la inició la profesora o porque al ser compañeros no se les quiere criticar, tuvo una participación muy baja, solo un alumno lo hizo de forma activa, y dos de manera puntual, a pesar de que se tenía en cuenta en la evaluación. Eso sí, todos los comentarios fueron resueltos y notificados por correo electrónico gracias a las facilidades que ofrece GoogleDocs.

La presentación escrita y el podcast, en tres de los cuatro trabajos, fueron muy buenos, aunque los vídeos un poco más largos de lo indicado. Probablemente, como consecuencia de una elaboración rápida de los mismos, sin haber realizado el trabajo de síntesis requerido. Este aspecto debe ser cuidado para los siguientes cursos académicos.

Analizando los datos de la encuesta, ver Cuadro 1, se puede concluir que la experiencia les ha parecido en media “aceptable” pero que en realidad prefieren realizar los trabajos en grupo de forma autónoma (sin hitos) y elegir libremente las herramientas, las cuales no son un problema para ellos.

En su opinión, el calendario no parece que les haya servido para organizarse, aunque descubrieron un aspecto interesante que era poder vincular los eventos a su teléfono móvil. Por otra parte, la grabación del podcast y la generación de cuestionarios no parece que les ayude al aprendizaje de los contenidos, quizá porque se entregaron al final de curso y ya, para esta fecha, el estudio se ha realizado o como el peso del tema en la asignatura es un sexto no les importa sacar sobresaliente en la misma. En el próximo curso académico se analizará si este formato sí es adecuado para otros alumnos que cursen la asignatura.

Aunque no se les preguntó directamente por la tarea de supervisión, muchos la vieron más como una amenaza (más trabajo, más esfuerzo de corrección) que como un apoyo a la consecución correcta de los objetivos, quizá por ese exceso de trabajo que tanto mencionaron.

Ellos mismos manifestaron que tuvieron problemas para dar nombre a los documentos y para realizar una correcta política de versiones. Por lo que parece necesario darles indicaciones en este sentido.

El esfuerzo que realizaron los alumnos en promedio fue el previsto por la profesora aunque repartido

Pregunta	Promedio y desviación en respuestas numéricas (Pésimo/ No en nada (1) a Excelente/Si en mucho (5)) y Resumen de textos extraídos de la encuestas
Considera interesante la experiencia realizada.	3.11± 0,99
Considera que este tipo de herramientas ayuda a la realización del trabajo en grupo.	3.33± 1.41
Considera de utilidad el uso de GoogleDocs para el desarrollo de contenidos (edición, versionado, etc.)	2.33± 1.15
Considera que el hecho de que ciertos temas de la asignatura se confeccionen y publiquen como se ha hecho, ayuda a su estudio y a aumentar su interés en ellos.	2.89± 1.09
Considera que el uso de estas tecnologías ha repercutido positivamente en su aprendizaje	2.44± 0,68
El esfuerzo (horas de trabajo) dedicado a la actividad se ha visto incrementado por el uso de las herramientas.	2.44± 0,95
¿El calendario os ha servido para organizaros y distribuir esfuerzos?	2.88± 1,36
Consideraría positivo incorporar parte de los contenidos en este formato (contenidos+podcast+cuestionarios) en más asignaturas con objeto de hacerlas más atractivas	2.22± 1,13
Considera que las herramientas utilizadas son útiles en general. Para qué actividades:	En general no parece que haya gustado mucho GoogleDocs. Prefieren Dropbox o GoogleDrive donde tiene la compartición de ficheros y el versionado pero no se ven limitados por el editor a utilizar. Sólo a dos alumnos les ha parecido útil como entorno colaborativo. Algunos están contentos con GCalendar pues les permitió escribir "hitos y tareas" y vincularlo a su teléfono Android, en cambio otros no lo recomendarían.
Existen otras herramientas / servicios web que considere más interesantes para conseguir los mismos objetivos. En caso afirmativo, cuales:	Como alternativas la mayoría indican Dropbox. Dicen que funciona mejor que GoogleDrive. Si bien reconocen que GoogleDocs tiene un punto a favor que es la sincronización de las ediciones. Un alumno menciona Libre Office y otro utilizar productos de gestión de versiones orientados a software como Subversion.
Indique los aspectos negativos que haya encontrado (dificultad de la herramienta para comunicarse entre compañeros, mala gestión de versiones, pérdida de información, ...)	Admiten que no tienen buenos hábitos con la gestión de versiones y que esa falta de organización dificultaba el trabajo. También indican que el editor presenta limitaciones para realizar el formateo y que la generación de pdf no es muy fiel al original. Dos alumnos indican que el año es demasiado duro para un trabajo de este tipo.
¿Considera que la experiencia le será útil para su futuro? ¿en qué actividades?	Para la realización de trabajos en grupo en un entorno laboral y para trabajos de investigación.
Indique en qué competencias transversales cree que ha mejorado (nº alumnos y porcentaje)	- Capacidad de análisis y síntesis. 4 (44.44 %) - Capacidad de gestión de la información. 5 (55.55 %) - Comunicación oral y escrita. 1 (11.11 %) - Comprensión oral y escrita. 0 - Capacidad de trabajo en equipo: 6 (66.66 %) - Creatividad: 0 - Tener motivación por la calidad: 1 (11.11 %)
Indique el nº de horas que ha invertido en:	
- el estudio y síntesis de contenidos de su tema	14,66 horas
- el estudio y síntesis de contenidos de los otros temas	4,5 horas
- la confección de la presentación, cuestionario y podcast	5 horas
Por favor, indique cualquier aspecto que cambiaría de esta actividad o cualquier comentario que creas oportuno	No forzar el uso de una herramienta. Dejar que cada equipo se administre de forma autónoma y no supervisada. Aunque la realización de un podcast es una experiencia nueva e interesante, siempre viene bien, realizar exposiciones en público, de cara al PFC y al futuro, en el que tendremos que hablar en público.

Cuadro 1: Resultados de la encuesta contestada por 9 de los 13 alumnos.

de forma diferente, probablemente la grabación del podcast les llevó más tiempo del esperado.

Por último, y en relación a las competencias transversales, el trabajo en grupo y la gestión de información son las competencias que según ellos mejoraron, pero en mi opinión también mejoraron la comunicación escrita pues si hubo una mejora sustancial en los textos de la versión preliminar a la definitiva. En cuanto a la comunicación oral, se puede decir que los alumnos saben elegir al compañero que tienen mayor facilidad de palabra y buena entonación.

## 7. Resumen final y conclusiones

La propuesta de esta actividad surgió como consecuencia de la experiencia de la autora en la dirección de proyectos fin de carrera (PFC), más de 30 en los últimos 10 años en las titulaciones de Ingeniero de Telecomunicaciones e Ingeniero Informático, en la que los alumnos presentan, por lo general, deficiencias en la redacción y organización de contenidos, así como en la sintetización de su trabajo de cara a la defensa oral delante del tribunal.

Por otra parte, y en relación a los contenidos de la asignatura, la velocidad con la que se están introduciendo tecnologías de gestión de datos en el campo informático hace inviable tenerlas recogidas en un solo temario de una sola asignatura, por lo que esta estrategia de desarrollar temas mediante trabajos en grupo permite a los alumnos adentrarse en una de las tecnologías y, al mismo tiempo, disponer de un repositorio desde el cual adquirir los conocimientos iniciales de muchas otras, y paralelamente, trabajar las competencias transversales demandadas por el sector productivo.

Enseñar a organizar la información y a escribir una memoria no es una tarea que se pueda aprender por medio de una sola actividad docente, de hecho las bases ya las adquirieron en la educación secundaria, pero sí contribuyen a mejorar la capacidad comunicativa escrita en un contexto muy cercano al ámbito de su futuro trabajo profesional utilizando el lenguaje propio de la profesión. Se ha de indicar que esta tarea no se debe hacer de forma aislada, sino gradual. En el caso que nos ocupa, los alumnos en los dos cursos previos escribieron sendas memorias, también en grupo y con la misma profesora, en las que se recogían los requisitos y la especificación de diseño e implementación de aplicaciones de bases de datos, por tanto, terminaron escribiendo dos documentos más técnicos y otro de carácter más investigador.

Uno de los inconvenientes que presentan este tipo de actividades es que exigen mucho tiempo de organización y planificación así como de orientación y revisión durante el curso. Por eso, si no se dispone de herramientas como la propuesta en [3], solo son factibles realizarlas en asignaturas con un grupo

reducido de alumnos, o en los que participen varios profesores. Asimismo, tampoco es conveniente que los alumnos realicen al tiempo más de uno o dos trabajos de este tipo durante el curso, con objeto de no entorpecer otras actividades formativas. Por ello, se sugiere realizarlas en colaboración entre varias asignaturas del mismo cuatrimestre o del mismo curso académico.

Otro problema con el uso de las tecnologías de la Web2.0 utilizadas para el desarrollo de actividades colaborativas educativas es que no ofrecen información objetiva en relación a la actividad llevada a cabo por cada grupo y estudiante, del estilo a las que ofrecen las herramientas e-learning. Una herramienta como la propuesta en [9] sería un paso para cubrir esta deficiencia.

Respecto a qué tecnologías TIC utilizar, se hace difícil elegir pues de un año para otro, aquéllas que son apenas conocidas, al siguiente son las preferidas, al menos esto concluyo de mis tres experiencias. Probablemente sea consecuencia del perfil de los alumnos, son informáticos, por lo que atarles a una herramienta no parece adecuado. Quizá en otras disciplinas sí fuera preciso. El hecho de haberlo establecido en esta actividad fue con objeto de poder comprobar que todos los alumnos contribúan en el trabajo. De todos modos, un ejercicio en el que los alumnos trabajen con herramientas de la nube [1], sí parece conveniente en la actualidad, donde la colaboración y la ubicuidad son dos aspectos que caminan de la mano [11].

Una cuestión que el profesor se podría plantear en una actividad de este tipo es qué garantía ofrecen estas herramientas en relación a la persistencia de los trabajos. En realidad, la posibilidad de pérdida de un documento existe pero, en general, son de bastante garantía. De todos modos, no está de más que los alumnos realicen sus propias copias de seguridad.

Otro aspecto a tener en cuenta, en una actividad de redacción de un tema de investigación, es el posible plagio que tanto favorece la Web2.0. Esto me sucedió en la experiencia que realicé en la wiki [16] y de ahí que mi solución para evitarlo haya sido ofrecer como recurso la referencia [15] y realizar un seguimiento estricto por hitos. Primero se les hace buscar referencias bibliográficas, cuando éstas se revisan, se les sugiere otras referencias interesantes; a continuación, se les pide que esbocen la tabla de contenidos con una breve descripción de lo que incluirán, y finalmente, en la fase de comentarios y sugerencias de la primera versión del documento, se marcan frases o párrafos que no son suyas y que incluso no entienden.

He de mencionar que, aunque a los alumnos les haya pesado el trabajo durante el curso, en general creen que esta actividad les ayudará en la fase de redacción de su PFC, aunque alguno cree que las competencias trabajadas ya las tiene dominadas.

En relación a la configuración del grupo, ellos optaron por agruparse con libertad como contrapunto a la actividad que desarrollaron durante el curso y que está descrita en [10]. En su opinión, prefieren elegir ellos con quiénes trabajar, aunque saben que en su vida profesional se van a encontrar con situaciones incómodas, pues están convencidos que la calidad del trabajo es mucho mejor. Aun así hubo algún problema en uno de los grupos por la diferencia de intensidad en el compromiso de realización del trabajo, que en cierta medida se solventaron mediante correos con copia al profesor.

Este año se desarrollará una actividad similar pero en este caso se les permitirá elegir las herramientas a usar con la condición de que la profesora tenga acceso a los trabajos para realizar los comentarios. Para analizar el efecto de estas experiencias, se confeccionará una encuesta que permita a la autora confirmar o rechazar las siguientes hipótesis:

- Los trabajos de escritura colaborativa son un buen entrenamiento para enfrentarse a la redacción del proyecto fin de carrera.
- Los trabajos de escritura colaborativa son útiles y necesarios para el desempeño de la profesión.
- El uso de herramientas en la nube se está extendiendo para realizar este tipo de trabajos.

La encuesta se enviará a los alumnos egresados de nuestro título Ingeniero en Informática desde el curso 2009-2010, de los que una tercera parte cursaron la asignatura de Bases de Datos Avanzadas.

## 8. Agradecimientos

La experiencia descrita en este artículo ha sido posible gracias a la financiación recibida a través del Proyecto “Desarrollo y exposición de contenidos sobre tópicos de bases de datos avanzadas” desarrollado en el Marco de la Convocatoria de Innovación Docente 2011-2012 de la Universidad de Cantabria.

## Referencias

- [1] Mohssen M. Alabbadi. Cloud Computing for Education and Learning: Education and Learning as a Service (ELaaS). 14th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), 2011, pp. 589-594.
- [2] Anja Balanskat, Roge Blamire y Stella Kefala. The ICT Impact Report: A Review of Studies of ICT Impact on Schools in Europe. Insight Team, European Schoolnet (EUN), 2006.
- [3] Rafael A. Calvo, Stephen O'Rourke, Janet Jones, Kalina Yacef y Peter Reimann. Collaborative Writing Support Tools on the Cloud. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 4, no. 1, Enero-Marzo, 2011.
- [4] Chris Evans. The effectiveness of m-learning in the form of podcast revision lectures in higher education. *Computers & Education*, vol. 50 (2), 2008, pp. 491-498.
- [5] Melinda L. Kreh. A Survey of the Co-Op Writing Experiences of Recent Engineering Graduates. *IEEE Transactions Professional Communication*, vol. 43, no. 2, pp. 137-152, Junio 2000.
- [6] Tracy R. Mcgaugh. Pedagogic Techniques: Using Collaborative Writing Technology to Teach Contract Drafting. *Transactions: The Tennessee Journal of Business Law*, 2009.
- [7] Georgette M. Michko. Meta-analysis of effectiveness of technology use in undergraduate engineering education. *Frontiers in Education Conference*, 2008, pp. S1A-1 - S1A-6.
- [8] Rebecca Moore Howard. Collaborative Pedagogy. A Guide to Composition Pedagogies. Ed. Gary Tate, Amy Rupiper, and Kurt Schick. New York: Oxford UP, 2001, pp. 54-71.
- [9] Elvira Popescu y Dan Cioiu. Instructor Support for Monitoring and Visualizing Students' Activity in a Social Learning Environment. *International Conference on Advance Learning Technologies*, 4-6 de julio 2012.
- [10] Pablo Sánchez y Carlos Blanco. Implantación de una metodología de aprendizaje basada en proyectos para una asignatura de Ingeniería del Software. *Actas XVIII JENUI 2012*, Ciudad Real, 10-13 de julio 2012, pp. 41-48.
- [11] Sara Gallardo. ¿Por qué funciona la educación virtual?. *Revista Sistemas*, 117: 28-51, diciembre 2010.
- [12] Michael Trucano. Knowledge Maps: ICTs in Education. Washington, DC: infoDev / World Bank. 2005.
- [13] Jens Vermeersch. TACCLE: Recursos Didácticos para la Creación de Contenidos para Entornos de Aprendizaje. Manual de aula de e-learning para docentes, 2009.
- [14] Cecelia M Wigal. The use of peer evaluations to measure student performance and critical thinking ability. *Frontiers in Education Conference - Global Engineering: Knowledge without Borders*, Opportunities without Passports, 2007. FIE 2007.
- [15] Writing Tutorial Service, Indiana University. Plagiarism: What It is and How to Recognize and Avoid It. 1998.
- [16] Marta E. Zorrilla Pantaleón e Inés González Rodríguez. Dos casos prácticos del uso de la Wiki en Ingeniería Informática: consideraciones para su uso en el Grado de Informática. *Actas XVII JENUI 2011*, Sevilla, 5-8 de julio 2011, pp. 329-336.

# Una propuesta para las comunicaciones orales

Mere Macià Soler    Guillermo Manjabacas Tendero  
Escuela Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
02071 Albacete

Hermenegilda.Macia@uclm.es    Guillermo.Manjabacas@uclm.es

## Resumen

En el sistema educativo actual adaptado al nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior es necesario diseñar y evaluar tareas relativas tanto a competencias transversales como a específicas. En este contexto, nuestro centro dispone de un plan de coordinación para las competencias transversales, siendo la competencia denominada *correcta comunicación oral y escrita* una de las que tiene asignada nuestra asignatura, ubicada en el primer cuatrimestre del primer curso del grado de Ingeniería Informática.

Nuestra propuesta consiste en que las clases de prácticas sean impartidas por grupos de 3-4 estudiantes. Cada grupo debe presentar previamente en tutorías su desarrollo, y contar con el visto bueno del profesor en cuanto a calidad científica. Parte de la evaluación de la presentación oral será realizada por sus compañeros mediante una rúbrica. Para la evaluación del contenido científico de la práctica, el grupo encargado de la presentación deberá entregar un informe escrito sobre la misma, a la vez que todos los estudiantes deberán realizar de forma individual un cuestionario online en la siguiente sesión de prácticas. Con esta metodología también se fomenta el estudio continuado a lo largo del curso, el trabajo colaborativo, el aprendizaje activo, la coevaluación entre estudiantes, la interacción entre los estudiantes y el profesor y el feedback a tiempo, sin repercutir en el calendario programado de la asignatura. En el artículo se describen los procedimientos utilizados y algunos resultados de la experiencia.

## Abstract

With the adaptation of the education system to the European Higher Education Area it is necessary to design and assess different tasks related to the competence-based education. With this in mind, our college has formulated a strategy to coordinate the development of the key competences, so that *appropriate oral and written communication skills* has been assigned to the subject we give in the first semester of the first year in

the Computer Science studies.

Our proposal is the following: the laboratory classes will be given by groups of three or four students with the previous advise and under the supervision of the teacher. Part of the assessment of this oral presentation will be based on the marks of their mates using a rubric. The group in charge of the presentation will have to prepare a document containing all the contents explained to be considered in the assessment of the task. Also, all the students will have to answer a test about these contents in the following laboratory session. Using this methodology we promote the continuous study along the course, active and collaborative learning, peer assessment, interaction between students and faculty and immediate feedback without affecting the schedule programmed for the subject.

In this paper we detail our approach and comment the experience.

## Palabras clave

Competencias transversales, comunicación oral, evaluación, coevaluación.

## 1. Motivación

Los planes de estudio desarrollados dentro del EEES han sido diseñados bajo el paradigma del Aprendizaje Basado en Competencias, esto es, estableciendo como directriz principal en su elaboración la adquisición por parte del alumnado de una serie de competencias, tanto transversales como específicas. Es importante por ello, que cada centro vele por que sus estudiantes hayan alcanzado dichas competencias al finalizar sus estudios. Con este objetivo, es necesario que en las asignaturas se trabajen dichas competencias, realizando actividades que así lo garanticen.

En la Escuela Superior de Ingeniería Informática (ESII) de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), y dentro del plan de acogida para los estudiantes de nuevo ingreso [6], se ofrecen unos talleres

al inicio del curso sobre competencias transversales. Por ejemplo, en el curso 2012/2013, se impartió el *Taller de comunicación y presentaciones eficaces*, de 8 horas de duración. Además, la ESII dispone de un plan de coordinación (ver [2]) donde algunas de estas competencias se distribuyen por asignaturas en diferentes cursos. De esta forma, se garantiza que una competencia determinada se trabaja y evalúa a diferentes niveles, para así poder tener más seguridad de que el estudiante haya adquirido dicha competencia con el nivel requerido al final de sus estudios.

En este marco, a nuestra asignatura le correspondió la competencia transversal *correcta comunicación oral y escrita*, y el reto que teníamos era cómo realizar una actividad para trabajar dicha competencia a un coste razonable, como la propuesta en [8], pero en forma presencial, esto es, dentro del horario de clase del estudiante. Además dicha actividad no debía suponer quitar horas presenciales de las dedicadas a cubrir los puntos del temario, para así completar todo el programa y poder alcanzar de esta forma las competencias específicas. Tampoco tenía que conllevar un trabajo excesivo para el profesor, y siguiendo las recomendaciones de [11], propusimos una alternativa más, en particular referida a las clases prácticas, donde se cuenta con grupos más reducidos de alumnos. Y lo que se nos ocurrió fue quedarnos callados, al igual que se plantea en [7], pero teniendo en cuenta el perfil de nuestro alumno y asignatura. En concreto, la idea fue que parte de las clases las dieran nuestros alumnos. Elegimos las clases de prácticas por ser las más atractivas para los estudiantes. Además cuadraban perfectamente en el tiempo disponible de las siete sesiones en grupos de 3-4 estudiantes. Por último, también se garantizaba la autoría de los trabajos, evitando el habitual plagio de los informes de prácticas.

## 2. Organización de la asignatura

La asignatura de *Cálculo y Métodos Numéricos* es una asignatura de formación básica que se imparte en el primer cuatrimestre del primer curso del grado de Ingeniería Informática en la ESII. Esta asignatura forma parte de la materia de *Fundamentos Matemáticos de la Informática*. Es la única asignatura de este cuatrimestre de esta materia y está adscrita al departamento de Matemáticas. Su contenido es un curso básico de Cálculo diferencial e integral de una variable, con una introducción al Análisis numérico. Las otras cuatro asignaturas del primer cuatrimestre del primer curso son: Fundamentos Físicos de la Informática, Fundamentos de Programación I, Tecnología de Computadores y Fundamentos de Gestión Empresarial.

La asignatura tiene asignados 6 ECTS, lo que supone para el alumno unas 150 horas de dedicación, sien-

do presenciales alrededor de 60 horas durante las 15 semanas que dura el curso.

### 2.1. Contexto

En este curso 2012/2013 en la ESII se han impartido tres grupos en primer curso del grado de Ingeniería Informática y, en esta asignatura, cada grupo cuenta con 45-50 estudiantes. Todas las asignaturas del primer curso han estado organizadas de modo que, de las horas semanales presenciales del estudiante en cada asignatura, 2h sean impartidas a la totalidad de alumnos en el aula de clase (clases de teoría) y el resto, 1h y 45m, sean en el laboratorio (clases de prácticas). En nuestro caso cada grupo de teoría se divide en 2 grupos de prácticas (grupos reducidos de 22-25 estudiantes). Estas clases se imparten en la jornada siguiente a la clase de teoría, siempre en horario de mañana. Las clases en los grupos reducidos incluyen también clases de resolución de problemas donde se puede utilizar el ordenador. En particular, en nuestra asignatura hay reservadas 7 sesiones de las clases en grupos reducidos para la realización de prácticas utilizando el software Matlab, donde se contempla desde una introducción al entorno, hasta la implementación de métodos numéricos básicos de resolución aproximada de ecuaciones, interpolación polinómica o integración numérica.

Es importante resaltar que en nuestro centro se imparte un *seminario de refuerzo de Cálculo* coordinada y conjuntamente con la asignatura. El objetivo del seminario es recordar y revisar los conceptos de Cálculo de segundo de bachillerato. Este seminario consta de 10 sesiones de 2h. La valoración del seminario de refuerzo, tanto para los estudiantes como para los profesores de la asignatura, es altamente satisfactorio. Por un lado, a los estudiantes les permite revisar con más detalle los conceptos que se suponen conocidos, y por otro lado, al profesor le permite trabajar con un grupo de alumnos de nivel más homogéneo, para así poder centrar la docencia en los contenidos más específicos de un primer curso de Universidad.

Desde el primer día de clase, los alumnos disponen de un cronograma donde viene reflejada la estimación de la carga de trabajo de cada asignatura a lo largo del curso. Además, nuestro centro (ver [3]) ha habilitado encuestas de dedicación del estudiante para velar por el cumplimiento de la carga, evitar los solapamientos y facilitar el reparto temporal de actividades.

En particular, en nuestra asignatura, además de contar con la especificación correspondiente en la guía electrónica, disponen en Campus virtual (Moodle) de un plan de trabajo muy detallado de las actividades que deben realizar, con un plan de entregas, exposiciones y controles a lo largo del curso.

Las competencias específicas establecidas para nuestra asignatura son las que tradicionalmente se con-

sideraban en las asignaturas de nuestro departamento, por lo que no ha habido una especial dificultad en adaptarlas al grado. Sin embargo, son las competencias transversales las que plantean un mayor esfuerzo de organización y diseño. En este trabajo nos centramos en la primera parte de la competencia de *Correcta comunicación oral y escrita* del plan de coordinación de nuestro centro (ver [2]), donde se describen y desarrollan las competencias transversales que trabajará cada asignatura y, lo que también es importante, el nivel de exigencia que aplicará. Como norma general de este plan de coordinación, cada asignatura desarrolla a lo sumo dos competencias transversales, en el sentido de evaluarlas al nivel requerido. Por supuesto, cada asignatura, según su característica y la metodología docente empleada, trabaja con más competencias transversales (aunque el profesor no está obligado a diseñar actividades específicas y evaluarlas con el nivel de exigencia del plan de coordinación). En nuestro caso son: capacidad para utilizar las Tecnologías de la Información, capacidad de análisis, síntesis y evaluación, capacidad de organización y planificación, capacidad de gestión de la información, capacidad de resolución de problemas aplicando técnicas de ingeniería, capacidad para argumentar y justificar lógicamente las decisiones tomadas y las opiniones, capacidad de trabajo en equipo, razonamiento crítico, aprendizaje autónomo y tener motivación por la calidad.

### 3. Descripción de la actividad

El tipo de actividad que describimos se realiza en las sesiones de prácticas. Éstas se desarrollan, como hemos señalado, durante 1 hora y 45 minutos y tienen lugar en laboratorios que disponen de una pizarra digital, otra pizarra blanca y entre 20 y 24 ordenadores fijos, así como espacio para el uso de ordenadores portátiles.

El objetivo principal de las sesiones de prácticas es trabajar la parte de Cálculo Numérico de la asignatura que, básicamente, consiste en el estudio de métodos para encontrar las soluciones aproximadas de ecuaciones no lineales en una variable, cálculo de polinomios de Taylor y de polinomios de interpolación y métodos de integración numérica. No se trata sólo de entender cómo funcionan los métodos estudiados sino incluso que el alumno trabaje sobre la implementación de los algoritmos. Esto nos parece un complemento interesante para la formación del alumno en su primer año de estudio ya que nuestra asignatura coincide temporalmente con otra de programación donde se trabaja con el lenguaje C.

El software elegido para las prácticas, Matlab, con estructuras muy similares a C, permite que el alumno pueda practicar con la solución de problemas concre-

tos de Cálculo con una herramienta muy parecida a la que trabaja en la otra asignatura. Es cierto que el programa elegido no solo sirve para implementar los algoritmos, sino que también ofrece posibilidades gráficas y de cálculo simbólico que pueden ayudar en el estudio de la asignatura.

**Creación de grupos de alumnos.** Como punto inicial en la organización de las prácticas, desde el comienzo de las clases los alumnos se dividen en grupos de 3-4 alumnos que se mantendrán durante el desarrollo de la asignatura. Los grupos se crean dando la posibilidad de que sean ellos mismos los que decidan los componentes del grupo. El profesor asigna finalmente la distribución de los alumnos que no se han integrado en ningún grupo.

**Organización temporal y objetivos de las sesiones de prácticas.** Las prácticas se realizan entre las semanas 3 y 15 (de un total de 15 semanas de clase). Las dos primeras se plantean como una introducción a Matlab, mientras que en el resto se trabaja con los aspectos concretos relativos a la asignatura. El programa es el siguiente:

- Introducción a Matlab.
- Matlab como un lenguaje de programación.
- Cálculo diferencial. Polinomios de Taylor.
- Resolución aproximada de ecuaciones (dos sesiones).
- Interpolación polinómica.
- Integración numérica.

Previamente a la exposición de los contenidos de prácticas, en clase se han explicado los conceptos, con la inclusión de algún ejemplo práctico, correspondientes a esa práctica. La práctica está enfocada, por una parte, a afianzar esos contenidos con la realización de ejercicios que utilizan la potencia gráfica y de cálculo del programa. Por otra parte, y no menos importante, la mayoría de las prácticas incluyen algún apartado en el que se implementa algún algoritmo sobre los métodos estudiados.

**Material previo a la realización de las prácticas.** El grupo encargado de presentar y defender la práctica dispone como material previo de un documento que sirve como guión para el desarrollo de la misma. De hecho, creemos conveniente que, al tratarse de alumnos de un primer curso, estén claros tanto los contenidos, como el orden de exposición de los mismos. Su tarea es, básicamente, desarrollar la práctica como si fueran el profesor de la asignatura, explicando y resolviendo las dudas que se puedan plantear y proponiendo y resolviendo los ejercicios correspondientes. Los alumnos pueden utilizar directamente este material o ampliarlo y mejorarlo con otros ejemplos y con la resolución de ejercicios.

Los alumnos también disponen con antelación de

una rúbrica (ver Cuadro 1), inspirada en [8], que se utilizará en la evaluación de la exposición oral. Cada uno de los criterios: estructura, lenguaje verbal, temporización, conocimiento del tema, actitud y contenidos, originalidad y creatividad se valora de 0 a 5 puntos a partir de la media de los diferentes subapartados, y se obtiene la nota final como la media de la puntuación de todos los criterios.

**Revisión previa en tutorías de la práctica a exponer.** A nuestro juicio este es uno de los puntos claves para que esta actividad tenga éxito. Hemos de señalar que no solo se trata de evaluar la exposición oral de los alumnos, sino que también debe servir para que el resto de estudiantes aprenda los contenidos de la práctica y sea capaz de afrontar positivamente una prueba sobre la misma que servirá para evaluar a todos los alumnos en esa práctica concreta. Es de suponer que los alumnos encargados de la práctica obtendrán un buen resultado en la prueba correspondiente, pero el objetivo es que todos los alumnos puedan aspirar a la máxima calificación.

En esta revisión previa el profesor debe asegurarse de ciertos aspectos: que el reparto en la exposición sea equitativo, que los componentes del grupo dominen los contenidos de forma que puedan explicarlos a sus compañeros y que el material extra que han creado no contenga deficiencias que puedan confundir en la exposición. En definitiva, se trata de corregir los errores importantes para rectificarlos antes de tiempo. Esta etapa es imprescindible para conseguir feedback a tiempo, y creemos aconsejable tener, al menos, una o dos reuniones con los alumnos.

**Exposición de la práctica.** En la sesión correspondiente los alumnos se encargan de presentar la práctica a sus compañeros, explicando todos los aspectos de la misma y respondiendo a las dudas y preguntas que les puedan formular. El profesor interviene solo si lo considera necesario para puntualizar algún aspecto y para corregir errores importantes. Estos no son frecuentes si en la etapa anterior de revisión se han aclarado las dudas que pudiera haber. Durante la práctica se proponen ejercicios para que el resto de estudiantes los resuelva en ese momento. Principalmente es aquí donde todos los integrantes del grupo se encargan de resolver las dudas que pueden tener sus compañeros. La mayor afinidad entre ellos facilita la consulta a un compañero antes que al profesor. El profesor puede intervenir resolviendo también dudas o haciéndose cargo de las que no han podido resolver los integrantes del grupo encargado de la exposición.

**Evaluación por parte de los compañeros.** Al término de la sesión de prácticas, los alumnos que han asistido a la exposición valoran al grupo encargado de la práctica según la rúbrica del Cuadro 1. Además, se les pide una breve valoración final en la que señalen, a su juicio, los

puntos fuertes y débiles de la presentación.

**Entrega del informe de prácticas y evaluación final.** Tras la exposición en el laboratorio, el grupo encargado redacta una versión definitiva de la práctica. En ella se incluyen todos los contenidos que se vieron en la sesión así como los ejercicios que no dio tiempo a ver con detalle en su momento. Aunque se basa en el trabajo previo a la exposición, aquí se pueden subsanar algunos errores o simplemente completar apartados que no estuvieran terminados con anterioridad. Este informe, junto con la misma exposición y la evaluación por parte de los compañeros sirve para asignar la nota global de esta actividad. Conviene señalar que el informe escrito es también un medio para evaluar la competencia *correcta comunicación oral y escrita*. Es interesante que este informe escrito esté también a disposición del resto de alumnos para que les sirva en el estudio.

**Cuestionario online de los contenidos de la práctica.** Aunque no forma parte estrictamente de la exposición comentada, la incluimos porque tiene relación con ella. En la siguiente sesión de prácticas se les plantea a todos los alumnos un cuestionario online sobre los contenidos de la práctica anterior. Se trata de preguntas breves en las que pueden utilizar tanto el programa como las notas y apuntes disponibles en la plataforma de docencia. El tiempo de la clase asignado a responder el cuestionario es de 10 minutos, aunque está disponible otros 10 minutos antes o después de la clase (según sesiones) para aquellos estudiantes que deseen tener más tiempo para contestarlo. Esta actividad también servirá para valorar la parte de prácticas de la asignatura.

## 4. Metodología

Esta actividad se basa en una metodología activa de aprendizaje centrada obviamente en el estudiante. Sigue algunas ideas de [7] ya que, durante esta actividad, el profesor está callado en el aula, o todo lo callado que puede (aunque previamente sí haya abierto la boca). Incorpora principalmente dos herramientas: el aprendizaje colaborativo ([9]) y la evaluación entre compañeros ([4]).

- Aprendizaje colaborativo. Esta técnica se da en dos etapas: por un lado, el trabajo en equipo del grupo que expone y, por otro, en el momento en que toman el rol de *expertos* para el resto de la clase, ya que ellos se encargan de resolverles todas (o casi todas) las dudas.
- Evaluación entre compañeros. Los alumnos hacen una valoración del trabajo realizado por sus compañeros de acuerdo con unos criterios de calidad establecidos por el profesor y fijados en una rúbrica (ver [10]). Además, como ya hemos señalado, al finalizar la clase un representante de

CRITERIO	ITEMS A CONSIDERAR
<b>Estructura</b>	Cada componente del grupo saluda y se presenta.
	Se comienza con una breve introducción.
	La información se presenta de forma ordenada y lógica. Se destacan las ideas principales.
<b>Lenguaje verbal</b>	El lenguaje empleado es correcto. Utiliza los términos matemáticos adecuados.
	La pronunciación es clara.
	El volumen de voz es suficiente para que la audiencia lo escuche adecuadamente.
	El alumno modifica el tono de voz para enfatizar aspectos importantes y para generar interés en la audiencia (se evita la monotonía en la presentación).
	El alumno establece contacto visual con la audiencia.
<b>Temporización</b>	La postura es correcta.
	El tiempo total empleado se ajusta al tiempo previsto.
<b>Conocimiento del tema</b>	El tiempo se distribuye adecuadamente entre todos los miembros del grupo y entre los diferentes aspectos del trabajo.
	El alumno demuestra un sólido conocimiento del tema.
	El alumno es capaz de responder con soltura a las preguntas que se le plantean: - Las respuestas se ajustan a las preguntas y son acertadas. - No se intenta divagar, disimular, disculpar fallos o carencias evidentes.
<b>Actitud</b>	Se muestra interés.
	Se interesa en que se entiendan los conceptos y se siga la exposición.
	Se aceptan las correcciones, críticas y consejos.
<b>Contenidos, originalidad y creatividad</b>	Se han explicado los puntos fundamentales del tema.
	Se han mostrado ejercicios de aplicación con Matlab, detallando correctamente su resolución.
	Se muestran ideas originales y creativas en la exposición.
	La exposición es amena.

Cuadro 1: Rúbrica para la evaluación de presentaciones orales.

cada uno de los grupos que ha recibido la clase, comenta brevemente lo que le ha parecido lo mejor y lo peor de la exposición. De esta forma el alumno evaluador desarrolla su capacidad de emitir juicios argumentando su discurso, y también aprende de los errores y de los éxitos de sus compañeros. Por su parte el alumno evaluado recibe un feedback inmediato que le puede servir para mejorar futuras presentaciones orales. Esta evaluación realizada entre compañeros sirve como orientación al profesor para realizar su calificación, pero no es vinculante.

## 5. Resultados

A continuación exponemos cómo, en nuestra opinión, esta actividad ayuda a conseguir una docencia de calidad, si atendemos a los siete principios de la docencia de calidad señalados en [5]:

- **P1** Estimular el contacto profesores-alumnos.
- **P2** Estimular la cooperación entre alumnos.
- **P3** Estimular el aprendizaje activo.
- **P4** Proporcionar *feedback* a tiempo.
- **P5** Dedicar tiempo a las tareas más relevantes.

- **P6** Proyectar ante los alumnos expectativas elevadas.
- **P7** Respetar los diferentes talentos y formas de aprendizaje.

Dado que las tutorías con el grupo encargado de la exposición son de obligado cumplimiento, se garantiza una interacción profesor-alumno (**P1**), además se proporciona un *feedback* inmediato (**P4**) y se anima a los estudiantes en la consecución de objetivos (**P6**). Esto da lugar a una relación personalizada entre el profesor y el alumno que favorece la consulta en tutorías en otras ocasiones, por lo que los principios **P1**, **P4** y **P6** se extienden en el tiempo.

Por otro lado, al ser una actividad de trabajo en grupo, y aunque cada uno de los estudiantes exponga una parte, todos los miembros del grupo deben resolver las dudas sobre cualquier parte de la práctica al resto de la clase, garantizando así la cooperación entre alumnos (**P2**). Aunque la actividad sigue un guión, está abierta a cualquier aportación, favoreciendo así un aprendizaje activo (**P3**) y respetando los diferentes talentos y formas de aprendizaje (**P7**).

También la evaluación entre compañeros contribuye a proporcionarles cooperación entre ellos (**P2**) y *feedback* (**P4**).

Por último, pero no por ello menos importante, otra ventaja de esta actividad es que permite que en la clase haya más *profesores*, esto es, los miembros del grupo que exponen la práctica pasan a tener este rol, por lo que se pueden resolver dudas del resto de los estudiantes más rápidamente, permitiendo así optimizar el tiempo (P5).

Con respecto a la opinión de los estudiantes, se les ha realizado una encuesta con preguntas a las que tenían que contestar señalando un margen de satisfacción de 1 a 5 (desde Totalmente en desacuerdo a Totalmente de acuerdo), a la cual han respondido 32 estudiantes. Las preguntas de dicha encuesta relacionadas con la actividad propuesta son:

- **Pregunta 1:** *La elaboración y evaluación de las prácticas del curso es un buen entrenamiento para hacer mejores presentaciones orales en el futuro.*

Resultado: más del 90 % está de acuerdo o totalmente de acuerdo (ver Figura 1).

- **Pregunta 2:** *La elaboración y explicación de las prácticas del curso te han ayudado a ser más eficaz en tu aprendizaje (has aprendido más).*

Resultado: cerca del 70 % está de acuerdo o totalmente de acuerdo (ver Figura 1).

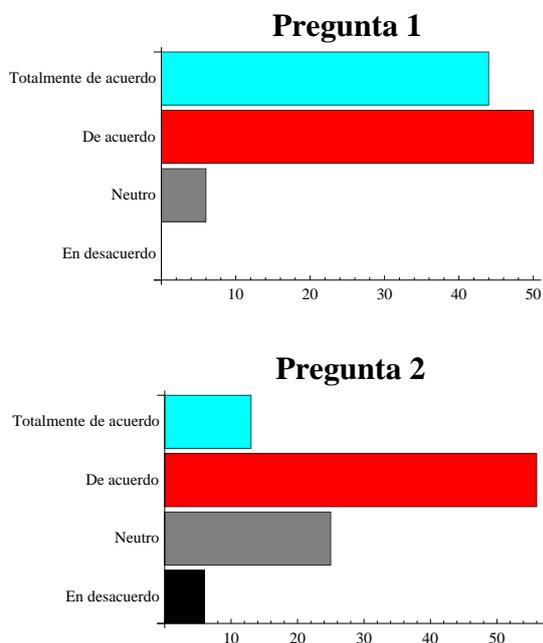


Figura 1: Respuestas de los estudiantes a las preguntas 1 y 2.

Aunque creemos que el resultado respecto a la segunda pregunta es más que aceptable, quizá la explicación de por qué el porcentaje de alumnos que se muestran de acuerdo o totalmente de acuerdo no es mayor esté en que no todas las presentaciones (con la corres-

pondiente resolución de dudas) pueden calificarse de excelentes, y esto repercute en el resultado final.

Por otro lado, en los comentarios de los estudiantes recogidos en las preguntas abiertas de la encuesta, muchos de ellos reconocen que lo que más les ha gustado del curso son las prácticas y las exposiciones orales, aunque también es significativo el porcentaje de los que afirman que lo que menos les ha gustado son la dificultad de las prácticas y los tests online de evaluación de las mismas.

A nivel subjetivo, estamos convencidos de que se obtiene un aumento significativo en los niveles de atención de los alumnos, siendo las clases mucho más dinámicas y amenas. El hecho de que los alumnos sean también evaluadores de sus compañeros ayuda a que estén más pendientes de todas las exposiciones y no solo de las que ellos son los encargados. Esto a su vez puede ayudar a mejorar la propia exposición, aunque es cierto que los grupos que la realizan en primer lugar tienen una pequeña desventaja al respecto (esto se suple por el hecho de que procuramos que en los primeros grupos que exponen haya alumnos repetidores que pueden aportar su experiencia).

También creemos que el estudiante puede aprender más al tener, por un lado, más opciones para resolver sus dudas y, por otro, la obligación de prepararse una práctica para exponerla a los compañeros. Es evidente que cuando un alumno realiza un examen escrito puede dejar sin responder alguna pregunta sin mayor problema, pero en general esa misma situación se trata de evitar en una exposición oral.

Otro punto destacable es que esta actividad sirve de ayuda al profesor para conocer mejor las posibles dificultades de los alumnos en la asignatura. También estimamos que permite considerar datos en la evaluación global de cada alumno que son difíciles de obtener de otra forma, como puede ser su interés y su capacidad de trabajo en la asignatura.

En cuanto a los resultados académicos, las prácticas suponen un 20 % (un 10 % la exposición, un 5 % el informe y otro 5 % los cuestionarios) de la nota final de la asignatura, siendo la calificación media de esta actividad bastante aceptable. Por lo general, obtienen buenas calificaciones en la parte de la exposición oral. De hecho, la nota media en la exposición oral suele ser la más alta del estudiante, seguida del informe de prácticas, los trabajos guiados, los cuestionarios online de las prácticas y, por último, los controles escritos. Además, el grado de participación en la exposición oral es alto, en torno al 90 %, lo que en muchos casos, les anima a no abandonar la asignatura.

## 6. Conclusiones

Nuestro objetivo con esta propuesta es plantear una actividad que permita cubrir la competencia de comunicación oral a un nivel básico, sabiendo las restricciones que puede tener el hacerlo en una asignatura del primer curso y el primer cuatrimestre del grado. Es por ello que consideramos importante fijar en gran parte los contenidos de la exposición, dejar muy clara la rúbrica para que un alumno esté lo más orientado posible, así como el hecho de organizar el trabajo en grupo, lo cual permite tener también la retroalimentación de los compañeros. A lo largo de sus estudios, los alumnos tendrán que realizar otras exposiciones orales y es ahí donde progresivamente pueden tener más libertad en la elección de contenidos y también en la posibilidad de trabajar de forma individual, culminando con la defensa del trabajo fin de grado, que supondrá la finalización de sus estudios.

Aunque en este artículo se presenta la experiencia de este curso 2012/2013, ya se inició esta actividad en el curso 2010/2011 en uno de los tres grupos, y en el curso 2011/2012 ya de forma general. Las modificaciones en estos tres años han sido principalmente, la obligatoriedad de asistir a tutorías previamente a la exposición de la práctica (que antes era voluntaria), la petición del informe solo de la práctica expuesta (antes se pedía de todas) y la realización del cuestionario online de las mismas (que sustituye al informe de las demás prácticas).

Nuestra impresión general es positiva. Creemos que la propuesta fomenta una docencia de calidad, al darle un valor añadido a la asignatura, a la vez que no interfiere en el calendario previsto, esto es, no se dedica más tiempo en clase que si se impartiese con una metodología tradicional de exposición por parte del profesor. Por otro lado, es claro que supone un esfuerzo adicional al profesor al tener éste que revisar la preparación de las prácticas previamente a la exposición, pero esto siempre se ha podido llevar a cabo en horario de tutorías, por lo que no ha supuesto mayor problema.

Al contrario de lo que sucedía antes, con esta actividad el profesor no tiene que corregir informes de prácticas donde, o bien en la mayoría de los casos no se cubrían las expectativas, o bien cuando parecían estar bien, se tenía la sospecha del plagio. Al igual que en [1] nos planteamos alternativas a la evaluación tradicional del informe de prácticas. Ahora, la corrección del trabajo escrito de prácticas se centra principalmente en los aspectos de redacción y claridad, ya que los resultados científico-técnicos han estado previamente revisados por el profesor y expuestos en clase, y además se reduce a una sola corrección por cada grupo de exposición.

No podemos comparar los resultados de las prácticas de alumnos de este curso que las han seguido me-

dante las explicaciones de un profesor frente a los que las han seguido mediante las explicaciones de los compañeros, lo cual sería un dato interesante. Nuestra impresión (y nuestra experiencia en otros cursos) es que quizá el profesor puede afinar un poco mejor en las explicaciones que los alumnos, pero también es cierto que la ayuda que supone que sean varios compañeros que han estudiado el tema los que se encargan de resolver dudas en el momento, hace que la clase de prácticas sea más provechosa, especialmente cuando el grupo encargado de la exposición se interesa en que todo se entienda bien.

Un aspecto que habría que mejorar en próximos cursos es conseguir que los alumnos logren mejores resultados en los cuestionarios online de las prácticas (y en los controles escritos). Una posibilidad es inducirles a preparárselos mejor dando más peso en la evaluación final a esta parte y/o fijando una nota mínima que se ha de superar en todos (o casi todos) los cuestionarios. En definitiva, que le dediquen más tiempo a las prácticas que no exponen, y no se limiten a la realización de las mismas en clase. Actualmente, estamos en plena fase de mejorar la rúbrica, en consenso con el resto de asignaturas donde se trabaja esta competencia dentro del plan de coordinación de nuestro centro. Por último, también tenemos pendiente automatizar la evaluación entre compañeros para que se realice a través del campus virtual, y así poder disponer el profesor de dicha calificación para estudiar las diferencias entre su calificación y la de la evaluación entre compañeros.

## Referencias

- [1] Vicente Arnau Llombart, Miguel Arevalillo-Herráez and José M. Claver. La evaluación personalizada como estrategia de motivación. In *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2011*, páginas 249–255, Sevilla, Julio 2011.
- [2] Aurelio Bermúdez, Ismael García-Varea, María T. López, Francisco Montero, Luis de la Ossa, José M. Puerta, Tomás Rojo and José L. Sánchez. Una definición precisa del concepto “Nivel de Dominio de una Competencia” en el marco del Aprendizaje Basado en Competencias. In *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2011*, páginas 169–176, Sevilla, Julio 2011.
- [3] Aurelio Bermúdez, Ismael García-Varea, María T. López, Francisco Montero, Luis de la Ossa, José M. Puerta, Tomás Rojo and José L. Sánchez. Experiencias en el desarrollo del Plan de Coordinación Docente del Grado en Ingeniería Informática In *Actas de las XVIII Jornadas de Ense-*

- ñanza Universitaria de Informática, Jenui 2012, páginas 75–82, Ciudad Real, Julio 2012.
- [4] Arthur W. Bangert. Peer Assessment: A Win-Win Instructional Strategy for Both Students and Teachers. *J. of Cooperation & Collaboration in College Teaching*, Vol. 10, No. 2, p. 77–84, 2001.
- [5] Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson. Seven principles for good practice in undergraduate education. *The Wingspread Journal*, 9(2): 1–15. 1987.
- [6] Diego Cazorla, Pedro Cuenca, Mere Macià, José P. Molina and José M. Puerta. Plan de acogida para los alumnos de nuevo ingreso en el grado de Ingeniería Informática en la ESII (UCLM). In *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2011*, páginas 451–454, Sevilla, Julio 2011.
- [7] Don Finkle. *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universidad de Valencia, (edición en castellano), 2008.
- [8] Isabel Gallego, José M. López, Eva Rodríguez, Esther Salamí, Eduard Santamaría and Miguel Valero. Presentaciones orales a un coste razonable. In *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2010*, páginas 25–32, Santiago de Compostela, Julio 2010.
- [9] David W. Johnson, Roger T. Johnson and Karl A. Smith. *Active learning: Cooperative Learning in the college classroom*. Edina MN: Interaction Book Company, 1991.
- [10] Manuel Poblete and Aurelio Villa. *Aprendizaje Basado en Competencias. Una propuesta para la evaluación de competencias genérica*. Mensajero, Bilbao, 2007.
- [11] Fermín Sánchez Carracedo, Juan José Escribano Otero, María José García García, Julia González Rodríguez and Eva Millán. Ideas para reducir el trabajo del prof-EEES-or. In *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2010*, páginas 301–308, Santiago de Compostela, Julio 2010.

# Transformando mi asignatura en una empresa

Antonio Polo Márquez  
Departamento de Ingeniería de Sistemas  
Informáticos y Telemáticos  
Universidad de Extremadura  
Cáceres  
polo@unex.es

## Resumen

En este trabajo se presenta la experiencia de adaptar una asignatura a la simulación del trabajo en una empresa. El programa de la asignatura ha sido sustituido por las fases que un trabajador debe pasar en una empresa a lo largo de su vida laboral, y el aprendizaje se ha basado en las actividades prácticas que se desarrollan dentro de la empresa. Presentamos la forma en que se ha realizado la adaptación, las actividades que se han propuesto y los resultados de la experiencia en una asignatura anual obligatoria de 5º de Ingeniería Informática y en otra de primer semestre en un Máster común de Informática, Telecomunicación y Dirección TIC.

## Abstract

This paper presents the experience of adapting a subject to simulate a corporate job. The course syllabus has been substituted by the phases that a worker in a company must pass over their working live, and learning is based on practical activities developed within the company. We introduce the way it has made the adaptation, the activities proposed and the results of the experience in an annual course mandatory 5th subject of Computer Science and another one of first semester in a Master subject common for Computing, Telecommunications and Management ICT.

## Palabras clave

Simulación de empresas, informática y empresas, aula de empresas informáticas

## 1. ¿Por qué transformar el aula en una empresa?

Una de las técnicas de aprendizaje consiste en simular el entorno en el que el estudiante va a desarrollar su trabajo el día de mañana. El entorno de trabajo universitario es conocido por el alumno y, en muchos

aspectos, apenas se diferencia del que ha vivido desde la educación primaria. En cambio, el entorno laboral en una empresa se presenta distante y oscuro, a pesar de ser el destino natural de los egresados universitarios.

La mayoría de los currículos docentes [1] dan por supuesto que la metodología de aprendizaje de competencias se desarrollará en un aula. El profesorado que lo imparte ha sido formado para dicho entorno y desconoce, en su mayoría, el entorno en que van a desarrollar su trabajo los ingenieros que está formando y que en este trabajo denominamos empresa de forma genérica.

Sin embargo, la empresa posee sus propios mecanismos y fases de formación, que el titulado debe asimilar de forma apresurada una vez que es contratado. Por ello, en este trabajo planteamos un entorno de aprendizaje basado en dichos mecanismos y fases de formación.

Partiendo del análisis de diferentes tipos de simulación hemos propuesto una simulación lo más completa e integral posible. El desarrollo del curso se ha asimilado a los diferentes niveles de formación dentro del ámbito empresarial, tomando como base la noción de *proyecto desarrollado en equipo dentro de la empresa*. En la fase final, el alumno debe ser consciente de la necesidad de definir, justificar y comprometerse con la política de su empresa para desarrollar las soluciones (servicios o productos) de acuerdo con las necesidades que plantea el mercado en el mundo real.

Para desarrollar nuestra experiencia hemos considerado esencial fijar un modelo de empresa y metodologías de trabajo que puedan servir tanto al alumno como al profesor para integrar el conjunto de competencias, no sólo de esta asignatura, sino del conjunto de asignaturas de cualquier Ingeniería. Para ello se parte de un modelo de resolución de problemas basado en la metodología, técnicas y herramientas que proporciona cada Ingeniería.

Los resultados obtenidos en nuestra experiencia han puesto de manifiesto la motivación y alto grado de participación del alumnado. Por contra, han exigido

do un elevado esfuerzo del profesorado, tanto para realizar el cambio de mentalidad de aula en empresa como para adaptar o introducir actividades adecuadas a las nuevas fases de aprendizaje.

Iniciamos el trabajo analizando diferentes aproximaciones para realizar la simulación y optamos por una simulación completa y lo más genérica posible para poder aplicarla a cualquier asignatura. A continuación destacamos los aspectos que, a partir de nuestra experiencia, creemos que pueden resultar esenciales para llevar a cabo este tipo de adaptaciones: la forma de introducir la empresa al alumno, el modelo de empresa y las metodologías de trabajo utilizadas en la empresa.

El grueso del trabajo describe las fases en que se ha descompuesto la vida laboral del empleado (estudiante) en la empresa, sus objetivos y las actividades que se han desarrollado para conseguirlo.

Finalmente se exponen algunas actividades adicionales de interés, así como el coste y resultados de la experiencia y las conclusiones finales.

## 2. Diferentes aproximaciones de la simulación

Frecuentemente encontramos simulaciones de empresas en la práctica docente que podemos clasificar en alguno de los siguientes niveles:

- 1) Como ejemplos prácticos dentro de la asignatura, en especial introduciendo técnicas de Aprendizaje Basado en Problemas.
- 2) En asignaturas específicas de empresas, en las que se ejemplifica con una simulación práctica el aspecto de la empresa que se quiere estudiar.
- 3) Como entorno global de desarrollo de toda la asignatura, en la que se estudia un campo cualquiera de la titulación y la empresa es el lugar en que se construyen soluciones.

En la primera opción se trata de una práctica centrada en un objetivo concreto y que suele desarrollarse dentro del contexto global de una asignatura.

En la segunda, la asignatura tiene como objetivo el estudio de la empresa, y la simulación está orientada al estudio de la empresa en sí.

En ninguno de estos dos primeros niveles se adopta como metodología la que suele desarrollarse en una empresa, y el ámbito de desarrollo sigue siendo el de una asignatura tradicional.

El tercer nivel, en cambio, es el que nos interesa. En él se plantea la transformación completa de la asignatura en una empresa, independientemente del tipo de contenido que se quiera transmitir. De ese modo se abordan los problemas como situaciones del

mundo real en el que los conocimientos se justifican a partir de las necesidades de una organización.

En [2], se plantea una propuesta muy similar a la nuestra y muchas de sus ideas han inspirado este trabajo. Sin embargo, su aplicación se encuentra aún cercana al segundo nivel, pues en ese caso, el modelo se aplicó en una asignatura de Planificación y Gestión de Proyectos Informáticos. Aunque dicha propuesta cubre aspectos que consideramos esenciales, como el proceso de contratación y finalización del mismo, en este trabajo abogamos por un paso más allá. Proponemos usar como esquema de curso, en cualquier asignatura de la titulación, la metodología de trabajo en la empresa.

## 3. Pautas para transformar una asignatura en una empresa

Pero, ¿cómo transformar la mentalidad del alumno para que la asignatura sea creíble como empresa?

Creemos que son puntos esenciales para el éxito de nuestra *empresa* estos aspectos:

- La implicación del profesor en el doble papel de actor y director de la ambientación. Si no estás convencido de que este enfoque puede mejorar tu asignatura no lo intentes realizar, aunque esperamos que algunas de las ideas que proporcionamos a continuación te pueda servir.
- La presentación de la empresa. En especial en las primeras clases de introducción, en ellas debe quedar patente la implicación del profesor para que también el alumno asuma su papel de trabajador y se integre en la empresa.
- La noción de contrato como acuerdo firmado y su seguimiento hasta el final de la estancia del trabajador en la empresa.
- El modelo de empresa, que permite asociar a lo largo de la vida laboral del trabajador su ubicación dentro del sistema y la interacción con el resto de agentes que lo definen.
- Las fases de formación que se propongan en el desarrollo de la vida laboral del trabajador (alumno) en la empresa.
- Las actividades que se van a desarrollar en cada una de las fases de formación.

Estos aspectos se describen con más detalle a continuación.

### 3.1. La presentación de la empresa

Creemos que es esencial la labor dramática del profesor, que debe asumir su papel como si de un actor se tratara e introducir al alumno como un espectador que participa en la obra desde el inicio de la misma.

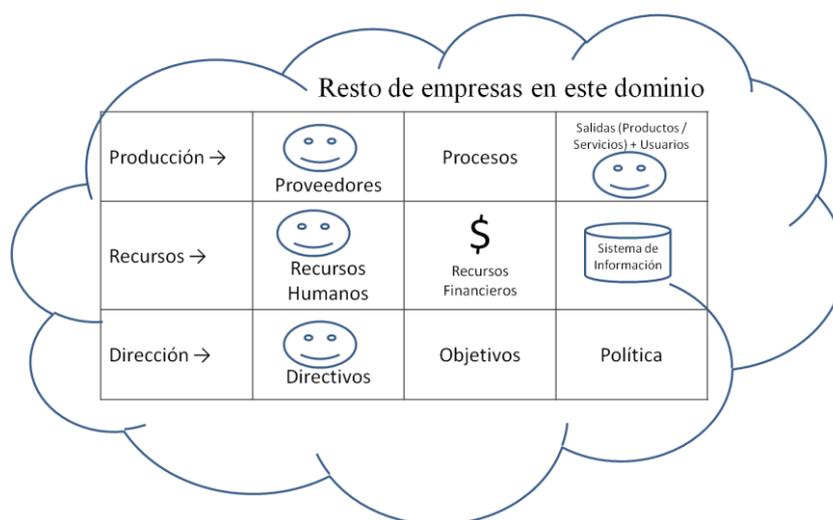


Figura 1. Modelo de empresa 3x3.

Para aumentar el factor sorpresa, la presentación de la asignatura en el programa puede ser similar al de las demás<sup>1</sup>. El primer día de clase se comenta el programa de la asignatura, que previamente ha leído el alumno y se presenta como una asignatura más.

Sin embargo, en un determinado momento, se indica al alumno que se decide cambiar la forma de realizar ese aprendizaje, y que se decide cambiar la asignatura por una empresa, pues al fin y al cabo la mayoría de ellos van a trabajar el día de mañana en algún tipo de empresa pública o privada.

La presentación cambia de la siguiente forma:

- Se describe la organización de la empresa a partir de un modelo general de empresa, que sirva para ubicar su papel como trabajador dentro de la misma. En nuestro caso es una empresa de software, pero puede adaptarse a cualquier tipo de empresa más cercana al campo de aplicación de la asignatura.
- El profesor es ahora el director de la empresa y en ocasiones podrá ejercer también el papel de cliente de dicha empresa, que solicitará que le resuelva los problemas que le plantee. Para este fin se pueden usar técnicas de sombrero [3] para remarcar el papel que en cada momento desempeña el profesor. Este doble papel de *Deus ex-machina* y actor del drama supone un esfuerzo adicional, y de forma similar ocurre a los alumnos que asisten a la obra y se ven inmersos en ella como trabajadores de la empresa.
- La planificación del curso cambia, de forma que, en lugar de estar organizada en temas, aho-

ra está organizada en estados del trabajador a lo largo de su permanencia en la empresa. Estas fases de formación sustituyen a los temas principales de la asignatura. Para pasar de un estado de formación a otro, el trabajador será sometido a una serie de pruebas en las que se evaluará, tanto el resultado del trabajo que haya desarrollado, como el proceso que haya seguido para su elaboración.

- Se describen las fases y los objetivos de formación que debe ser capaz de adquirir el trabajador en cada una de las fases.
- Se destaca la importancia de seguir las metodologías de trabajo que se proporcionen y que se irán ampliando y combinando en las diferentes fases de formación.
- Finalmente, se presenta la noción de contrato, como mecanismo de acuerdo entre el trabajador y la empresa. Y se introducen los criterios para evaluar la consecución y nivel de calidad de objetivos del contrato.

El contrato que se proponga es de suma importancia y resulta equivalente a los *criterios de evaluación* de la asignatura. Pero ahora, es el alumno quien también debe manifestar su grado de compromiso al aceptar las condiciones de trabajo. En [2] se proporcionan diferentes tipos de contrato según el grado de disposición del alumno. En todos ellos se refleja la expectativa de participación del alumnado desde el inicio, estableciéndose un compromiso con el trabajo que va a desarrollar. Esto es esencial, por ejemplo, para el trabajo en equipo.

<sup>1</sup> Esto facilita el que la asignatura pueda pasar desapercibida en la evaluación burocrática que se suele llevar a cabo. Lo cual puede ahorrarnos dolores de cabeza, en especial si el entorno no es propicio a este tipo de experiencias.

### 3.2. Modelo de empresa

El modelo de empresa que se proporcione debe ser adaptable y extensible en el resto de asignaturas de la titulación. Puede ser un mapa común para integrar el desarrollo de la formación del alumno. Los profesores de diferentes cursos deberían definir y aceptar este u otro motivo similar que permita trazar una guía común en la titulación.

En nuestro caso se ha propuesto un modelo basado en una matriz modular 3x3 que permita asociar horizontalmente y verticalmente diferentes aspectos de la empresa, como aparece en la Figura 1.

Es importante que puedan representarse todos los agentes interesados en el sistema (stakeholders), desde la dirección, los trabajadores, proveedores, clientes y usuarios finales de los servicios desarrollados. De hecho, uno de los problemas esenciales será el alineamiento de los diferentes intereses de todos estos usuarios del sistema.

En nuestra representación se han dispuesto tres capas horizontales:

1. Capa inferior de dirección: personal directivo, objetivos y política de la empresa.
2. Capa intermedia de recursos que dispone la empresa para lograr sus objetivos: personal, sistemas de información y recursos financieros.
3. Capa de desarrollo de productos o servicios, en la que se representan los proveedores, procesos de desarrollo de servicios y personal para el que se han desarrollado los servicios (clientes y usuarios finales de los mismos).

### 3.3. Metodologías de trabajo

Uno de los problemas que hemos advertido es la dificultad para integrar diferentes metodologías, en especial cuando tiene sentido que coexistan al abordar aspectos ortogonales del trabajo en la empresa. Por ejemplo, en nuestro caso hemos partido de una empresa de ingeniería basada en la resolución de proyectos aplicando procesos de mejora continua (ciclo PDCA o ciclo de Deming), en equipos con metodología ágil de desarrollo (SCRUM), para resolver problemas en un determinado área de aplicación (metodología específica del área de ingeniería que abordemos en nuestra asignatura). En nuestro caso se ha aplicado este modelo de empresa en dos asignaturas: una de primer semestre en un Máster común de Informática, Telecomunicación y Dirección TIC, denominada “Ingeniería de Servicios TIC”, en la que se ha aplicado la metodología ITIL para el desarrollo de servicios, y otra asignatura anual obligatoria de 5º de Ingeniería Informática denominada “Procesadores de Lenguajes” centrada en metodologías de ingeniería de documentos multimedia.

## 4. Fases de aprendizaje en una empresa

Como hemos indicado, el programa general de la asignatura se ha sustituido por una serie de fases en las que se indica el nivel de formación del trabajador en la empresa. En la Tabla 1 se muestran las 6 fases de formación que se han previsto, junto con su planificación para un curso semestral de 15 semanas de duración con 3 horas de teoría y 1 de práctica.

Es importante hacer notar que todas las clases tanto de teoría como de prácticas se realicen en el mismo laboratorio, con espacio suficiente para permitir actividades en las que los alumnos se puedan agrupar para coordinar las actividades de equipo.

Duración (en semanas)	Fase
2	1. Contratación y acuerdo de trabajo
2	2. Becario
3	3. En un equipo
3	4. Jefe de equipo
3	5. Tu propia empresa
2	6. Revisión y redes empresariales

Tabla 1. Distribución temporal de las Fases de formación en la empresa.

El desarrollo del trabajo en cada fase se realiza mediante actividades. Nótese que el enfoque de trabajo en una empresa requiere adaptar numerosas de las actividades habituales o cambiarlas por otras diferentes, en función de los objetivos de formación que se quieren alcanzar.

Por consiguiente, estas fases deben estar definidas mediante objetivos de formación y actividades que permitan alcanzarlos, como describimos a continuación.

## 5. Fase 1: Contratación o Acuerdo de trabajo

### 5.1. Objetivos

- Conocer el perfil del alumno: su nivel de formación de partida y expectativas para la asignatura
- Firma del contrato de trabajo, en el que se acuerdan:
  - Objetivos previstos y tareas a realizar.
  - Mecanismos de seguimiento y evaluación.
  - Salario en función del trabajo realizado y nivel de consecución de objetivos.

### 5.2. Actividades

En las primeras dos semanas de clase se realiza la fase de contratación. En ella, el futuro trabajador debe

conseguir un contrato con la empresa, y para ello realizará las siguientes actividades:

- *A10-Encuesta De Acceso A La Empresa.* Su objetivo es determinar el perfil del alumno, fundamentalmente las expectativas sobre la asignatura (una vez realizada la presentación de la empresa por su director) y el grado de conocimiento inicial sobre los principales objetos de trabajo en el curso. En estas pruebas se debe valorar si tiene el nivel suficiente para ser admitido en la empresa y, si es así, cuál es el nivel de partida.
- *A11-Envío del Curriculum Vitae.* Cada alumno debe confeccionar y entregar su Curriculum Vitae. Se destacarán las competencias que posea relacionadas con el campo de trabajo de la empresa.
- *A12-CV-Entrevista-Contratación.* Esta actividad es central en esta fase y consiste en debatir con el alumno su perfil de formación y expectativas dentro de la empresa. El director de la empresa dispone del Curriculum y los resultados realizados en las pruebas de admisión. Como resultado de esta entrevista se firmará un contrato del trabajador con la empresa indicando sus obligaciones y derechos para poder recibir el honorario estipulado, que consistirá en el certificado de aprovechamiento en la empresa, que incluirá el nivel alcanzado y listado de trabajos realizados.
- *A13-Formación de equipos de trabajo.-* Su objetivo es formar los equipos de trabajo. En nuestra experiencia, esta actividad se ha realizado de forma diferente en cada asignatura. En la asignatura de primer curso del Máster, se desarrolló una actividad denominada *A13-SpeedTeaming* ([http://www.randallshansen.com/Speed\\_Teaming.html](http://www.randallshansen.com/Speed_Teaming.html)) para que los alumnos se conocieran y realizaran una propuesta de formación de grupos basadas en una “charla” de dos minutos con cada compañero. En cambio, no se realizó para el curso de 5º de Ingeniería en Informática pues los alumnos ya se conocían previamente y propusieron directamente los equipos.

## 6. Fase 2: Becario

### 6.1. Objetivos

La fase de Becario es la primera toma de contacto de un trabajador con su empresa. En ella, se trata de formarlo en tres aspectos fundamentales para afrontar las siguientes fases:

- Conocimiento de la empresa:
  - Objetivos y dirección.
  - Estructura y organización.
  - Actividades y procesos dentro de la misma.

- Formación individual. En especial se dan las bases para afrontar las tareas que posteriormente deben realizarse. Se hace especial hincapié en las siguientes capacidades:
  - Planificación.
  - Documentación.
  - Evaluación.
- Introducción a técnicas de trabajo en equipo. Se fomentan actividades dirigidas a conocer las metodologías de trabajo en equipo que posteriormente se van a aplicar en la empresa.

### 6.2. Actividades

- *A21-RubricaYPlanificacionIndividual.* Consiste en asignar a cada alumno una actividad individual consistente en elaborar una rúbrica para una actividad ya conocida. En este caso, se destaca la planificación y comparación del tiempo empleado real en la tarea de elaboración de la rúbrica, indicando los motivos de desviación. Este tipo de actividades resulta esencial y tiene una doble finalidad: a) aclara conceptos sobre la planificación, pues muchos alumnos no están acostumbrados a realizar estimaciones reales de tiempo y luego presentan problemas para planificaciones de equipo, y b) presenta la rúbrica como mecanismo para especificar los requisitos a evaluar de un proceso o resultado del mismo.
- *A22-JuegoScrum-Cascada* [4]. Este juego sirve para introducir las diferentes metodologías de trabajo en equipo, comparando una metodología en Cascada con una metodología de desarrollo ágil (Scrum). El hecho de plantear la práctica como un juego hace aumentar la motivación de los alumnos y les ayuda a centrarse en los aspectos que se quieren ilustrar.
- *A23-Diagramas BPMN* (Business Process Model and Notation) (<http://www.bpmn.org/>).- En esta actividad se introduce el lenguaje BPMN para representar los procesos de negocio en una empresa.
- *A24-PDCU* (Proceso de Diseño Centrado en el Usuario).- Para destacar la prioridad del usuario en cualquier problema que resolvamos.

## 7. Fase 3: En un equipo

### 7.1. Objetivos

Los trabajadores se dividen en equipos que serán los encargados de resolver los diferentes proyectos o tareas que la dirección de la empresa determine en función de la política que se tenga en cada momento.

Es importante destacar aspectos como:

- Asignación de papeles en el equipo.
- Planificación en equipo.

- Calidad y evaluación del trabajo desarrollado, tanto del producto o servicio generado como del proceso que se haya seguido.

En esta fase, más que el resultado, se destaca el proceso de aprendizaje de la metodología de trabajo en equipo. La complejidad y temática suelen estar muy controladas para fijar la atención en la metodología más que en los resultados del trabajo.

## 7.2. Actividades

- *A30-Encuesta Preliminar*. Módulo de encuesta sobre los objetivos del tema y posterior a la lectura del material.
- *A31-Integración de metodologías-1*. Integración de las metodologías de trabajo para realizar un proceso de mejora continuo en equipo de desarrollo de servicio.
- *A32-DefiniciónDelProblema-EntrevistaConPP*. El director de la empresa define el problema que debe resolver el equipo, que debe elaborar las historias de usuario de acuerdo con los objetivos del Propietario del Producto (PP).
- *A33-ProblemasDeEquipo*. Caso práctico para resolución de conflictos de equipo [5].
- *A34- EntregaSprint0*. Entrega del primer prototipo del servicio que debe desarrollarse. Un sprint en la metodología Scrum es equivalente a un ciclo de mejora en el ciclo PDCA de Deming.

## 8. Fase 4: Jefe de equipo

### 8.1. Objetivos

En esta fase, los equipos se consideran maduros para afrontar problemas reales con el cliente y saben resolver por sí mismos los siguientes aspectos:

- Definición de un problema a partir de una situación ya preexistente; para ello deben analizar el sistema que se desea mejorar, entrevistar al cliente para obtener sus objetivos y a todos los agentes implicados en el mismo.
- Propuesta de diferentes soluciones, comparando las mismas y acordando con el cliente la que se considere más adecuada.
- Planificación y desarrollo de la solución, definiendo y evaluando su calidad mediante especificaciones de requisitos acordadas con el cliente.
- Presentación de la solución, tanto al cliente como al director de la empresa de desarrollo. Destacando las fortalezas y debilidades del proyecto, conclusiones y líneas de continuidad.

En nuestro caso usamos metodologías de mejora continua y desarrollo ágil de proyectos en equipo, por lo que el proyecto es evaluado varias veces de forma que se rotan los papeles de los integrantes del equipo.

## 8.2. Actividades

- *A40-EncuestaPreliminar*. Módulo de encuesta sobre los objetivos del tema, posterior a la lectura del material y antes de iniciar su estudio.
- *A41-ComparativaBasadaEnRubricas-Sprint1*. Evaluación de la primera versión del producto aplicando rúbricas.
- *A42-IntegraciónDeMetodologías-2*. Integración final de todas las metodologías de trabajo que se están usando en la empresa.

## 9. Fase 5: Tu propia empresa

### 9.1. Objetivos

En la fase anterior debe quedar patente que el dominio del proyecto que se desarrolle debe ir necesariamente aparejado con un mejor conocimiento de la política de nuestra empresa. De forma que cada vez, el trabajador estará más en contacto con la dirección de la empresa tomando decisiones. La experiencia acumulada debe ser suficiente para poder montar su propia empresa y decidir una política de desarrollo de la misma. En este caso se puede pedir desde su participación en la estrategia de la dirección de la empresa hasta un plan de creación de empresa, al menos con un fundamento tecnológico.

### 9.2. Actividades

- *A50a-FORO GENERAL para el desarrollo de trabajos*. Foro compartido por todos para intercambiar información y dudas.
- *A50b- Foro por equipos*. Este es un foro separado por equipos para coordinación interna.
- *A50-EncuestaPreliminar*. Módulo de encuesta sobre el conocimiento previo de los alumnos.
- *A51-ProyectoDeServicios-Sprint-1-EstrategiaYDiseñoDelServicio*. Sprint para la definición del servicio. Se debe entregar un prototipo al final de este Sprint.
- *A52-ProyectoDeServicios-Sprint-2-TransiciónDelServicio*. Sprint para el desarrollo del servicio definido en el Sprint anterior.
- *A53-OptimizaciónDelServicio-NAE-Flujogramas*. Sprint para la optimización del servicio, utilizando reingeniería de procesos.

## 10. Fase 6: Revisión y redes empresariales

### 10.1. Objetivos

La última fase consiste en evaluar el trabajo realizado en la empresa, tanto individual como en equipo, mediante las siguientes acciones:

- Presentación de todos los trabajos realizados en la empresa a nivel de equipo, resaltando la necesidad de dejar dichos proyectos preparados para que nuevos equipos los retomen y continúen en su desarrollo.
- Entrevista final con el director de la empresa, defendiendo el Curriculum actualizado, los trabajos realizados en equipo y el grado de consecución del contrato inicial.

Al final de su estancia en la empresa se emitirá un certificado, o modo de carta de presentación del trabajo realizado en la empresa. Además, se ofrece la posibilidad de seguir en contacto con la empresa en el futuro para alumnos egresados. En este sentido se potencia la necesidad de colaboración interempresarial como mecanismo de mejora en el mercado.

### 10.2. Actividades

- *A60-ProyectoDeServicios-Sprint-3-OperacionDelServicio*. En este Sprint final se evalúa la solución como un servicio activo que ya está en funcionamiento. Desde la presentación hasta el examen final el servicio se encuentra en una fase de mejora.
- *A61-Cuestionario de satisfacción del alumno (Modelo de la Universidad)*. Se realiza una encuesta anónima utilizando el modelo de encuesta general de nuestra Universidad. Aunque es una repetición de la encuesta que se pasa a los alumnos, nos sirve para disponer de forma inmediata de los resultados, que en nuestra universidad llegan con bastante retraso en el curso siguiente.
- *A62-Cuestionario de satisfacción del alumno (Modelo de la Asignatura)*. Esta es una encuesta/examen personal con cuestiones específicas sobre el desarrollo de la asignatura.
- *A63-Examen Final*. Presentación de cada equipo de todos los servicios finales con las mejoras realizadas.
- *A64-Entrevista Final individual*. En la que se consideran todos los indicadores recogidos sobre el trabajo realizado en la empresa.

## 11. Actividades adicionales desarrolladas en la empresa

### 11.1. Evaluaciones y control de calidad

La evaluación de las actividades se realiza utilizando rúbricas. Al final, se comparan las rúbricas con los requisitos de control de calidad de algunas especificaciones ISO y se muestra la similitud entre ambos.

En nuestra primera experiencia, hemos encontrado el problema de que al ser muchas de estas actividades nuevas en la asignatura, no se disponía de sus rúbricas, o han tenido que desarrollarse casi al mismo tiempo que la actividad, por lo que este aspecto debe ser mejorado en el futuro.

La política es realizar las evaluaciones de todas las actividades mediante rúbricas que se aplicarán mediante revisión por pares a nivel de equipos.

A61, A62 y A64 son las pruebas de evaluación individual y A63 es la prueba de evaluación de trabajos en equipo.

### 11.2. Actividades a lo largo de toda la estancia en la empresa

- *A00-Actas-Wiki de ISTIC*. Esta actividad se desarrolla a lo largo de todo el curso. Todas las reuniones en la empresa quedan reflejadas en un acta que elabora el Secretario/a que se designa al inicio de la reunión. Existen actas de las clases (teóricas y prácticas) que se publican en una página wiki de la asignatura, además de las reuniones que tengan los equipos.
- *A01-Preguntas y respuestas (Servicio interrumpido)*.- Consiste en que los alumnos deben contestar a las preguntas que el profesor realice en clase o bien proponer preguntas sobre el tema que se esté tratando. En ambos casos se gratifica la intervención con monedas virtuales que el alumno debe acumular a lo largo del curso. Desgraciadamente, en este primer curso esta actividad se interrumpió por falta de tiempo para poder llevar el control, aunque todos los alumnos la calificaron como muy interesante y sugirieron que se continuase en próximas ediciones.
- *A02-Técnicas de trabajo colaborativo*. Dado que se realizan numerosas tareas en equipo, se usan técnicas de trabajo colaborativo de tipo puzle y tormenta de ideas.

### 11.3. Colaboración con otras empresas

Dentro de la línea de simulación se ha introducido la “colaboración con otras empresas”. En esta primera experiencia, las actividades *A23-Diagramas BPMN* y *A24-PDCU* han sido impartidas por profesores del Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB) de Portugal, y el tema *A53-OptimizaciónDelServicioEn*

*ITIL* fue impartido por personal de NAE-itsMF España. También se incluyeron otras actividades como una charla para la participación en YUZZ (<http://www.yuzz.org/>) en el Máster y la visita a una exposición de arte denominada “Juegos del Lenguaje” para los alumnos de “Procesadores de Lenguajes”.

La visita a un centro externo o la presencia de personal diferente del profesorado son muy positivas y aumentan el interés del alumnado como han manifestado en las encuestas de final del curso.

## 12. Coste y resultados de la transformación

Como se ha indicado en el punto 3.3, este modelo se ha aplicado durante el curso 2012-2013 en una asignatura anual obligatoria de 5º de Ingeniería Informática y en otra de primer semestre en un Máster común de Informática, Telecomunicación y Dirección TIC, impartidas la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura.

Los alumnos han mostrado en general un alto grado de motivación y participación y han valorado el enfoque como bastante útil para su desarrollo profesional. Sin embargo, han valorado negativamente la carga de trabajo continuado y en algunos casos la falta de preparación previa de algunas de las actividades que se han querido desarrollar.

En futuras ediciones deben mejorarse los siguientes aspectos:

- Simplificación del control de tiempo en la planificación y seguimiento de actividades.
- Formación del profesorado en habilidades sociales: entrevistas, motivación, liderazgo,...
- Relación entre el programa teórico y el programa de formación en la empresa.
- Reducción de actividades y mejora de la retroalimentación de las mismas. Por ejemplo, proporcionando las rúbricas de cada actividad.

## 13. Conclusiones

En este trabajo hemos planteado una asignatura como una empresa, en la que el alumno pasa por diferentes fases de formación, según los objetivos que debe alcanzar en la empresa. Este modelo desarrolla las competencias para el trabajo individual y en equipo, mejora continua de soluciones basadas en servicios y detección de necesidades de todos los agentes interesados en el entorno de la empresa.

Aunque existen aproximaciones específicas [6] basadas en el Método de Factoría de Software, esta

propuesta es más genérica sobre el tipo de empresa y metodologías de trabajo.

Los resultados de nuestra experiencia muestran que estas transformaciones implican un elevado esfuerzo por parte del profesorado. No se trata sólo de “cambiar”, sino en muchos casos de “inventar” una nueva solución ante la falta de experiencias previas. Se necesitan más cursos para una mejor evaluación y mejora.

Por desgracia, con frecuencia no existe un mecanismo claro de coordinación establecido dentro de cada titulación. Creemos que este modelo de empresa se puede aplicar asumiendo que cada curso es una fase en la formación de la empresa. Por ejemplo, en el primer curso se realiza la contratación y formación del becario, en segundo se adquieren las competencias de trabajo en equipo mediante trabajos dirigidos, y en tercer y cuarto curso se van desarrollando trabajos de forma cada vez más autónoma hasta poder afrontar retos a nivel de investigación o en el mundo laboral. Con ello dispondremos de una referencia que facilite la integración de las competencias que se desarrollen en la titulación y sirva de punto de encuentro para intercambiar experiencias docentes del profesorado.

## Referencias

- [1] ACM/IEEE-CS Computer Science Curricula 2013 (CS2013). Strawman Draft. (February 2012).
- [2] M. Bermejo y R. Fernández. Alumno Rupérez, está usted despedido. *XI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, JENUI*, Madrid, 2005.
- [3] Edward de Bono. *Six Thinking Hats*. Little Brown and Company, 1985.
- [4] El expendedor - Juego de simulación de Scrum. Disponible en: <http://www.proyectosagiles.org/expendedor-juego-simulacion-scrum>
- [5] Coping with Hitchhikers and Couch Potatoes on Teams. En: B. Oakley, R.M. Felder, R. Brent y I. Elhajj, Turning Student Groups into Effective Teams. *Journal of Student Centered Learning*. Vol. 2, No. 1, 2004/9
- [6] A. Bia y R.P. Ñeco. Teaching in the Tech-Lab using the Software Factory Method (SFM). En *EDULEARN12 Proceedings*, 2791-2795. 4th International Conference on Education and New Learning Technologies. IATED, 2012.

# **Evaluación del aprendizaje**



# Experiencia en informática: Uso del portafolio como herramienta para la mejora de la motivación en el aprendizaje de los alumnos

Jose Damian Segrelles Quilis  
Departament de Sistemes  
Informàtics i Computació  
Universitat Politècnica de València  
València  
dquilis@dsic.upv.es

Carla Sentieri Omarremertería  
Departamento de Proyectos  
Arquitectónicos  
Universitat Politècnica de València  
València  
carsenom@pra.upv.es

Miguel Angel Salido  
Departament de Sistemes  
Informàtics i Computació  
Universitat Politècnica de València  
València  
msalido@dsic.upv.es

## Resumen

El rediseño de las guías docentes para su adecuación a la filosofía del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), ha tenido como consecuencia el aumento del empleo de metodologías activas y nuevas estrategias basadas en Evaluaciones Continuas Formativas (ECF) en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este marco, el uso del portafolio y las ECF son habituales en las nuevas guías docentes. El portafolio docente permite al profesor evaluar los esfuerzos realizados por el alumno y su progreso, y al alumno documentar sus reflexiones sobre el progreso y nivel alcanzado en los resultados de aprendizaje (RA) planteados. La ECF permite evaluar el nivel real alcanzado respecto a los RA.

Este trabajo combina la aplicación del portafolio docente y una ECF, con el objeto de medir el grado de motivación del alumno de una forma continua a lo largo del curso, a través de la recogida de los esfuerzos y reflexiones realizadas por el alumno y del nivel realmente alcanzado a lo largo del curso respecto a las RA.

La experiencia docente se ha aplicado en la asignatura de Informática, Grado de Ingeniería Electrónica y Automática (GEIA) de la Escuela Técnica Superior en Ingeniería del Diseño (ETSID) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

La conclusión obtenida determina que la combinación de una ECF y el uso del portafolio permite evaluar la motivación de los alumnos de forma continua a lo largo del curso, permitiendo mejorarla a través de nuevas innovaciones en aquellos puntos que se detecta una disminución. Además, se observa que se ha conseguido una estabilidad en la motivación de los alumnos a lo largo del curso.

## Abstract

The redesign of the teaching guides for its adaptation to the philosophy of the European Higher Educa-

tion Area (EHEA), has led to the expansion of new active methodologies and evaluation strategies based on Continuous Assessments Formative (CAFs) in the process of teaching and learning. In this framework, the use of portfolio and CAF are regulars in the new educational guides. The portfolio allows the teacher to assess the efforts of the students and their progress, and document their reflections on student progress and level achieved in Learning Outcomes (LOs) raised. The CAF allows assessing the real level reached on each LOs.

This work combine the application of the portfolio and a ECF, through an educational experience, in order to measure the degree of student motivation in a continuous Manner in the course, through the collection of efforts and reflexions by the student and their level actually achieved over the course regarding LOs.

The teaching experience has been applied in the materia of Computer Science, in the Electronics and Control Engineering (GEIA) degree of the School of Design in Engineering (ETSID) of the Technical University of Valencia (UPV).

The conclusion determines that the combination of a CAF and the portfolio to evaluate the students' motivation continuously throughout the course, allowing improve this through new innovations on points that the motivation fall is detected. Furthermore, it appears that it has gotten stability in motivating students throughout the course.

## Palabras clave

Portafolio, Evaluación Continua Formativa, Motivación

## 1. Introducción y motivación

La puesta en marcha de las nuevas titulaciones de grado dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supuso el rediseño de las

guías docentes para su adecuación a la filosofía Bolonia. Este proceso ha tenido como consecuencia el aumento del empleo de metodologías activas para el aprendizaje y la aplicación de nuevas estrategias basadas en Evaluaciones Continuas Formativas (ECF).

En este marco, la aplicación del portafolio y las ECF son habituales en las nuevas guías docentes. El uso que se le pueda dar al portafolio es diverso, en función de la información que se recabe en este [3]. El profesor puede utilizarlo para evaluar los esfuerzos realizados por el alumno, así como para comprobar el progreso y nivel alcanzado respecto a los resultados de aprendizaje (RA) planteados [1][2], como herramienta de evaluación del conocimiento de una asignatura [4] o para fomentar competencias transversales [5]. Al alumno le puede servir como un punto de reflexión de los RA alcanzados [6] o como herramienta para mejorar el trabajo autónomo [7].

El trabajo presentado en este artículo ha sido desarrollado por el equipo de Innovación y Calidad en el Aprendizaje de Proyectos Arquitectónicos (ICAPA) de la Universitat Politècnica de València (UPV). En este equipo de innovación docente, la mayor parte de los integrantes lo forman profesores del Departamento de Proyectos Arquitectónicos (DPA) – junto con miembros de otros departamentos como como el Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC)-, y su objetivo es mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de DPA, con el objeto de transmitir todas las experiencias positivas aplicadas en el DPA a otras áreas como la Informática. En este sentido, ICAPA ha trabajado el uso del portafolio en asignaturas relacionadas con la arquitectura [8][9] a través de dos proyectos de innovación y mejora Docente (PIME) concebidos por la UPV en los cursos 2010/2011 y 2011/2012. Estos PIMES tenían como objeto desarrollar una metodología para implantar de forma estandarizada el uso del portafolio para la mejora y organización del trabajo autónomo de los alumnos, así como también poder mejorar la coordinación horizontal y vertical de las asignaturas de las titulaciones universitarias.

La motivación de este trabajo, es abordar una parte no explorada por ICAPA, respecto a la combinación del uso del portafolio con ECF, como una herramienta que permita mejorar la motivación de los alumnos. El trabajo se ha realizado a través del diseño de una innovación docente basada en los resultados y experiencias acumuladas en los trabajos previos de ICAPA respecto al portafolio y la aplicación de ECF.

La experiencia se ha aplicado en la asignatura de Informática en el Grado de Ingeniería Electrónica y Automática (GIEIA) de la Escuela Técnica Superior

en Ingeniería del Diseño (ETSID) de la Universitat Politècnica de València (UPV). Se ha diseñado un portafolio donde los alumnos plasman sus reflexiones desde un punto de vista personal y crítico respecto a los RA planteados, permitiendo comparar estas reflexiones personales con las evaluaciones obtenidas en la ECF de una forma continua a lo largo del curso. Además, el portafolio planteado, también recoge los esfuerzos de los alumnos a través de la resolución de ejercicios, tareas y problemas tipo que son representativos y necesarios para alcanzar los RA.

El artículo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se describe el contexto donde se ha realizado la experiencia; en el punto 3 se detalla la ECF aplicada, el punto 4 se presenta el portafolio diseñado; en el punto 5 se presentan los resultados y discusión. Finalmente se presentan las conclusiones de este trabajo.

## 2. Contexto de la experiencia

Esta experiencia se ha realizado en un grupo de 58 alumnos de la Asignatura de Informática (INF), impartida en el primer cuatrimestre y perteneciente al módulo de formación básica del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática (GIEIA), en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño (ETSID), de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), con un total de 6 ECTS. El profesorado de la signatura pertenece al Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC).

INF fue profundamente remodelada en el curso 2009/2010 debido a la implantación definitiva en el 2010/2011 del plan Bolonia en la UPV. El marco de dicha remodelación fue a través de la implantación de un grupo piloto[10] en el GIEIA, que sirvió de test y para ajustar algunos parámetros en la guía docente de cara a su implantación definitiva en el curso siguiente en todas las especialidades del centro en la que se imparte la asignatura (Grado En Ingeniería Mecánica, Grado En Ingeniería En Diseño Industrial Y Desarrollo De Productos y Grado en Ingeniería Eléctrica).

El rediseño de la guía docente, fue un proceso complejo y laborioso, dado que el paradigma establecido por el plan Bolonia difería notablemente con el que se estaba aplicando en la asignatura en el plan de estudios anterior, aunque si bien es cierto, la existencia de metodologías bien definidas en las propias universidades, que determinaban las actividades a realizar en la elaboración de las nuevas guías docentes, facilitó la tarea [11][12].

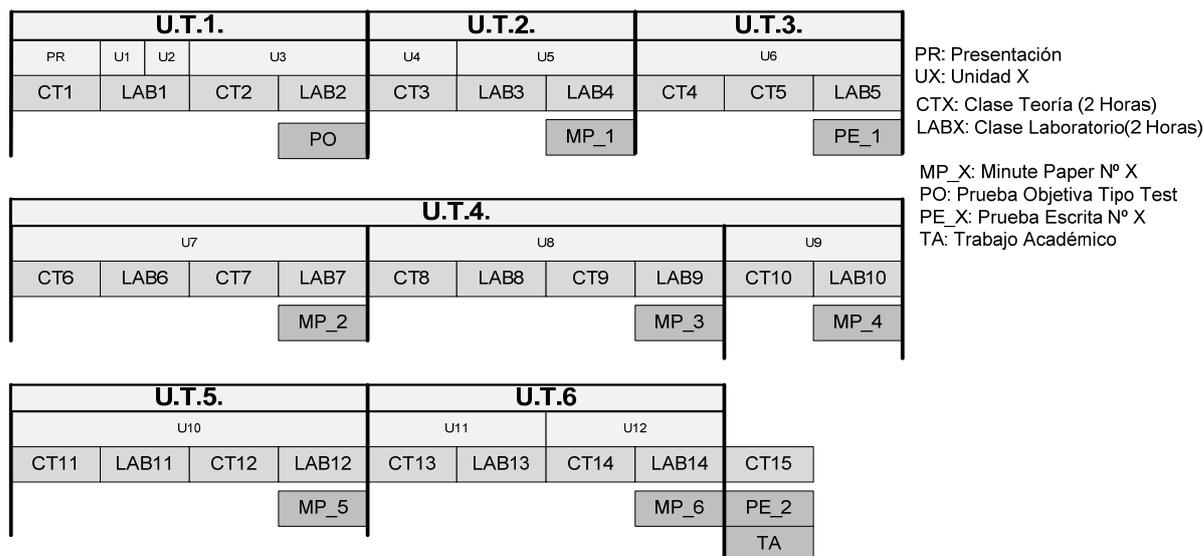


Figura 1. Distribución de los episodios de evaluación

### 3. Evaluación continua formativa

En la guía docente de INF, se define una ECF sumativa, de forma que los RA de cada unidad temática se van evaluando progresivamente a lo largo del curso. Desde su implantación en el año 2010/2011, la ECF ha ido evolucionando y se ha ido adaptando a las exigencias de nuevas innovaciones que se han aplicado a lo largo de los siguientes cursos hasta la actualidad, como la implantación de un Aprendizaje Basado en Proyectos [15] (ABP).

Tabla 1. Unidades temáticas de INF.

Unidad Temática	Unidad
U.T.1. Introducción	U1. Introducción a la Informática U2. Sistemas Operativos U3. Introducción a la Programación y algoritmos
U.T.2. Tipos de Datos y Operaciones	U4. Tipos de Datos U5. Operadores y Expresiones
U.T.3. Entrada / Salida	U6. Entrada y Salida
U.T.4. Estructuras de Control	U7. Estructuras de Selección U8. Estructuras de Repetición U9. Trazas de Algoritmos
U.T.5. Programación Modulas	U10. Funciones
U.T.6. Tipos de Datos Complejos	U11. Vectores Unidimensionales U12. Vectores Multidimensionales

La materia de INF se organiza en seis unidades temáticas, las cuales se agrupan en unidades independientes (ver Tabla 1). Para cada unidad se definen una serie de RA a evaluar, como los mostrados en la Tabla 2. Una buena definición de los RA es un punto esencial en cualquier proyecto docente y se deben formular a partir de lo que se pretende conseguir y de como se deben recopilar las evidencias que evalúen el alcance de estos. A pesar de que hay actualmente

varias clasificaciones, algunas muy técnicas y más cercanas a la visión educativa de los planes antiguos, la taxonomía de Bloom [13] se acerca más a la terminología recomendada por Bolonia y por tanto es la elegida por las guías de elaboración propuesta por las universidades[11][12]. Por ello, esta taxonomía ha sido tomada como base a la hora de definir los objetivos formativos de INF.

Tabla 2. Resultados de aprendizaje de la unidad 11

Resultados de Aprendizaje
RA1. Definir el concepto de vector.
RA2. Identificar aquellas variables de un problema que requieren del uso de un vector.
RA3. Operar con vectores (búsquedas, inserciones, modificaciones y borrados).
RA4. Implementar vectores en el lenguaje de programación C (declaración, operaciones).
RA5. Identificar y corregir errores de compilación asociados al uso de vectores en el entorno Devc++ (versión Inglesa)

La ECF se compone de un conjunto de episodios de evaluación, con un peso específico respecto a la evaluación final, las cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de episodios, pesos totales y tiempo por episodio en la evaluación Final.

Tipo Evaluación	Peso	NºEpisodios	Tiempo
Pruebas Escritas	25 %	2	1h
One Minute Papers	30 %	6	15 min
Test Objetivo	15 %	1	30 min
Trabajo Académico	30	1	2 h

Los episodios de evaluación se suceden de forma continua a largo 15 sesiones de teoría y 14 sesiones de prácticas de dos horas cada una, tal y como se muestra en la Figura 1. El objetivo de estos episodios es evaluar los RA propuestos en cada unidad temáti-

ca, de manera que se pueda medir el alcance por parte de los alumnos de los RA al finalizar cada Unidad Temática y se vaya componiendo de forma sumativa la evaluación final de la asignatura.

## 4. El Portafolio

El portafolio diseñado en este trabajo, se divide en dos partes. Por una parte, el portafolio se utiliza como una herramienta que permita documentar y evaluar las reflexiones por parte de los alumnos sobre el nivel alcanzado respecto a los RA planteados, y por otra parte como una herramienta para recopilar material que permita evaluar los esfuerzos del alumno y su progreso, además de servir al alumno como material organizado para remontar la asignatura en caso de no alcanzar los objetivos mínimos o bien que pueda obtener un mejor resultado.

### 4.1. Reflexiones del alumno

Para documentar y evaluar las reflexiones por parte de los alumnos, se ha tomado como base las RA definidas en la EFC para cada unidad temática. Con ello se ha creado una encuesta por cada unidad, en la que se pregunta al alumno de forma directa por el alcance de dichas RA. El uso de la taxonomía de Bloom a la hora de definir los RA, facilita esta tarea notablemente, dado que permite preguntar al alumno si se cree capaz de obtener dichos RA (ver Figura 2), dentro de una escala de 5 ítems (0-Totalmente Incapaz; 1-Incapaz; 2-Término Medio; 3-Capaz; 4-Totalmente Capaz).

Unidad 11. Vectores				
RA1_U11. ¿Serías Capaz de Definir el concepto de vector?				
<input type="checkbox"/> Totalmente Incapaz	<input type="checkbox"/> Incapaz	<input type="checkbox"/> Término Medio	<input type="checkbox"/> Capaz	<input type="checkbox"/> Totalmente Capaz
RA2_U11. ¿Serías Capaz Identificar aquellas variables de un algoritmo que requieren del uso de un vector?				
<input type="checkbox"/> Totalmente Incapaz	<input type="checkbox"/> Incapaz	<input type="checkbox"/> Término Medio	<input type="checkbox"/> Capaz	<input type="checkbox"/> Totalmente Capaz
RA3_U11. ¿Serías Capaz de Implementar vectores en el lenguaje de programación C?				
<input type="checkbox"/> Totalmente Incapaz	<input type="checkbox"/> Incapaz	<input type="checkbox"/> Término Medio	<input type="checkbox"/> Capaz	<input type="checkbox"/> Totalmente Capaz
RA4_U11. ¿Serías Capaz de Utilizar funciones estándar de C para el manejo de vectores de caracteres?				
<input type="checkbox"/> Totalmente Incapaz	<input type="checkbox"/> Incapaz	<input type="checkbox"/> Término Medio	<input type="checkbox"/> Capaz	<input type="checkbox"/> Totalmente Capaz
RA5_U11. ¿ Identificar y corregir errores de compilación asociados al uso de vectores en el entorno DevC++?				
<input type="checkbox"/> Totalmente Incapaz	<input type="checkbox"/> Incapaz	<input type="checkbox"/> Término Medio	<input type="checkbox"/> Capaz	<input type="checkbox"/> Totalmente Capaz
PRÁCTICA .Vectores				
Q1. ¿Has podido finalizar el boletín de trabajo presencial en el aula? En caso de que NO, indica en que ejercicio te has quedado.				
Sí	No (NºEjercicio):	No Contesta		
Q2. ¿Cuántas horas has dedicado para resolver los ejercicios del boletín autónomo?				
Horas:				

Figura 2. Encuesta sobre los RA alcanzados y esfuerzo dedicado por el Alumno.

La realización de esta encuesta es obligatoria por parte del alumno, lo cual les insta a reflexionar sobre su estado respecto a los RA de la unidad que se acaba

de impartir. El pase de la encuesta se realiza cuando la parte teórica ha sido ya explicada en el aula y trabajada en los laboratorios a través de las correspondientes prácticas, y siempre antes que las evaluaciones planificadas en la ECF que se plantean para los mismos RA. Para el pase de las encuestas se utiliza la plataforma de campus virtual PoliformaT [14] de la UPV, de forma que se les puede dar un margen de varios días para que la respondan, e incluso pueden hacerla desde casa, con lo que no se ven obligados a responder en un espacio corto de tiempo, permitiéndoles pensar y reflexionar sin presión, respecto a cada respuesta. Además, el hecho de solo preguntar sobre las RA (generalmente 4 o 5 por unidad), hace que la encuesta no suponga una inversión de tiempo que a la larga aburra al alumno y haga que estos la contesten sin la reflexión adecuada. En ese sentido, la labor explicativa de la importancia de la encuesta por parte del profesor también es importante.

Preguntar directamente por los RA, permite realizar comparaciones entre lo que los alumnos creen que han alcanzado y lo que realmente han conseguido y que se evalúa a través de la ECF descrita en el punto anterior.

### 4.2. Esfuerzos y progreso

The screenshot shows a web page titled "PRÁCTICA 4: Trabajo Autónomo" with a sub-header "EJERCICIOS PROPUESTOS". The main content is "Ejercicio 1: Diseñar e implementar un programa en C para resolver ecuaciones de segundo grado:  $ax^2 + bx + c = 0$ ". Below this, there is a list of conditions for the algorithm: infinite solutions, no solution, double solution, and complex solutions. A note mentions using the `sqrt` function from the `math.h` library. Below the text are four screenshots of a C program's execution. Each screenshot shows the program prompting for coefficients `a`, `b`, and `c`, and then displaying the results: "Infinitas soluciones", "No hay solución", "Solución doble", and "Soluciones complejas". At the bottom of the page, there is a button labeled "AGREGAR AL PORTAFOLIO".

Figura 3. Problema para el portafolio del boletín trabajo autónomo de la unidad temática 7.

Para documentar los esfuerzos y el progreso de los alumnos, se han creado dos boletines, una para traba-

jar en el laboratorio y otro para trabar de forma autónoma en casa. Ambos boletines tienen como objetivo que el alumno alcance los RA de cada unidad temática. Por ello, para cada boletín se han marcado como material a incorporar en el portafolio aquellos ejercicios/problemas que se consideran como referentes para el alcance de los RA (ver Figura 3). De esta forma, se consigue que el alumno vaya recopilando sus esfuerzos respecto al trabajo de laboratorio y del trabajo de casa y que todo aquello que se considera imprescindible como material de estudio de la asignatura se organice en un documento que permita plasmar el progreso de los alumnos.

Además, en las encuestas planificadas sobre los RA obtenidos en cada Unidad, se les incluye un par de cuestiones, mediante las cuales se les pregunta directamente sobre cuántos ejercicios han realizado en el laboratorio (tanto los marcados para el portafolio como los que no están marcados) y cuantas horas han dedicado para la finalización del boletín presencial, en el caso de no haberla finalizada en el aula, y cuantas horas han utilizado para la resolución del boletín autónomo. Esto, permite también documentar los esfuerzos de los alumnos y de alguna manera hacer reflexionar al alumno sobre si realmente han dedicado las horas necesarias o no.

## 5. Resultados y discusión

En este trabajo, se han realizado tres análisis sobre los resultados obtenidos en esta experiencia docente.

En el primer análisis se presenta en la Tabla 4, Tabla 5 y Figura 4. La Tabla 4 muestra los resultados de las evaluaciones de GEIA de cursos anteriores a la innovación, englobando todos los grupos de la especialidad de cada curso mostrado, con un total 150 alumnos de media. En la Tabla 5, se muestran los mismos resultados solo para el grupo donde se ha aplicado el portafolio en el curso 2012/2013, con un total de 58 alumnos.

**Tabla 4.** Porcentajes de las evaluaciones de los grupos de GEIA desde el curso 2004/2005

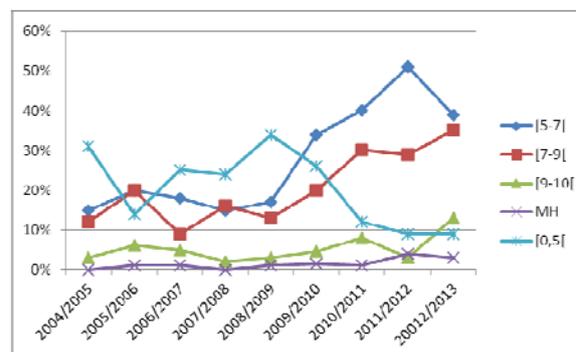
Curso	[5-7]	[7-9]	[9-10]	MH	[0,5]	NP
2004/2005	15%	12%	3%	0%	31%	39%
2005/2006	20%	20%	6%	1%	14%	40%
2006/2007	18%	9%	5%	1%	25%	43%
2007/2008	15%	16%	2%	0%	24%	43%
2008/2009	17%	13%	3%	1%	34%	33%
2009/2010	34%	20%	4,5%	1,5%	26%	14%
2010/2011	40%	30%	8%	1%	12%	8%
2011/2012	51%	29%	3%	4%	9%	4%

**Tabla 5.** Porcentajes de las evaluaciones del grupo de GEIA donde se ha aplicado el portafolio

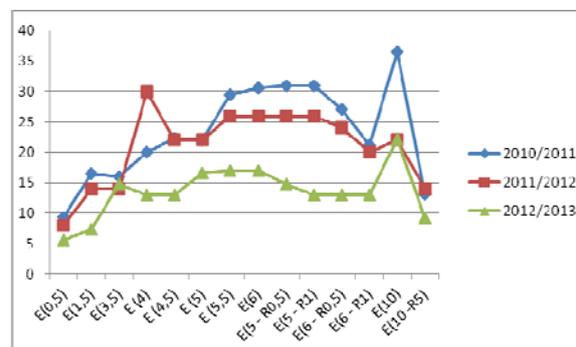
Curso	[5-7]	[7-9]	[9-10]	MH	[0,5]	NP
2012/2013	39%	35%	13%	3%	9%	1%

Tal y como se muestra en la Tabla 4, la asignatura sufrió un notable cambio en las evaluaciones finales en el año 2010/2011 con la entrada de Bolonia, si bien, el efecto de los cambios se hicieron notar también en el curso 2009/2010, dado que se puso en marcha un grupo piloto para la implantación de Bolonia y cuyos resultados están también incorporados. Los principales cambios se pueden observar en lo relativo a una disminución importante de los alumnos no presentados (al ser obligatorio la asistencia) y en las notas finales, dado que en todos los rangos de aprobados hubo un incremento notable.

En el curso 2012/2013, se ha aplicado el portafolio combinado con una ECF en los términos mostrados en los puntos anteriores, y observamos que en el grupo donde se ha aplicado, si bien el número de suspensos se ha mantenido, se puede observar claramente una tendencia (ver Figura 4) en la que se descende el número de aprobados (5,7), pero incrementa significativamente el número de notables (7, 9) y sobresalientes (9, 10), con lo que entendemos que se ha conseguido desplazar las calificaciones hacia mejores resultados.



**Figura 4.** Evolución de las evaluaciones desde el año 2004/2005 hasta la actualidad.



**Figura 5.** Evolución de los suspensos (0, 5) desde el año 2010/2011 hasta la actualidad.

El segundo análisis realizado, es el que se muestra en la Figura 5, la Figura 6, la Figura 7 y la Figura 8, donde refleja la evolución de las evaluaciones a lo largo de los cursos entre 2010 y 2013. Dado que desde el curso 2010/2011 se está aplicando un ECF,

ha permitido ver la evolución de un mismo curso de los porcentajes de suspensos, aprobados, notables y sobresalientes, normalizando las evaluaciones acumuladas (E) entre 0-10. Para este análisis se ha seleccionado un grupo de cada curso, los cuales han sido impartidos por el mismo profesor y con una media de 60 alumnos.

Respecto a la tendencia de los suspensos (ver Figura 5), podemos observar que aunque el número total de suspensos al final del curso 2012/2013 es solo un poco inferior a los años anteriores, si bien es cierto, su evolución ha sido de forma constante más baja que el resto durante el curso, rondando el 14%, a excepción del final del curso que se produce un fuerte repunte, debido a que E10 (Evaluación sobre 10 puntos) y E10-R5 (Evaluación sobre 10 puntos incluyendo una recuperación de 5 puntos) son la evaluación final y su recuperación, en la que muchos alumnos tradicionalmente balancean el esfuerzo y no se presentan a E10, incrementando de forma significativa el porcentaje de forma momentánea hasta la recuperación.

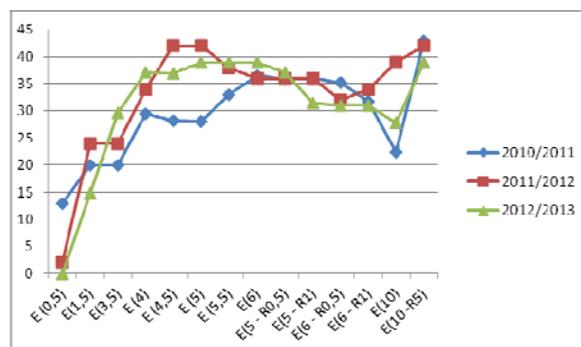


Figura 6. Evolución de los aprobados [5, 7] desde el año 2010/2011 hasta la actualidad.

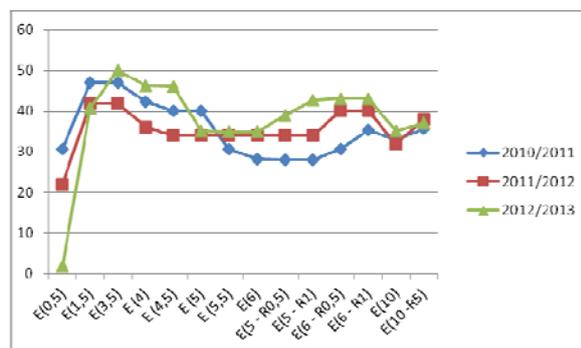


Figura 7. Evolución de los notables [7, 9] desde el año 2010/2011 hasta la actualidad.

Respecto a la Figura 6 vemos que la tendencia es similar a lo largo de los tres cursos. Con esto, podemos entender que el efecto del portafolio en el colectivo de aprobados no ha sido influyente. Por el contrario, en la Figura 7 si que se observa un incremento de notables de forma constante a lo largo del curso,

aunque finalmente se iguale. Entendemos que este descenso final ha sido en beneficio del colectivo de sobresalientes que se ha incrementado.

La Figura 8 muestra que en el curso 2012/2013 el colectivo de alumnos con sobresaliente, ha incrementado de forma significativa a lo largo de todo el curso de forma constante.

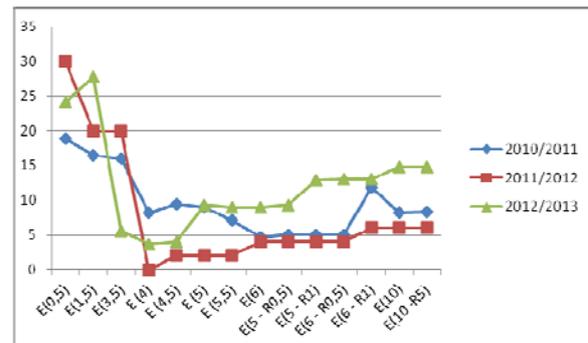


Figura 8. Evolución de los sobresalientes [9, 10] desde el año 2010/2011 hasta la actualidad.

El último análisis realizado en este trabajo se ha centrado en el curso 2012/2013, donde se han recogido en el portafolio las evaluaciones subjetivas de los alumnos a través de una encuesta. En este análisis se compara la evolución de la media de las evaluaciones objetivas obtenidas gracias a la ECF planteada, con las evaluaciones subjetivas de los alumnos, recogidas en el portafolio. Para ello, se han normalizando los resultados en una escala entre 0 y 4, dado que las encuestas recogían por cada RA los valores entre 0 (Totalmente Incapaz) y 4 (totalmente capaz).

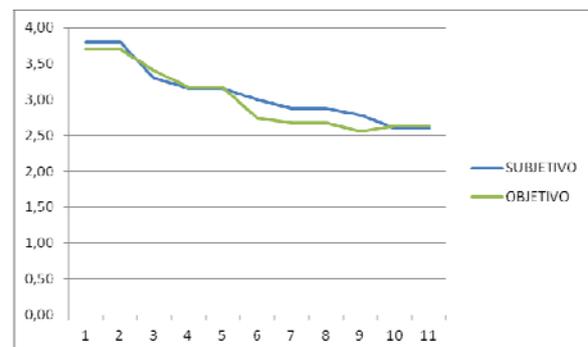


Figura 9. Evolución de las evaluaciones objetivas y subjetivas.

Se puede observar que la evolución de la percepción de los alumnos se ajusta a los datos objetivos obtenidos en los episodios de evaluación de la ECF planteada, lo cual deja de manifiesto que los alumnos han sido perfectamente conscientes de su estado real en la asignatura durante todo el curso y por tanto, el rellenar las encuestas del portafolio les ha permitido reflexionar sobre ello y tomar conciencia de su estado, siendo esto un mecanismo motivador para el

alumno a la hora de mejorar sus resultados en el caso que vean que no alcanzan los objetivos previstos por ellos mismos.

## 6. Conclusiones

La creación de guías docentes basadas en el paradigma del EEES, permite extraer información que puede servir de mucha utilidad a la hora de aplicar innovaciones que incidan en la motivación del alumno. En concreto, en este trabajo la definición de los RA basadas en Bloom permite facilitar la creación de forma sistematizada encuestas que permiten obtener la opinión reflexiva de los alumnos e incorporarlas en un portafolio. La sistematización consiste en la transcripción de la definición de las RA de forma interrogativa (¿Serías capaz...?). Estas encuestas permiten al alumno reflexionar sobre si han ido alcanzando los RA planteados en cada unidad temática e ir comparando con los RA evaluaciones. Esta reflexión ha tenido como consecuencia un aumento de la motivación por parte del alumno y unos mejores resultados de evaluación. Los resultados correspondientes a suspensos han sido más bajos, los notables más elevados y los sobresalientes significativamente más elevados, además de mantenerse constantes a lo largo del curso donde se ha aplicado el portafolio. Entendemos que el alumno ha sido capaz de conocer su situación en la asignatura, gracias al portafolio, ya que le ha permitido reflexionar sobre cuál cree que es su nivel en la asignatura y cuál es su grado de competencia a través de las evaluaciones, provocando en el alumno una motivación para alcanzar los objetivos de aprendizaje y no relajarse en la asignatura, manteniendo un nivel de trabajo constante durante el curso.

Otro de los factores que creemos que ha incidido positivamente, es que el portafolio les sirve como material de estudio, al recopilar en este aquellas actividades/problemas que son importantes para alcanzar las RA.

La entrega del portafolio permite al profesor evaluar el esfuerzo del alumno, y al alumno le sirve como un elemento de reflexión para ver si ha trabajado lo suficiente y como una forma de documentar sus esfuerzos de modo que le puedan servir como herramienta de estudio de cara a las evaluaciones.

La reflexión por parte del alumno sobre el esfuerzo invertido, permite al profesor replanificar para cursos posteriores aquellos boletines que han supuesto un sobre esfuerzo no planificado, además de invertir más tiempo en aquellas RA que no se han conseguido de forma satisfactoria.

## Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de ICAPA (equipo de Innovación y Calidad en el Aprendizaje de Proyectos

Arquitectónicos) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

Agradecemos al Vicerrectorado de Estudios y Convergencia Europea de la Universitat Politècnica de València por el proyecto PIME “El portafolio como herramienta para el desarrollo autónomo y para la coordinación horizontal y vertical en diversas titulaciones universitarias de la UPV” con referencia A15 que ha dado soporte a este trabajo.

## Referencias

- [1] Val Klenowski. “Desarrollo de portafolios para el aprendizaje y la evaluación”. ISBN: 84-277-1448-3. Depósito legal: M-37.141-2005
- [2] Raquel Barragán Sánchez. “El portafolio, metodología de evaluación y aprendizaje de cara al nuevo espacio europeo de educación superior”. RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, ISSN-e 1695-288X, Vol. 4, Nº. 1, 2005, págs. 121-140
- [3] Cole, D.J., Ch. W., Kick, F, Mthies, B.K. Portafolios across the curriculum and beyond. Thousand Oaks, California: Sage Publications
- [4] M<sup>o</sup> del Mar de la Peña Amorós, M<sup>o</sup> Carmen Pastor del Pino, Victoria Selma Peñalva. “La evaluación de los alumnos a través del portafolio”. ISSN: 1989-8754. Revista Jurídica de Investigación e Innovación Educativa Núm.6, junio 2012, pp. 81-94
- [5] Mireia Valero, José Aramburu, Josep-Eladi Baños, Mariano Sentí y Jorge Pérez. “Introducción de un portafolio para fomentar competencias transversales de los estudiantes universitarios”. Educación Médica. ISSN 1575-1813.vol.10 no.4 2007.
- [6] Sigal, celia. “El portafolio, instrumento de evaluación para promover la reflexión”. [Reflexión Académica en Diseño y Comunicación Nº VIII (Año VIII, Vol. 8, Febrero 2007, Buenos Aires, Argentina.)
- [7] Sofía Pérez Alenda, Lirios Dueñas Moscardó, Gemma Victoria Espí López, Beatriz Gisbert Morant, Marta Aguilar Rodríguez. “El portafolio como herramienta facilitadora del aprendizaje en la asignatura procedimientos generales de intervención en fisioterapia II”. Actas del Congreso Internacional de Innovación Docente. Universidad Politécnica de Cartagena. CMN 37/38. 2011
- [8] Carla Sentieri Omarrementeira, Raul Castellanos Gómez, Rafael López Gallego “El portafolio como herramienta para el desarrollo autónomo en la formación del arquitecto y para la coordinación horizontal y vertical en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de

- Valencia". *En Actas del Congreso XVIII Congreso universitario de innovación educativa en las enseñanzas técnicas (CUIEET)*. ISBN-978-84-86116-19-4. 2010.
- [9] Carla Sentieri Omarreñentería, Débora Domingo Calabuig, Raúl Castellanos Gómez. "El portafolio del alumno como herramienta para mejorar la coordinación del profesorado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura". *En Actas del VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria. Universidad Europea de Madrid*. 2011.
- [10] D. Segrelles, M. Salido, A.S. Giret. Metodologías activas para la adecuación de la asignatura fundamentos de informática al plan bolonia. *En actas de Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET 2010)*.
- [11] Salinas Fernández Bernardino, Cotillas Alandi, Carolina. "Elaboración de la Guía Docente para la Convergencia Europea". Depósito Legal: V-2186-2005. Edita Servei de Formació Permanent de la Universitat de València.
- [12] Instituto de Ciencias de la Educación. "Plan de acciones para la convergencia Europea (PACE). Guía Docente de la UPV: Criterios para su elaboración". Depósito Legal: V-2201-2006
- [13] Bloom, B.S. (Ed.) (1956) Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain. New York ; Toronto: Longmans, Green.
- [14] PoliformaT. <http://poliformaT.upv.es>
- [15] D. Segrelles, C. Sentieri, E. Torres, M. Salido. "An experience in computer science in the technical industrial engineering about Continuous Formative Evaluation based on Project-Based Learning". *Actas del 4th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2012)*.

# Una metodología para fomentar el aprendizaje mediante sistemas de evaluación entre pares

Pablo Sánchez

Carlos Blanco

Dpto. Matemáticas, Estadística y Computación

Universidad de Cantabria

Santander(Cantabria)

p.sanchez@unican.es

carlos.blanco@unican.es

## Resumen

Como consecuencia de la implantación de las directrices del *Espacio Europeo de Educación Superior* se han adoptado en diferentes cursos universitarios diversos sistemas de evaluación continua. Uno de los principales problemas asociados a dichos sistemas es el incremento en la carga del trabajo del docente, la cual puede llegar a ser insostenible. Con el objetivo de aliviar dicha carga de trabajo, se han propuesto diferentes estrategias de evaluación entre iguales. Se pretende además que dichas estrategias contribuyan de forma efectiva al aprendizaje. Para ello, tales estrategias deben de estar convenientemente diseñadas. Además, debemos asegurarnos de que al transferir la actividad evaluadora del docente al alumnado, no estamos sobrecargando a este último. Para solventar estos problemas, este artículo presenta una metodología concreta que permite organizar sistemas de evaluación entre iguales de manera que: (1) se asegure que la actividad evaluadora se realiza con rigor; (2) se fomente el aprendizaje; y (3) se asigne una carga de trabajo justa y adecuada a cada alumno. Dicha metodología se ha aplicado con éxito a una asignatura de *Ingeniería del Software* durante los dos últimos cursos académicos.

## Abstract

In last years, many universities have adopted, according to the guideline of the *European Space of Higher Education*, different strategies for continuous assessment. A noticeable shortcoming of these strategies is the increase in instructors' workload, which can become unfeasible. To improve this situation, different *peer assessment* techniques have been designed. It is expected that these strategies also promote an effective learning. However, to reach this goal, they must be appropriately designed. In addition, it must be ensured that the assessment quality does not decrease as a consequence of being carried out by students instead

of instructors. Finally, it must be also checked that students' workload also remains in a reasonable frame. This article presents a methodology for preparing *peer assessment activities* so that: (1) effectiveness of produced assessments can be assured; (2) they promote *effective learning*; (3) ensures a fair workload to each student, avoiding overloading. This methodology has been successfully applied to a *Software Engineering* subject during the two last academic years.

## Palabras clave

Evaluación entre Iguales, Aprendizaje Basado en Proyectos, Ingeniería del Software.

## 1. Introducción

Las nuevas directrices del *Espacio Europeo de Educación Superior* han hecho que cada día más instructores universitarios adopten técnicas de aprendizaje activo [1] y evaluación continua [10]. De acuerdo con dichas técnicas, los instructores deben diseñar y proponer una serie de actividades enfocadas a fomentar y propiciar el aprendizaje del alumno. Lo normal es que el alumno yerre durante el desarrollo de dichas actividades. Por tanto, si no se supervisan las actividades de los alumnos y se corrigen sus fallos, muy difícilmente se producirá el aprendizaje, pues los alumnos seguirán errando una y otra vez. Por tanto, para que se produzca un verdadero aprendizaje efectivo, los equipos docentes deben monitorizar y evaluar, con carácter formativo, los resultados de las diferentes actividades propuestas a los alumnos. Este aumento en la carga de trabajo del equipo docente puede llevar a procesos de enseñanza-aprendizaje inabordables que generen situaciones de estrés y ansiedad indeseadas, tanto en los equipos docentes como del alumnado [7].

Una de las soluciones que se han venido proporcionando en los últimos años para solventar este problema es trasladar parte del trabajo de evaluación del pro-

Req01	El alumnado obtiene una evaluación formativa similar a la que obtendría del profesorado
Req02	La actividad evaluadora no sobrecarga en exceso al alumnado
Req03	La actividad evaluadora está diseñada para que fomente el aprendizaje

Cuadro 1: Requisitos para una adecuada *evaluación por pares*

fesorado al alumnado. El alumnado, asistido por *rúbricas* [9] u otros mecanismos, se autoevalúa o evalúa a sus compañeros. Este último esquema es el que se conoce como *evaluación entre iguales o por pares* [4, 5, 10].

Los promotores de este tipo de evaluación argumentan que se trata además de una actividad de aprendizaje. El alumno, mediante la evaluación de su trabajo o el de sus compañeros, identifica sus propios errores y aprende a solucionarlos. No obstante, la evaluación entre pares plantea una serie de problemas que deben ser tenidos en cuenta y solventados si queremos conseguir estos beneficios.

En opinión de los autores de este documento, para que un sistema de evaluación entre pares sea efectivo y contribuya al aprendizaje, éste debe satisfacer los tres requisitos que se exponen en el Cuadro 1.

El requisito *Req-01* trata de asegurar que el traslado la actividad evaluadora del profesorado al alumnado no vaya en perjuicio del propio alumnado. Para ello tenemos que corroborar que el alumnado está capacitado para realizar la actividad evaluadora. Además, debemos verificar que realiza dicha actividad con el rigor y la seriedad que merece.

En el caso del requisito *Req-02*, se trata de evitar situaciones indeseadas de estrés y ansiedad, las cuales no favorecen en absoluto el aprendizaje.

Finalmente, el requisito *Req-03* trata de utilizar la propia actividad evaluadora para fomentar el aprendizaje. Para ello, no podremos asignar las tareas de evaluación de forma aleatoria, sino que debemos seguir unas pautas que aseguren que se fomenta el aprendizaje.

Este artículo presenta una metodología para diseñar y realizar actividades de evaluación por pares de forma que se satisfagan estos tres requisitos. Dicha técnica se ha aplicado durante dos años consecutivos a una asignatura de *Ingeniería del Software* en la cual se seguía una metodología de aprendizaje basada en proyectos [6]. Los datos recopilados tras su aplicación indican que dicha metodología alcanza los objetivos perseguidos.

Tras esta introducción, el resto de este trabajo se estructura como sigue: El apartado 2 describe el contexto en el cual se enmarca este trabajo. El apartado 3 explica la organización general de la metodología propuesta. El apartado 4 aborda el problema específico de asignar trabajos a alumnos para su evaluación. El apartado 5 muestra y analiza los resultados concretos empíricos

obtenidos. Finalmente, el apartado 6 sirve de sumario y cierre a este artículo.

## 2. Motivación: evaluación por pares en aprendizaje basado en proyectos

Esta metodología se utilizó dentro de una asignatura de *Ingeniería del Software* donde se seguía una *metodología de aprendizaje basada en proyectos* [6]. Si el objetivo de la asignatura era que los alumnos aprendiesen a desarrollar un proyecto software, entendíamos que la mejor manera de aprender era precisamente mediante el desarrollo de un proyecto software. El proyecto se desarrollaba por grupos. Cada grupo de trabajo se componía de 4 ó 5 alumnos.

Para el desarrollo del proyecto, se creó un portafolio electrónico [2] sobre la plataforma *Moodle*. La definición de las etapas de dicho portafolio fue fácil, pues cada etapa se correspondía con una de las fases del ciclo de vida software. Concretamente, la asignatura de *Ingeniería del Software I* cubría las siguientes etapas del ciclo de vida:

**Idea de negocio.** Sobre una idea común propuesta por el equipo docente, cada grupo de alumnos tenía que elaborar su propia idea de negocio. Por ejemplo, durante el curso 2012-1023 los alumnos tuvieron que desarrollar plataformas *on-line* para la venta de bienes y servicios con grandes descuentos, al estilo de las plataformas comerciales *Groupo* o *Planeo*.

**Especificación de requisitos.** Una vez elaborada la idea de negocio, cada grupo debía producir una *especificación de requisitos* donde se detallaban tanto los requisitos funcionales como los no funcionales, los primeros de ellos modelados mediante *casos de uso*.

**Diseño arquitectónico.** A partir de la especificación de requisitos, los alumnos tenían que proporcionar el diseño de la arquitectura software del sistema, normalmente siguiendo un modelo arquitectónico de tres capas.

**Diseño detallado.** Por último, cada grupo debía proporcionar el diseño interno de varios de los componentes identificados a nivel arquitectónico, me-

dian­te *diagramas de clases, diagramas de actividades y máquinas de estado*.

Por cada etapa definida dentro de nuestro portafolio, los alumnos debían entregar un informe que recogiese los resultados de dicha etapa, así como algunas cuestiones destinadas a evaluar también el método de trabajo seguido dentro de dicha etapa. Para que la evaluación fuese efectiva, se debía realizar primero una *evaluación formativa* [3].

Dicha evaluación formativa debía informar al alumno de los errores cometidos, las razones por las que dichos errores se consideraban como tal, y una serie de indicaciones acerca de cómo corregirlos. Dado que: (1) los proyectos tenían un cierto tamaño; (2) las primeras versiones estaban plagadas de errores, como, por otro lado, era de esperar de alumnos que están aprendiendo; y (3) para que la evaluación fuese efectiva tenía que ser realizada en un corto periodo de tiempo; esta tarea de evaluación se nos antojaba faraónica.

Por ese motivo, decidimos implantar un sistema de *evaluación por pares*, el cual se describe a continuación.

### 3. Organización general del sistema de evaluación por pares

Con objeto de hacer la tarea de evaluación comentada en la sección anterior abordable, decidimos implantar un sistema de evaluación por pares. Dicho sistema se organizaba de la siguiente forma.

En primer lugar, dentro de cada etapa del portafolio, se realizaba un seguimiento o evaluación formativa informal del trabajo de los alumnos durante las sesiones de prácticas destinadas al desarrollo del proyecto. Dicha evaluación formativa informal, por razones obvias de tiempo, no era ni sistemática ni exhaustiva. Simplemente se centraba en orientar el trabajo de cada grupo respecto a aquellos aspectos que se consideraban más críticos. Por tanto, para asegurar el aprendizaje completo del alumnado, era necesario proporcionar mecanismos de evaluación más sistemáticos y exhaustivos. Para ello se utilizaba un mecanismo de entrega de informes en tres fases que describimos a continuación.

En primer lugar, para cada etapa del portafolio, cada grupo de alumnos entregaba una primera versión (provisional) del informe de resultados correspondiente a dicha etapa.

En una segunda etapa, cada informe entregado se asignaba para su evaluación a un grupo diferente al que elaboró dicho trabajo. Para asegurar que cada grupo era capaz de realizar la actividad evaluadora, por cada etapa del portafolio, se proporcionaba al alumnado una *rúbrica* [9] y un conjunto de instrucciones detalladas acerca de cómo realizar un proceso de evaluación

objetivo. Además, de forma complementaria, cada grupo podía proporcionar los comentarios y sugerencias, siempre constructivas, que considerase oportunos.

Una vez realizadas las evaluaciones, los informes de evaluación se enviaban a los grupos correspondientes, de forma que éstos pudiesen corregir los errores detectados. Tras corregir dichos errores, los informes definitivos se entregaban al equipo docente, que procedía a su evaluación, tanto formativa como sumativa.

Esta técnica, tal como se ha descrito hasta ahora, sólo permite asegurar que los alumnos están capacitados para realizar la tarea de evaluación. No obstante, para satisfacer el requisito *Req-01* completamente, debemos asegurar que el alumnado realiza la actividad evaluadora con la seriedad y el rigor que ésta merece.

Desgraciadamente la experiencia personal de los autores de este trabajo indica que para que el alumnado se tome una actividad en serio, dicha actividad debe tener algún tipo de peso, por mínimo que sea, en la calificación final de la asignatura. Por tanto, decidimos que la actividad evaluadora también necesitaba ser calificada.

Dado que cada grupo tenía que elaborar un *informe de evaluación*, decidimos calificar dicho informe. De esta forma, la calificación final de cada etapa del portafolio venía dictaminada por la media ponderada de las calificaciones del *informe de resultados* (90 %) y del *informe de evaluación* (10 %). De esta forma, asegurábamos que el alumnado realizaba la actividad con suficiente rigor y seriedad.

La calificación del *informe de evaluación* se realizaba de forma un poco subjetiva, ya que se trataba simplemente de verificar que la actividad se había realizado con seriedad y coherencia. Es decir, se trataba de corroborar, mediante técnicas de *perspective-based reading* [8], que los informes de evaluación entregados carecían de errores de bulto.

Respecto al requisito *Req-02*, entendemos que la tarea de evaluación es asumible para el alumno, ya que cada grupo (formado por 4 ó 5 alumnos) debía evaluar un único informe.

Por tanto, tan sólo restaba satisfacer el requisito *Req-03*, lo cual se conseguía mediante una estrategia de asignación de tareas de evaluación que se describe en el siguiente apartado.

### 4. Asignación de tareas para el fomento del aprendizaje

Para satisfacer el requisito *Req-03* ideamos una estrategia de asignación de informes de resultados a grupos para su posterior evaluación. Antes de mostrar dicha estrategia, abordaremos una serie de cuestiones preliminares que tuvimos que tener en consideración.

#### 4.1. Mecanismos de aprendizaje en sistemas de evaluación por pares

Si queríamos potenciar el aprendizaje mediante sistemas de evaluación por pares, la primera tarea a realizar era analizar cómo se produce el aprendizaje mediante la utilización de estos sistemas. Concretamente, identificamos tres mecanismos diferentes de aprendizaje:

**Identificación de errores propios** Cada grupo, al recibir los resultados de la actividad evaluadora, adquiere conocimiento de sus errores y cómo solucionarlos, por lo que se produce un cierto aprendizaje.

**Observación de errores de terceros** Cada grupo, al evaluar el trabajo de otros, refuerza lo aprendido mediante la aplicación, desde la perspectiva del evaluador, de los conocimientos adquiridos. Además, mediante la evaluación del trabajo de terceros, aprende a identificar errores comunes y a cómo evitarlos.

**Observación de aciertos de terceros** La observación del trabajo de terceros permite descubrir nuevos puntos de vista y soluciones alternativas para un problema dado. De esta forma, el alumno puede tomar prestadas ingeniosas soluciones diseñadas por sus compañeros y adaptarlas a su propio trabajo.

Además, para evitar la sobrecarga de trabajo, debíamos analizar el esfuerzo que requiere realizar una actividad evaluadora. En este aspecto, cabe mencionar que es más fácil evaluar un trabajo excelente que un trabajo de escasa calidad. Sirva como ejemplo el trabajo de un revisor de un comité científico. En caso de tener que evaluar un trabajo de escasa calidad, aparte de rechazar el trabajo, dicho revisor, si realiza su tarea con diligencia, debe: (1) indicar los errores detectados; (2) justificar técnicamente dichos errores; y, en la medida de lo posible, (3) indicar posibles soluciones o alternativas. Sin embargo, si el trabajo a revisar fuese excelente, bastaría con felicitar a los autores y aceptarlo. Huelga decir que los trabajos excelentes se leen y asimilan más rápido que los trabajos malos, cuyos contenidos, por erróneos, son normalmente más difíciles de comprender.

Bajo estas suposiciones, nos percatamos de que si la asignación de los informes para la realización de la actividad evaluadora se hacía de forma aleatoria, evitando únicamente que un grupo evaluase su propio informe, podían darse los siguientes problemas:

1. Si un grupo con buenos resultados evalúa el trabajo de un grupo con muy malos resultados, en lugar de premiar al primer grupo por sus buenos resultados, le estábamos asignando una mayor carga

de trabajo. Por tanto, en este caso, estaríamos sobrecargando a un grupo que ya ha trabajado bien y bastante, lo que iría en contra del requisito *Req-02* (Ver Cuadro 1).

2. Además, si un grupo con buenos resultados evalúa el trabajo de un grupo con muy malos resultados, el primer grupo tendría pocas oportunidades de aprender por observación, lo cual iría en contra del requisito *Req-03* (Ver Cuadro 1).
3. Por otro lado, si un grupo con muy malos resultados revisaba el trabajo de un grupo con muy buenos resultados, obtendría una menor carga de trabajo como recompensa a sus pobres resultados, lo cual no nos parecía justo. Tampoco estábamos seguros de que el grupo evaluador estuviese plenamente capacitado para ejecutar la actividad evaluadora, lo cual iría en contra del requisito *Req-01* (Ver Cuadro 1).
4. Además, si un grupo con muy malos resultados revisaba el trabajo de un grupo con muy buenos resultados, el aprendizaje por observación podía degradarse hasta convertirse en un mero y burdo plagio de las soluciones propuestas por el grupo evaluado. El plagio, además de no conducir al aprendizaje, es moralmente y legalmente reprochable, iría en contra del requisito *Req-03* (Ver Cuadro 1)

Por tanto, decidimos que debíamos evitar asignaciones en las cuales hubiese una gran disparidad entre la calidad técnica del autor y del evaluador. Además, las asignaciones debían favorecer el aprendizaje por observación y facilitar la detección de errores. Para ello diseñamos la estrategia de asignación que se describe en el siguiente apartado.

#### 4.2. Asignación de informes a grupos para su evaluación

El método diseñado funciona tal como se describe a continuación:

1. En primer lugar, definíamos unos niveles informales para clasificar cada trabajo. Por ejemplo, *bueno, medio y regular*.
2. A continuación, asignamos cada trabajo a un nivel diferente mediante una lectura superficial de cada trabajo y a partir de nuestras impresiones subjetivas sobre el rendimiento de cada grupo.
3. A continuación, por cada trabajo evaluábamos de forma rápida los aspectos positivos y negativos más prominentes de cada informe. Por ejemplo, para la etapa de especificación de requisitos, podríamos identificar aspectos como corrección de los diagramas de casos de uso o el análisis de requisitos no funcionales.

4. Finalmente, tratábamos de asignar trabajos a grupos para su evaluación, de forma que se satisficieran de la mejor forma posible una serie de restricciones que, a nuestro entender, ayudaban a fomentar el aprendizaje:

**Restricción 1** Un trabajo sólo podía ser revisado por un grupo de un nivel adyacente o igual al nivel del grupo autor del informe. Por ejemplo, un informe de un grupo *bueno* sólo podría ser revisado por otro grupo *bueno* o por un grupo *medio*, pero nunca por un grupo *regular*. Esto contribuía a satisfacer los requisitos *Req-02* y *Req-03*.

**Restricción 2** Al asignar un trabajo a un grupo, debíamos fomentar que los aspectos identificados como negativos en el informe a evaluar fuesen aspectos identificados como positivos en el informe entregado por el grupo evaluador. De esta forma aseguramos que el grupo evaluador sabe realizar dichos aspectos concretos, lo cual es un prerrequisito para poder evaluarlo. Esto contribuía a satisfacer el requisito *Req-01*.

**Restricción 3** Al asignar un trabajo a un grupo, debíamos fomentar que algún aspecto identificado como negativo en el informe del grupo evaluador fuese un aspecto positivo del informe a evaluar. De esta forma potenciábamos que el grupo evaluador pudiese aprender por observación. Esto contribuía a satisfacer los requisitos *Req-01* y *Req-03*.

**Restricción 4** Al asignar los trabajos, debíamos procurar que cada grupo pudiese corregir sus aspectos negativos bien mediante observación o porque se le notificasen los errores detectados. Esto contribuía a satisfacer el requisito *Req-03*.

**Restricción 5** Para maximizar el aprendizaje, debíamos evitar que si el grupo  $G_i$  evaluaba al grupo  $G_j$ , entonces el grupo  $G_j$  evaluase al grupo  $G_i$ . Esto contribuía a satisfacer el requisito *Req-03*.

La última restricción no es trivial de entender, por lo que procedemos a explicarla detenidamente. Supongamos que tenemos tres grupos, a los que denominaremos  $G_i$ ,  $G_j$ ,  $G_k$ . Supongamos además que el grupo  $G_j$  presenta deficiencias en un aspecto  $A$  en el cual destacan tanto  $G_i$  como  $G_k$ .

Si  $G_j$  evalúa el trabajo del grupo  $G_k$ , el grupo  $G_j$  puede aprender por observación cómo mejorar el aspecto  $A$ . Si, además, el grupo  $G_k$  evalúa el trabajo del grupo  $G_j$ , el grupo  $G_j$  recibiría una evaluación formativa sobre el aspecto  $A$  cuyas conclusiones serían muy similares a las que ya habría alcanzado previamente el grupo  $G_j$  por observación.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
<b>Identificación Requisitos</b>	+	+	+	-	-	
<b>Casos de Uso</b>	+	+	-	+		+
<b>Plantillas Casos de Uso</b>					+	
<b>Diagramas Secuencia</b>			-			-
<b>Req. No Funcionales</b>	+	+				-
<b>Nivel</b>	B	B	M	M	M	R

B: Bueno; M: Medio; R: Regular

Cuadro 2: Evaluación informal previa

Por dicha razón tratamos de evitar el ciclo entre  $G_j$  y  $G_k$ . Para ello, haremos que el trabajo del grupo  $G_j$  revise el grupo  $G_i$ , que también destaca por el aspecto  $A$ . De esta forma, el grupo  $G_j$  puede recibir una evaluación formativa que incluya nuevos puntos de vista o aspectos complementarios a los adquiridos mediante la observación del trabajo del grupo  $G_k$ .

Dado que entender esta estrategia no es trivial y descrita en abstracto puede ser confusa, la siguiente sección la ilustra mediante un ejemplo concreto extraído de nuestra experiencia docente.

### 4.3. Ejemplo práctico: asignación de tareas de evaluación para un informe de requisitos

El ejemplo concreto que nos servirá para explicar la estrategia de asignación está extraído de una experiencia real perteneciente al curso 2011-2012. Dicho ejemplo se refiere a la asignación de tareas de evaluación de un *Informe de Especificación de Requisitos*, correspondiente a la segunda etapa de un proyecto de desarrollo software, de acuerdo al portafolio que nosotros definimos. El curso estaba compuesto por un total de 6 grupos de trabajo, que identificaremos, por motivos de privacidad, como  $G1$  a  $G6$ .

Para dicho informe, se definieron como aspectos prominentes los siguientes elementos:

1. Identificación de requisitos, los cuales se recogían mediante lenguaje natural.
2. Modelado de los requisitos identificados mediante diagramas de casos de uso.
3. Especificación detallada de los casos de uso mediante plantillas<sup>1</sup>.
4. Especificación detallada de ciertos casos de uso mediante diagramas de secuencia.
5. Identificación de requisitos no funcionales de relevancia.

El Cuadro 2 muestra los resultados de la evaluación superficial que es necesario realizar antes de la asigna-

<sup>1</sup>Dependiendo de las características de cada caso de uso, cada grupo debía decidir si detallarlo por medio de plantillas o por medio de diagramas de secuencia.

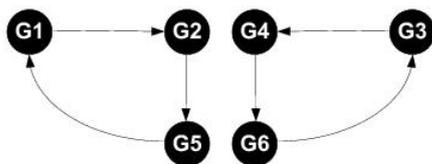


Figura 1: Solución para el ejemplo del Cuadro 2

ción de los trabajos. En las columnas, se muestran los diferentes grupos de trabajo. En las filas, a excepción de la última, cada uno de los aspectos prominentes identificados. La última fila sirve para asignar una categoría (*bueno (B)*, *medio (M)*, *regular (R)*) a cada trabajo. Cada celda  $(i, j)$ , a excepción de las pertenecientes a la última fila, contiene un + si el aspecto prominente de la fila  $i$  ha sido satisfactoriamente realizado por el grupo de la columna  $j$ . Si ha sido insatisfactoriamente realizado, dicha celda contendrá un -. Si dicho aspecto simplemente presenta un nivel cuasi aceptable, la celda aparece vacía.

La Figura 1 muestra una posible asignación, en forma de grafo dirigido, que satisface las restricciones descritas en la sección anterior. En este grafo, la existencia de un arco entre los nodos  $G_i$  y  $G_j$  indica que el grupo  $G_i$  debe revisar el trabajo del grupo  $G_j$ .

Explicamos brevemente parte de dicha solución. Partimos del grupo  $G1$ , que es el que mejores resultados presenta. Dicho grupo debería tener una tarea de evaluación liviana, en premio al esfuerzo previo realizado. Por ello podría revisar al grupo  $G2$  y corregir algunos de los errores detectados en este grupo relativos a la realización de las plantillas de casos de uso.

El grupo  $G2$  posee un rendimiento bueno, pero inferior al del grupo  $G1$ . En concreto, presentaba ciertas deficiencias con respecto a la realización de las plantillas de casos de uso. Por otra parte, el grupo  $G5$  destacaba en dicho apartado. Por tanto, si el grupo  $G2$  evaluaba el trabajo de  $G5$  podría aprender por observación. El grupo  $G2$ , además, destacaba por la tarea de identificación de requisitos, aspecto débil del grupo  $G5$ . Por tanto, el grupo  $G2$ , al revisar el trabajo del grupo  $G5$  podría aportarle valiosas sugerencias. Por tanto, asignamos el grupo  $G5$  al grupo  $G2$ .

El grupo  $G5$  destacaba por la realización de las plantillas de casos de uso, aspecto mejorable del grupo  $G1$ . Por tanto, si  $G5$  evaluaba a  $G1$ ,  $G5$  podría contribuir con comentarios y sugerencias a mejorar el trabajo de  $G1$ . Además,  $G5$  podía, por observación, aprender a mejorar ciertos aspectos de su propio trabajo, como la identificación de requisitos, aspecto destacado de  $G1$ . Por tanto, decidimos que el grupo  $G5$  evaluase el trabajo del grupo  $G1$ .

Adviértase en este caso el problema de los ciclos abordado por la *Restricción 5*. Al asignar los trabajos,

podíamos haber decidido que el grupo  $G2$  evaluase al grupo  $G5$  y el grupo  $G5$  al grupo  $G2$ , ya que había buenas razones para realizar ambas asignaciones.

No obstante, si evitamos este ciclo, el grupo  $G5$  recibiría un doble refuerzo en el apartado de *Identificación de Requisitos*. Por una parte, el grupo  $G5$  podía aprender por observación mediante la evaluación del grupo  $G1$ ; pero también podía aprender a partir de la evaluación formativa recibida del grupo  $G2$ . Este doble refuerzo no se daría si hubiésemos creado un ciclo entre  $G2$  y  $G5$ .

Un procedimiento similar se aplicaría a los grupos  $G3$ ,  $G4$  y  $G6$ .

La siguiente sección describe los resultados empíricos recogidos tras aplicar nuestra metodología a diversos cursos de *Ingeniería del Software I*.

## 5. Análisis de los resultados obtenidos

Esta sección muestra y analiza los datos empíricos recopilados a través de una serie de encuestas realizadas al alumnado al finalizar las asignaturas donde habíamos aplicado la metodología presentada en este artículo. La metodología se aplicó a tres cursos de *Ingeniería del Software I*. Dos de ellos, de 9 créditos, pertenecían a la titulación a extinguir de *Ingeniería Informática*, se impartieron en los cursos académicos 2011-2012 y 2012-2013, y tuvieron 28 y 31 alumnos matriculados, respectivamente. El tercer curso, de 6 créditos ECTS (*European Credit Transfer System*), pertenecía a la titulación de nueva implantación *Grado en Ingeniería Informática*, se impartió durante el curso 2012-2013; y tenía 35 alumnos matriculados.

Las encuestas realizadas estaban destinadas a verificar si la metodología satisfacía los objetivos planteados. Dado que entendíamos que preguntar a los alumnos si el sistema les sobrecargaba era ocioso, ya que la respuesta sería "sí"; lo que debíamos comprobar era, básicamente, si realmente el sistema contribuía al aprendizaje. Para ello debíamos comprobar tanto si las evaluaciones recibidas les eran de utilidad como si el hecho de evaluar a otros les ayudaba a aprender.

Respecto a la sobrecarga del alumnado, entendíamos que tener que evaluar un informe en el plazo de una semana, pudiendo dividir el trabajo entre 4 personas, no era una carga de trabajo excesiva.

Las encuestas realizadas tenían un total de 60 preguntas que pretendían analizar diferentes aspectos de la asignatura, así como tratar de verificar la consistencia de las respuestas, con el objetivo de evitar que se contestase al azar. En este artículo sólo mostramos las respuestas que conciernen al objetivo del mismo, es decir, al sistema de evaluación por pares.

	2011-2012		2012-2013 (Ing)		2012-2013 (Grado)	
	23 encuestas		13 encuestas		9 encuestas	
Pregunta	Media	Desv.	Media	Desv.	Media	Desv.
Revisar el trabajo de terceros me ha servido para aprender	3.46	0.60	3.00	1.11	3.44	1.03
Revisar el trabajo de terceros me ha servido para mejorar	3.65	0.58	3.23	1.09	3.78	0.83
Las correcciones recibidas me han servido para mejorar	3.42	0.72	3.38	0.96	3.44	0.88

Cuadro 3: Resultados del test del rendimiento de la estrategia aplicada

El Cuadro 3 muestra dichas preguntas y los resultados obtenidos para cada curso. Cada pregunta se contestaba con valores de una escala entre 1 y 5 donde 1 significaba *nada* y 5 *mucho*. Junto a cada pregunta se muestra el valor medio y desviación de las respuestas recopiladas.

Las encuestas las completaron un total de 23 alumnos en el curso 2011-2012, 13 alumnos de *Ingeniería Informática* en el curso 2012-2013 y 9 alumnos de *Grado en Ingeniería Informática* en el curso 2012-2013. La razón del decremento en el número de encuestas realizadas en el curso 2012-2013 radica en el hecho de que mientras en el curso 2011-2012 dábamos 0.25 puntos extra en el examen al alumno que completase la encuesta, durante el curso 2012-2013 eliminamos dicha recompensa. Esto parece confirmar nuestra hipótesis de que de que la mayoría de los alumnos sólo realizan aquellas actividades que tienen repercusión en su calificación final.

Como puede observarse, los resultados son prometedores, y las medias suelen estar por encima del valor considerado como *Normal*, siendo tendentes al valor *Bastante*. Por tanto, entendemos que un amplio sector del alumnado considera que la metodología contribuye al aprendizaje. Los valores altos en la desviación para el curso 2012-2013 la atribuimos al hecho de corresponder a una población menor de datos. En este caso, las respuestas de alumnos muy insatisfechos, que evalúan sistemáticamente todas las preguntas de la encuesta con 1 ó 2, contribuyen a elevar el valor de la desviación.

En un aspecto menos cuantitativo, nuestra experiencia personal es que la metodología nos descarga de trabajo y contribuye, de algún u otro modo, a mejorar el rendimiento de los grupos de alumnos. Las versiones definitivas de los informes suelen ser mejores que las iniciales, y ello se debe al sistema de evaluación por pares. Además, al recibir nosotros informes con menos errores, nos vemos descargados de trabajo, pues son informes que se pueden evaluar de manera formativa de forma más rápida, pues no hay que notificar ni justificar tantos errores.

No se ofrecen datos cuantitativos relativos a la mejora de la tasa de éxito de los cursos donde se ha aplicado esta metodología en comparación con cursos anterior-

res donde no se ha aplicado. La razón es que no podemos considerar los datos relativos a cursos anteriores ala metodología como fiables. En dichos cursos los autores de este trabajo no impartían docencia, por lo que el sistema era diferente. La tasa de éxito en curso anteriores estaba en torno al 100 % de los matriculados pero una simple interacción con los alumnos permitía comprobar que la mayoría de ellos no alcanzaban los objetivos de aprendizaje, por lo que consideramos dicho dato como no fiable.

Un aspecto controvertido de nuestro trabajo y que suele levantar cierta sorpresa, y por tanto merece la pena analizar, es el hecho de que los grupos con peor rendimiento se evalúen entre ellos. El lector podría argumentar que este sistema no favorece el aprendizaje de dichos grupos. Nuestra experiencia revela que sí.

La razón principal es la siguiente: Si un grupo con mal rendimiento recibe un informe de evaluación de un grupo con buen rendimiento, recibirá una larga lista de aspectos a mejorar, muchos de los cuales ni siquiera comprenderá. Ello normalmente desmotiva o desalienta al grupo con mal rendimiento, que puede incluso llegar a abandonar la asignatura. Sin embargo, un informe de un grupo con un rendimiento medio o malo, contendrá menos sugerencias de mejora, pero el esfuerzo global para el grupo que recibe el informe será más asequible, por lo cual será más propenso a realizar dichas mejoras. Es decir, se trata de incentivar a mejorar más que desanimar. Por tanto, entendemos que la revisión por parte de grupos con un rendimiento similar ayuda a mejorar a base de pequeños incrementos.

Finalmente, nos gustaría analizar un último aspecto que consideramos relevante. El lector podría argumentar, no sin cierta lógica, que la metodología que exponemos es compleja y, por tanto, el esfuerzo que hay que realizar para llevarla a cabo podría ser igual, o superior incluso, al que tendríamos que realizar si evaluásemos cada grupo de alumnos nosotros mismos directamente.

Aunque la metodología es compleja, su tiempo de ejecución para un número de grupos no muy alto, entre 6 y 10 grupos, no es elevado; y es notablemente inferior al necesario para evaluar con carácter formativo todos los informes entregados. Por tanto, la metodología sí nos está ayudando a salvar cierto tiempo de trabajo, a la par que parece contribuir al aprendizaje.

Señalar, por último, que la parte de la metodología que más tiempo requiere es la aplicación de la estrategia de asignación. En este sentido, estamos trabajando para crear un *plug-in* para la plataforma *Moodle* que encuentre una asignación óptima automáticamente. Para ello, utilizando como entrada una tabla como la del Cuadro 2, se plantearía un problema de satisfacción de restricciones, el cual se resolvería automáticamente por medio de un computador.

## 6. Sumario y trabajos futuros

Este artículo ha presentado una metodología para organizar sistemas de evaluación entre pares de forma que: (1) se disminuya la carga de trabajo de los equipos docentes, permitiendo sistemas de evaluación continua más razonables y escalables; (2) no se sobrecargue en exceso al alumnado; y (3) contribuya al aprendizaje.

Diseñar dicha metodología no fue en absoluto trivial, pero una vez ideada resultó relativamente sencilla y rápida de aplicar. Además, según hemos podido comprobar, ayuda a alcanzar los objetivos que perseguíamos: (1) nuestra carga de trabajo se vio aliviada; y, (2) los trabajos de cada grupo, salvo inevitables excepciones, mejoraron.

La metodología permite asegurar que la actividad evaluadora se realiza con cierta seriedad y rigor a la par que fomenta el aprendizaje. Este último punto se satisface mediante un elaborado sistema de asignación de informes a grupos para su evaluación que permite asegurar que: (1) la carga de trabajo que reciben los grupos es proporcional al esfuerzo realizado; (2) cada grupo recibe una adecuada evaluación formativa; (3) se fomenta el aprendizaje por observación; y (4) se evitan plagios indeseados.

Dicha metodología se ha aplicado con cierto éxito a tres cursos de *Ingeniería del Software*, pertenecientes a las titulaciones de *Ingeniería Informática* y *Grado en Ingeniería Informática*.

Como trabajo futuro, nuestra intención es proporcionar un soporte informático que permita la automatización de parte de la metodología, en particular de la parte relativa a la asignación de informes a evaluar. Nuestro objetivo último es integrar dicho soporte en diversas plataformas de aprendizaje, y en particular en *Moodle*, que es nuestra plataforma de trabajo habitual.

## Agradecimientos

Este trabajo se encuadra dentro del proyecto de innovación docente “*Aprendizaje basado en proyectos para Ingeniería del Software*”, financiado por la Univer-

sidad de Cantabria. Nos gustaría agradecer también a Daniel Sadornil, sus valiosos y bien intencionados comentarios.

## Referencias

- [1] Charles C. Bonwell and James A. Eison. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. Jossey-Bass, Febrero 1991.
- [2] Ann Bullock and Parmalee P. Hawk. *Developing a Teaching Portfolio: A Guide to Preservice and Practicing Teachers*. Prentice Hall, Julio 2004.
- [3] Kay Burke. *Balanced Assessment: From Formative to Summative*. Solution Tree, Febrero 2010.
- [4] María Cavas, Francisco Chicano, Francisco Luna, and Luis Molina. Autoevaluación y Evaluación entre Iguales en una Asignatura de Redes de Ordenadores. In *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, pages 303–310, Sevilla (España), Julio 2011.
- [5] Tim S. Roberts. *Self, Peer and Group Assessment in E-learning*. Information Science Publishing, Enero 2006.
- [6] Pablo Sánchez and Carlos Blanco. Experiencias y Lecciones Aprendidas de la Implantación de una Metodología de Aprendizaje basada en Proyectos para una Asignatura de Ingeniería del Software I. In *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, pages 41–48, Ciudad Real (España), Julio 2012.
- [7] Jesús Serrano-Guerrero, Francisco P. Romero, Emilio Fdez-Viñas, and José A. Olivás. La sobre-evaluación. In *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, pages 91–100, Sevilla (España), Julio 2011.
- [8] Forrest Shull, Ioana Rus, and Victor R. Basili. How perspective-based reading can improve requirements inspections. *IEEE Computer*, 33(7):73–79, Julio 2000.
- [9] Dannelle D. Stevens and Antonia J. Levi. *Introduction to Rubrics: An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback and Promote Student Learning*. Stylus Publishing, Noviembre 2004.
- [10] Miguel Valero-García and Luís M. Díaz de Cerio. Evaluación Continuada a un Coste Razonable. In *Actas de las IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, pages 183–190, Cádiz, (España), Julio 2003.

# Contratos de aprendizaje y evaluación entre iguales para responsabilizar al alumno de su aprendizaje

Reyes Grangel Seguer    Cristina Campos Sancho  
Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Universitat Jaume I  
Campus del Riu Sec  
E-12071 Castelló de la Plana  
{grangel, camposc}@uji.es

## Resumen

Con la implantación del EEES el proceso de enseñanza-aprendizaje ha pasado de estar centrado en la enseñanza del profesorado al aprendizaje del alumnado. Así pues los créditos que supone el superar un grado ya no se miden en horas de docencia presencial que debe realizar el profesorado, sino en horas de trabajo que debe llevar a cabo el alumnado. Este cambio ha propiciado una evolución tanto de los procesos de enseñanza-aprendizaje como de los de evaluación.

En este nuevo entorno la atención se desplaza hacia el estudiante de forma que es importante dotarlo de la motivación y las herramientas necesarias para que sea capaz de tomar parte de la responsabilidad que supone su aprendizaje. Los contratos de aprendizaje son uno de los métodos de enseñanza-aprendizaje que pueden ser usados con la finalidad de potenciar el aprendizaje autónomo del alumnado y hacer que asuma dicha responsabilidad. Por otra parte, la evaluación entre iguales puede ser el complemento ideal para hacer que la responsabilidad del alumno se prolongue hasta el final del proceso de enseñanza-aprendizaje. En este artículo se presenta el uso de ambos métodos en una asignatura del ámbito de la ingeniería del software analizando el diseño de la experiencia docente y sus resultados.

## Abstract

With the implementation of the EEES the teaching-learning process has evolved from focusing on teaching faculty to student centred learning. Therefore, the credits need to obtain a degree are no longer measured in presencial hours performed by the teacher, but in hours of work to be carried out by the students. This change has led to the evolution of both, teaching-learning and evaluation processes.

In this new environment the focus shifts to the students so that it is important to provide them with the

motivation and necessary tools to be able to take some responsibility for their own learning. The learning contracts are one of the teaching-learning methods that can be used in order to enhance students' independent learning and do assume that responsibility. Moreover, peer evaluation may be the ideal complement to the student's responsibility to continue until the end of the teaching-learning process. This paper presents the use of these methods in a software engineering subject, to analyse the design and results of the teaching experience.

## Palabras clave

Contrato de aprendizaje, evaluación formativa, auto-evaluación, evaluación entre iguales, rúbrica, Moodle.

## 1. Introducción

El modelo educativo universitario anterior a la implantación del EEES (modelo tradicional [10]) estaba basado en el profesor como protagonista principal del proceso de enseñanza-aprendizaje. En él, el número de créditos necesarios para superar una determinada titulación se contaban en horas de clase presencial que debían ser impartidas por el profesor y por lo tanto el proceso de enseñanza-aprendizaje estaba centrado solo en la parte de la enseñanza. En este modelo el profesorado tenía la responsabilidad de enseñar y evaluar, y el alumnado se consideraba un receptor pasivo del proceso y no solía recibir retroalimentación hasta el final del mismo y esta solía ser en forma de una evaluación sumativa, a no ser que por iniciativa del alumno se acudiera a la revisión del examen final.

Este modelo educativo ha ido evolucionando con los años y poco a poco el profesorado a iniciativa propia ha ido aplicando nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje y también de evaluación. Con la implantación del EEES los grados han pasado a contabilizar

sus créditos por el trabajo que debe realizar el alumnado para alcanzar las competencias requeridas en el mismo. Esto ha hecho necesario que la implantación de dichos métodos se generalice puesto que el alumno pasa a ser el protagonista de su aprendizaje, mientras que el profesor sigue en su papel de enseñar, pero también de guiar, evaluar, revisar y dar retroalimentación. El alumnado es ahora un elemento activo del proceso de enseñanza-aprendizaje y debe tener un mayor protagonismo tomando mayor responsabilidad tanto durante el proceso como en su evaluación [10].

Por lo tanto, es necesario disponer de experiencias docentes que muestren cómo aplicar métodos de enseñanza-aprendizaje que estén centrados en el alumnado y sean capaces de motivarle en la tarea de hacerle corresponsable de su aprendizaje.

En este artículo se presenta una experiencia docente en el contexto de la ingeniería del software que utiliza como método de enseñanza-aprendizaje los contratos de aprendizaje y como sistema de evaluación la evaluación entre iguales, entre otros. En concreto, se presenta tanto el diseño como la ejecución de una de las actividades que se llevan a cabo en el contrato, así como las lecciones aprendidas. La experiencia tiene por objetivo que el alumno sea responsable de todo su proceso de aprendizaje.

El artículo se estructura, además de esta breve introducción, de la siguiente forma. En la sección 2, se presentan los principios básicos de los contratos de aprendizaje y la evaluación entre iguales como técnicas que se han usado en la experiencia docente presentada en la sección 3. Finalmente, la sección 4 muestra los resultados obtenidos en la experiencia a modo de lecciones aprendidas y en la 5 las principales conclusiones y futuros trabajos.

## 2. Métodos utilizados

### 2.1. Contratos de aprendizaje

El contrato de aprendizaje o learning contract puede definirse como un acuerdo establecido entre el profesor y el estudiante para la consecución de unos aprendizajes a través de una propuesta de trabajo autónomo, con una supervisión por parte del profesor y durante un periodo determinado [3]. Su uso en la enseñanza superior puede desempeñar una doble función. Por un lado, como instrumento de responsabilidad y motivación por parte de los estudiantes, supuesto indispensable de cualquier cambio que implique una mayor incidencia del aprendizaje activo y la autonomía en el aprendizaje. Por otro, como estrategia útil en un sistema de evaluación continua [9]. En un sentido más técnico, el contrato es un documento en el que el alumno fija los objetivos que desea alcanzar (qué va a aprender), los

métodos y técnicas que le van a ayudar a conseguir esos objetivos (cómo va a aprender), los resultados o evidencias de su aprendizaje (cómo va a demostrar lo que ha aprendido), y la evaluación de su proceso de aprendizaje (cómo quiere ser evaluado) [1].

Así pues, el contrato constituye un medio que permite que el alumno sea libre en el sentido de que él sea responsable de sí mismo y pueda expresar sus necesidades y proyectos. Además, el contrato fomenta su motivación, ya que, el estudiante invierte su tiempo en aprender unas competencias que son de su interés, comprende la importancia de su proceso de aprendizaje y puede llevar su propio ritmo de trabajo. Al mismo tiempo, se responsabiliza al estudiante de su proceso de aprendizaje, puesto que dispone de libertad para decidir sus propios itinerarios en el marco de unos principios definidos en común. Con ello, el alumno se convierte en protagonista y sujeto activo de su aprendizaje. En este marco, el contrato ha dado lugar a una nueva forma de enseñar donde el alumno asume un papel relevante en su proceso de aprendizaje y se establece un compromiso por parte del profesor, pero sobre todo por parte del alumno, que se compromete a llevar a cabo una serie de actividades que demuestren su aprendizaje [8].

En el ámbito de la Ingeniería del Software, existen experiencias que combinan diversos elementos pedagógicos como el desarrollo de un caso de estudio, el trabajo en equipo y el establecimiento de un contrato de aprendizaje. Todo ello aporta claras ventajas al proceso de enseñanza-aprendizaje. En relación a los contratos cabe destacar que el alumno asume un mayor protagonismo en el proceso de aprendizaje, relegando a un segundo plano el papel de enseñanza por parte del profesor [1].

En el sentido más amplio se establece un contrato de aprendizaje cuando un alumno y un profesor intercambian sus opiniones, comentan sus necesidades, comparten proyectos y deciden en colaboración la forma de llevarlos a cabo y la evaluación del aprendizaje que han realizado y de los resultados conseguidos [1]. Como método de enseñanza-aprendizaje y evaluación un contrato de aprendizaje supone la implantación de un sistema en el cual profesor y alumno negocian cuáles van a ser los objetivos de aprendizaje, cuáles son los recursos que se van a usar para conseguirlos, cuáles son las evidencias que el alumno va a presentar para demostrar que ha alcanzado esos objetivos, y cómo el profesor va a evaluar esas evidencias. Toda esta información se puede recoger en un documento que simbólicamente firman tanto alumno como profesor, pero lo verdaderamente importante es el compromiso del profesor a ofrecer la retroalimentación que mejore la autonomía del alumno, y sobre todo del alumno a hacerse responsable de su proceso de aprendizaje [6].

## 2.2. Evaluación entre iguales

En [7] se define como método de evaluación una actividad evaluable que un alumno debe realizar para demostrar el nivel de destreza alcanzado para un conjunto de competencias de una asignatura. Sin embargo, en este trabajo se matiza el concepto de método asociado a la técnica de evaluación empleada, puesto que la actividad en sí misma puede ser evaluable mediante distintas técnicas. Por tanto, en esta experiencia se entiende que un método de evaluación define el cómo se evalúa la actividad, considerando un sistema de evaluación, al igual que en [7], el conjunto de métodos de evaluación, actividades evaluables y ponderaciones que se establecen para la calificación de una asignatura.

Un sistema de evaluación basado en competencias tiene que tener en cuenta los siguientes aspectos [2]:

- Los objetivos formativos de aprendizaje y las competencias o resultados de aprendizaje.
- La programación y el diseño de actividades a realizar para conseguir dichos objetivos formativos.
- Los criterios de evaluación (rúbricas) que permiten valorar como se ha llevado a cabo la actividad y permiten valorar el desarrollo de las competencias definidas a través de los objetivos que se tienen que conseguir.
- El tipo de evidencia que el alumno tiene que presentar como resultado de su aprendizaje.
- La retroalimentación adecuada en el tiempo y con el nivel de detalle suficiente.
- La toma de decisiones para certificar la consecución de los objetivos o su recuperación si se da el caso.

Según la forma de proporcionar la retroalimentación al alumnado durante el proceso de evaluación esta puede ser sumativa o formativa [2]. La primera aporta una visión global y finalista de la consecución de los objetivos de aprendizaje. Se basa en evaluar un conjunto de actividades cuyas notas ponderadas da lugar a la nota final que sirve para certificar dicha consecución. El inconveniente surge cuando no se complementa con la evaluación formativa. Esta última favorece la consecución del aprendizaje puesto que el alumno es capaz de progresar a través de la retroalimentación que le ofrece el profesor.

La evaluación del modelo tradicional como punto final del proceso de enseñanza-aprendizaje como ya se ha comentado solía ser sumativa. Una evaluación de este tipo normalmente deja insatisfecho tanto al alumnado como al profesorado. Al primero, porque no recibe la retroalimentación adecuada a su esfuerzo, y a la vez esa falta de retroalimentación no le permite avanzar de forma progresiva en su aprendizaje. Y al segundo, por la frustración que siente de no poder terminar su proceso de enseñanza.

Esta situación ha cambiado con la implantación del EEES en el cual los estudios se contabilizan en horas de trabajo del alumno que son necesarias para conseguir unas determinadas competencias. Con ello ha surgido la necesidad de cambiar los métodos de enseñanza-aprendizaje y también el sistema de evaluación haciendo que esta sea continua. Esto supone sin duda un beneficio para el alumnado, pero puede llegar a representar un problema para el profesorado a la hora de ponerla en práctica sobre todo en grupos grandes.

La autoevaluación y la evaluación entre iguales son dos métodos que permiten facilitar la tarea del profesorado dentro de un sistema de evaluación continua, pero sobre todo son muy útiles para que el alumno aprenda más y mejor. Gran parte de la bibliografía sobre este tema trata sobre la fiabilidad de este tipo de evaluación y lo presenta como un mecanismo para ahorrar trabajo y personal. Pero el valor real seguramente hay que buscarlo en su contribución a que los estudiantes interioricen los estándares que se espera que alcancen, de manera que ellos puedan supervisarse y mejorar la calidad de sus propias actividades antes de entregarlas [4].

Siguiendo con las ventajas de la autoevaluación y la evaluación entre iguales, la primera supone un elemento clave en el aprendizaje autónomo del alumno de forma que refuerza su autoestima y su capacidad, así como su motivación. En la segunda, también llamada coevaluación o evaluación cruzada, es el docente el que organiza la distribución de las actividades a corregir entre el alumnado y en la cual es fundamental el uso de rúbricas que guíen a los estudiantes en la corrección del trabajo de sus compañeros [2].

Una rúbrica es un conjunto de criterios de evaluación detallados para los que se establece una escala de puntuación en base al nivel de objetivos conseguidos. Son útiles para evaluar objetivamente el progreso de los estudiantes y darles una evaluación formativa por parte del profesor, pero también imprescindibles en la autoevaluación y evaluación entre iguales [2].

## 3. Contexto de la experiencia docente

En este artículo se presenta la experiencia docente diseñada y llevada a cabo en la asignatura de Ingeniería del Software de la titulación de Ingeniería Informática de la Universitat Jaume I de Castellón. Esta asignatura ha sido adaptada al EEES en un proceso de mejora continua a través de distintos proyectos de mejora e innovación educativa a lo largo de diversos cursos, siendo los resultados obtenidos apreciables [5, 6]. Por otra parte, las experiencias llevadas a cabo en la misma resultarán útiles en la implantación de una asignatura

sobre el mismo tema en el Grado en Ingeniería Informática de dicha universidad.

Como novedad se ha conjugado con el método de los contratos de aprendizaje, trabajo cooperativo y el eportfolio que se viene usando con éxito desde hace unos años, el uso de la evaluación entre iguales aprovechando la participación del profesorado en un Seminario Permanente de Eficacia Docente en Informática, cuyo tema de estudio actualmente es la autoevaluación y evaluación entre iguales.

### 3.1. Sistema de evaluación

La implantación del contrato de aprendizaje ha sido adaptada a las características de la asignatura, de manera que se ofrece un modelo de contrato al alumnado el cual se negocia a principio de curso. Progresivamente se han ido modificando los pesos de cada elemento presente en este modelo, así el examen final, que suponía un 70 % de la nota final en el modelo tradicional, se ha convertido en diferentes pruebas de evaluación continua que suponen un 40 %. El resto del peso de la nota está repartido entre las prácticas, un 30 %, que se realizan en grupo y se entregan a través de un eportfolio [5]; y ejercicios y actividades entregables, un 30 %, que se entregan con carácter individual pero que en ocasiones se trabajan previamente de forma cooperativa [6].

En este artículo se presenta el diseño, ejecución y valoración de una de las actividades incluidas en el contrato de aprendizaje. Como novedad introducida en este curso y expuesta en este artículo, dicha actividad se ha evaluado mediante autoevaluación y evaluación entre iguales. Siguiendo los aspectos a considerar en [2] se hace un repaso de los elementos del sistema de evaluación relacionados con la actividad de forma que sirva de ejemplo.

La **competencia** que se pretende conseguir con la realización de la actividad es que el alumno sea capaz de determinar los requisitos de los sistemas de información y comunicación de una organización atendiendo aspectos de seguridad y cumplimiento de la normativa y legislación vigente. Como resultado de aprendizaje que se espera evaluar para certificar la consecución de la competencia el alumno debe ser capaz de analizar, especificar y validar los requisitos de un sistema software utilizando los métodos y herramientas adecuados.

La especificación de requisitos es un tema complejo dentro de la disciplina de la ingeniería del software, que requiere de horas de práctica por parte del alumno y de una oportuna retroalimentación por parte del profesor. Es necesario dedicarle tiempo por parte de los alumnos, así como diversas correcciones por parte del profesor, por tanto es una actividad candidata para que los alumnos aprendan unos de otros mediante la evaluación entre iguales.

La **programación y el diseño de la actividad** se ha realizado en distintos niveles de progreso tal como se explica a continuación, con la finalidad de conseguir dichos objetivos formativos.

- **Ejercicio previo:** la actividad se plantea como un ejercicio previo a una sesión de teoría en la cual se explican los fundamentos y plantillas que existen para la especificación de requisitos. La idea es que el alumno intente realizar una primera versión de la especificación de un caso de uso del caso práctico que se trabaja en clase a partir de la plantilla, la explicación de los campos proporcionada y la rúbrica disponible. Tanto la especificación como la reflexión o dudas del aprendizaje son colgadas en el eportfolio<sup>1</sup> de forma que el profesor puede hacer una primera valoración del ejercicio realizado y está en disposición de distribuir el trabajo para su evaluación entre compañeros. El profesor solo controla que el ejercicio esté hecho no le da una puntuación. Pero la realización del 80 % de todos los ejercicios previos del curso supone un 10 % de la nota final con la máxima calificación independientemente de su grado de corrección. Esto motiva al alumnado, puesto lo que se pretende es que vaya a clase con dudas, ya habrá tiempo después para otorgar una evaluación sumativa.
- **Trabajo práctico durante la sesión de teoría:** el profesor realiza una explicación tanto de la plantilla de especificación como de la rúbrica. De esta forma los alumnos saben que es lo que se espera que hagan en la actividad y pueden trabajar la especificación realizada preguntando al profesor y a los compañeros. Se trabaja en grupos de tres alumnos colaborativamente, puesto que esta actividad individual sobre el caso práctico después se integra en el proyecto de prácticas en el cual es necesario desarrollar todo el catálogo de requisitos.
- **Actividad como entregable, autoevaluación y evaluación entre iguales:** después de la sesión de teoría el alumno debe finalizar su actividad de forma individual y entregarla en la correspondiente tarea del Aula Virtual<sup>2</sup>. Para ello dispone de la rúbrica explicada en clase que más tarde usará para evaluar a sus compañeros pero que en primer lugar le ha de servir para autoevaluarse y decidir si su actividad está lista para ser evaluada por los compañeros. Finalmente, el profesor distribuye los trabajos y revisa todo el proceso tal como se explica en la siguiente sección.

Los **criterios de evaluación o rúbrica** que se proporciona al alumno se puede observar en la Figura 1 y

<sup>1</sup>Implementado sobre Mahara (<http://mahara.org/>)

<sup>2</sup>Implementada sobre Moodle (<http://moodle.org/>)

Formulari d'avaluació

Críteris	Nivells			
CCM (1 punt): Compliment Condicions Mímines (diagrama de CU i especificació CU, RD, RNF i RM).	4=No apareix l'especificació del cas d'ús o del requisit de dades. O no s'han utilitzat les plantilles adjents.	6=No apareix l'especificació del requisit no funcional o del requisit de maquinari. Falten molts dels camps de les plantilles per reomplir.	8=No s'ha inclòs el diagrama de CU. Falten alguns dels camps de les plantilles per reomplir.	10=S'ha inclòs el diagrama de CU, l'especificació d'un CU, d'un requisit de dades associat, d'un requisit no funcional i d'un requisit de maquinari. Tots els camps de les plantilles estan reomplits.
EE: Expressió Escrita (2 punts).	4=Hi ha incorreccions ortogràfiques, tipogràfiques, lèxiques i d'estil i al text li manca coherència i consistència en la redacció. L'activitat no té les dades identificatives de la titulació, assignatura, activitat, alumne, data, etc.	6=L'ortografia i la tipografia són correctes, però hi ha errades lèxiques, paraules tècniques mal utilitzades o barbarismes. O hi ha incorreccions d'estil i manca de coherència i consistència (hi ha paràgrafs inconnexos i contradiccions). El format dificulta la lectura, comprensió i correcció.	8= Des del punt de vista formal (ortografia i estil) el text és correcte, però li manca coherència i consistència. El format no dificulta la lectura, comprensió i correcció.	10= El text és correcte des del punt de vista formal i té consistència interna. S'han utilitzat correctament els convenis respecte als noms dels requisits, forma de definir les accions, etc. El format facilita la lectura, comprensió i correcció.
CU: Cas d'Ús (3 punts).	4=El cas d'ús no s'ha redactat al nivell adequat. La descripció del cas d'ús no segueix el format de la plantilla (p.e. el sistema per si sol no s'encarrega de res sinó que permet diferents funcionalitats). Confusió entre la descripció i les accions definides. S'ha triat un cas d'ús massa simple (p.e. compost per una sola acció). S'han inclòs accions físiques i no informàtiques. En les accions s'ha indicat com es duen a terme i no què és el que cal fer.	6=S'ha deixat algun camp de la plantilla buit. La descripció del cas d'ús no és completa ni detallada (p.e. s'utilitza el mateix verb o similar en el nom i en la descripció), la descripció no aporta més informació que el nom, no s'ha comprès el cas d'ús i no s'han descrit correctament les accions. Falten accions importants per al desenvolupament del CU. Falten les excepcions.	8=No s'ha definit de forma adequada les accions i/o estan poc detallades. No s'han definit de forma adequada les precondicions i postcondicions. Les excepcions no estan ben lligades a les accions. Falta alguna acció.	10=S'ha definit de forma completa i detallada, especificant correctament totes les accions i els altres camps de la plantilla. Les accions són correctes, expliquen què és el que cal fer i no en falta cap.
RD: Requisit de Dades (2 punts).	4=Confusió entre un requisit de dades i alguna de les funcions que cal executar sobre les dades. O no s'han detallat molts camps de les plantilles buits. O no s'han detallat les dades específiques.	6=S'ha triat un requisit massa simple (p.e. client). Barreja de diversos requisits de dades en un sol. S'ha deixat algun camp de la plantilla buit. Falten dades específiques essencials per al requisit de dades.	8=Falten alguna dada específica per al requisit de dades.	10=S'han definit de forma completa i detallada les dades específiques i els altres camps de la plantilla.
RNF: Requisit No Funcional (1 punt).	4=No és tracta d'un requisit funcional, sinó un requisit de RRHH o d'organització del treball. S'ha definit un requisit no funcional de massa baix nivell (p.e. SO, SGBD) o de software.	6=La descripció del requisit està poc detallada, encara que estiga adaptada al cas pràctic.	8=El requisit no està adaptat al cas pràctic però la descripció és detallada i completa.	10=El requisit està adaptat al cas pràctic i la descripció és detallada i completa.
RM: Requisit de Maquinari (1 punt).	4= No és un requisit de maquinari. S'ha definit un requisit de maquinari massa general (p.e. PC, impressora).	6=La descripció del requisit està poc detallada.	8=El requisit no està adaptat al cas pràctic però la descripció és detallada i completa.	10=El requisit està adaptat al cas pràctic i la descripció és detallada i completa.

Figura 1: Rúbrica proporcionada para la autoevaluación y evaluación entre iguales del catálogo de requisitos.

se usa tanto en la autoevaluación como en la evaluación entre iguales.

El **tipo de evidencia** que el alumno tiene que presentar como resultado de su aprendizaje tal como se ha explicado con anterioridad está graduado de forma que el aprendizaje del alumno y la retroalimentación que recibe es progresivo. Al realizar el ejercicio previo se enfrenta por primera vez a un caso práctico e intenta aplicar la teoría, a su vez el profesor puede dar una orientación si ve que no se han cumplido unos mínimos de esfuerzo que ve que hagan que no se va aprovechar la sesión de teoría. El ejercicio previo se entrega pero no se evalúa con una calificación numérica. Durante la sesión de teoría se trabaja en grupo sobre el caso práctico y la especificación y se tiene la ayuda del profesor. Una vez finalizado el trabajo se completa en casa y se entrega en forma de actividad que si que será evaluada tanto de forma sumativa como formativa y supone un tanto por cien de la nota final según lo especificado en el contrato que en este caso era del 10 %.

La **retroalimentación** como se ha comentado es progresiva de forma que el alumno tiene información sobre su progreso en la actividad antes de entregarla para ser evaluada. Mediante el uso de los talleres de evaluación entre compañeros del Moodle no solo va a recibir retroalimentación por parte del profesorado, sino también de sus compañeros y todo ello en los plazos marcados por el profesorado.

Finalmente, en el **contrato** está especificado qué ha-

cer cuando no se han logrado los objetivos propuestos y cómo se pueden recuperar.

### 3.2. Realización de la actividad de evaluación entre iguales

La realización de esta actividad así como del resto de las que incluye el contrato se controla a través del Aula Virtual implementada sobre Moodle. En el caso de la actividad se ha configurado un taller de forma que se permite el control tanto del proceso de entrega como del de evaluación entre iguales y del de revisión del profesorado a través de la plataforma.

Este sistema frente al típico de repartir los trabajos en clase permite automatizar el proceso y que toda la retroalimentación quede registrada y accesible al alumno de una forma clara y coherente, bajo la supervisión del profesor.

Para configurar el taller hay que indicar desde los datos generales de la actividad, pasando por las condiciones del envío hasta los criterios de evaluación o rúbrica con la que se desea llevarla a cabo (ver Figura 1). En la Figura 2 se pueden observar las diferentes fases por las que debe pasar el taller para llevar a cabo la evaluación entre iguales.

## Taller per a la coavaluació de requisits (Activitat 1) ?

Fase de configuració	Fase de tramesa	Fase d'avaluació	Fase de qualificació de les avaluacions	Tancament
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establiu la introducció del taller</li> <li>✓ Especifiqueu les instruccions per la tramesa</li> <li>✓ Editeu el formulari d'avaluació</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Especifiqueu les instruccions per l'avaluació</li> <li>✗ Assigneu les trameses esperades: 30 trameses: 18 per assignar: 1</li> <li>ⓘ Hi ha com a mínim un autor que encara no ha tramès la seva feina.</li> <li>ⓘ Inici de les trameses: diumenge, 18 novembre 2012, 16:00 (Fa 91 dies)</li> <li>ⓘ Data límit per trametre: dimecres, 21 novembre 2012, 23:55 (Fa 87 dies)</li> <li>ⓘ Les restriccions de temps no se us apliquen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ⓘ Inici de les avaluacions des de dijous, 22 novembre 2012, 00:00 (Fa 87 dies)</li> <li>ⓘ Data límit de l'avaluació: dil·luns, 26 novembre 2012, 10:00 (Fa 83 dies)</li> <li>ⓘ Les restriccions de temps no se us apliquen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Calculeu les qualificacions de la tramesa esperades: 30 calculades: 17</li> <li>✗ Calculeu les qualificacions de l'avaluació esperades: 30 calculades: 17</li> </ul>	

Figura 2: Fases de la tarea de autoevaluación.

#### 4. Lecciones aprendidas

En esta sección se detallan algunas de las reflexiones propias sobre la implantación de esta experiencia docente y aportaciones realizadas por los compañeros del Seminario Permanente de Eficacia Docente en Informática en el cual se analizó dicha experiencia.

Las principales dudas ante la introducción de la evaluación entre iguales, van desde las técnicas, por la dificultad que a priori puede suponer el gestionar el taller, puesto que no es tan intuitivo ni rápido como una simple tarea, hasta la reacción por parte de los alumnos ante la posibilidad de poder decidir en la nota de sus compañeros. El decidir si se debe negociar a principio de curso con los alumnos si, como es el caso, un 10% de la nota final va a ser evaluada mediante coevaluación es un tema que se discutió en el Seminario Permanente. Si bien hay parte del profesorado que piensa que no es necesario hablarlo con los alumnos, si se han establecido las bases de un contrato de aprendizaje es positivo para reforzar su confianza. En favor de la primera opción, estaría el hecho de que a priori se les dice a los alumnos las actividades o pruebas que se incluyen en el sistema de evaluación, pero no quien las va a evaluar.

En cualquier caso, la explicación del cómo se va a llevar a cabo el proceso y sus beneficios bajo la supervisión del profesor tranquiliza al alumno y le hace tener una actitud activa. Infunde confianza a los alumnos saber que el profesor puede y revisa las correcciones, así como que el proceso de evaluación entre compañeros puede ser anónimo para lo cual es necesario cambiar los permisos que la plataforma da por defecto.

Desde el punto de vista técnico del uso de Moodle y aunque este no es imprescindible para llevar a cabo la experiencia, es conveniente realizar una prueba previa

para familiarizarse con el uso del taller, de determinados parámetros, del paso de una fase a otra, etc. Por ejemplo durante la fase de envío no es visible la rúbrica, solo lo es durante la fase de evaluación, y por lo tanto si se quiere usar para el ejercicio previo y como autoevaluación previa a la entrega de la actividad es necesario colgarla por ejemplo en pdf en la misma Aula Virtual.

Respecto al proceso de revisión, si solo se revisa una actividad se recibe la máxima nota como corrector, si se revisan más de una se pueden usar distintos algoritmos (más estricto o menos) para calcular la nota final como corrector. Las notas recibidas por la realización de la actividad y como evaluador se visualizan separadas en el apartado de calificaciones, siempre que el taller se haya incluido dentro de una categoría incluida en el calificador.

También es interesante la reflexión de hasta que punto la actividad que van a entregar ha de servir solo como entrega para que aprendan o también va a sumar para la nota final, qué es lo que se desea conseguir. Es decir, va a ser solo evaluación formativa, o también sumativa. Está claro que si los alumnos no reciben ningún tipo de compensación sumativa o retroalimentación dejan de hacer las actividades propuestas, pero la evaluación entre iguales les permite obtener una retroalimentación y por lo tanto en ocasiones se puede valorar obviar la evaluación sumativa.

Finalmente, como punto a mejorar cabe destacar el de la rúbrica, puesto que es la clave para que el proceso funcione. En tareas complejas el uso de la rúbrica y su posterior mejora en base a los comentarios de los alumnos hace que en la siguiente ocasión que se implemente la actividad sea mucho más fácil para los alumnos llevar a cabo las correcciones. También es importante señalar la diferencia entre un grupo de alumnos que

nevera ha utilizado este tipo de evaluación y otro que sí, ya que cuanto más acostumbrados estén los alumnos a usarlo más fácil será llevar a cabo la experiencia.

## 5. Conclusiones

Los principales beneficios del uso de la evaluación entre iguales junto con los contratos es la de ofrecer a los alumnos una visión global de su proceso de aprendizaje de forma que tengan que participar activamente en él para adquirir cada vez mayor nivel de autonomía y también de responsabilidad.

La evaluación entre iguales tiene además otros beneficios entre los que destacan:

- fomentar el pensamiento crítico,
- ayudar a ver los propios errores cometidos y a presentar un modelo de cómo corregirlos, no académico sino realizado por un igual,
- valorar el propio trabajo de forma crítica y el de otros compañeros,
- poner en valor el trabajo de corrección del profesorado,
- y en definitiva resulta un gran apoyo en el aprendizaje del alumno porque le puede proporcionar retroalimentación desde su misma perspectiva.

Desde el punto de vista de la experiencia es positivo que los alumnos la valoren con el fin de mejorar tanto el proceso como su contenido, como puede ser la rúbrica. En este caso se les pasó a los alumnos un cuestionario en el cual el 81 % opinaba que la experiencia les había sido útil en el aprendizaje sobre cómo especificar requisitos, y el mismo porcentaje se mostraba partidario de repetir el proceso de evaluación entre iguales en otras actividades de la asignatura, puesto que consideraban que la evaluación les había ayudado a ver cuáles eran los errores que había cometido. Mientras que a un 71 % les había resultado útil la rúbrica para la auto-evaluación. En el caso de la corrección del trabajo de sus compañeros la rúbrica les había sido de utilidad al 100 % del alumnado. En cualquier caso, el alumnado proporcionó un lista de mejoras concretas que se podían incluir en la rúbrica desde su perspectiva, lo cual permitirá que el profesorado pueda mejorarla para posteriores cursos.

Por lo tanto, se puede observar que la evaluación entre iguales no solo puede servir para responsabilizar al alumnado de su aprendizaje, sino que además puede beneficiar la mejora continua de la docencia.

Respecto a los comentarios que hizo el alumnado en el cuestionario se puede observar que la mayoría ve positivo el hecho de analizar el trabajo que ellos han realizado y que otra persona ha desarrollado desde otro punto de vista. En algunos casos el inconveniente de la experiencia estaba relacionado con la corrección

de algún trabajo que no cumplía los requisitos mínimos. Puesto que en estos casos el alumno evaluador no 'aprende' realmente al estar el trabajo demasiado incompleto. Para solucionar este problema es conveniente para posteriores experiencias que el profesorado haga una revisión previa del trabajo para ver que se cumplen unos mínimos antes de realizar las asignaciones de evaluación entre iguales.

## Agradecimientos

Las autoras agradecen el apoyo y los comentarios realizados a la experiencia docente expuesta en este artículo y analizada en el marco del Proyecto de Innovación Educativa (10G136-329) del Grupo de Innovación Educativa en Eficiencia Docente en Informática. Ambos financiados por la Unitat de Suport Educatiu de la Universitat Jaume I.

## Referencias

- [1] F.J. García Bacete and R. Grangel Seguer. Aplicació dels contractes d'aprenentatge en l'assignatura 'Aplicacions per a la gestió de l'Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió'. In *Formació del professorat davant la convergència europea. Actes V Jornada de millora educativa*, 2005.
- [2] A. Cadenato and M. Martínez. *L'avaluació en el marc de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES)*. Institut de Ciències de l'Educació (UPC), 2008.
- [3] M. de Miguel Díaz (coord.). *Metodologies de ensenyanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: orientación para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Alianza, cop., 2006.
- [4] G. Gibbs and C. Simpson. *Condiciones para una evaluación continuada favorecedora del aprendizaje*. Institut de Ciències de l'Educació (UB y Ediciones Octadro), 2009.
- [5] R. Grangel, C. Campos, C. Rebollo, and I. Remolar. El eportfolio en la Ingeniería del Software como una herramienta de reflexión en el proceso de aprendizaje. In *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática (JENUI 2011)*, pages 45–51, 2011.
- [6] R. Grangel, C. Campos, V. Verde, and C. Rebollo. Aprender a aprender estudiando la Ingeniería del Software. In *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática (JENUI 2010)*, pages 197–204, 2010.
- [7] A. Gómez-Rodríguez, J.C. González-Moreno, D. Ramos-Valcárcel, and F.J. Rodríguez-

- Martínez. Evaluación de competencias en ingeniería de software mediante competición. In *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática (JENUI 2012)*, pages 137–144, 2012.
- [8] H. Przesmycki. *La Pedagogía de contrato: el contrato didáctico en la educación*. Graó, 2000.
- [9] T. Franquet Sugrañes, D. Marín Consarnau, M. Marqués, and E. Rivas Nieto. El contrato de aprendizaje en la enseñanza universitaria. In *4<sup>o</sup> Con. Int. sobre Docencia Universitaria e Innovación, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la U. de Barcelona*, pages 1–15, 2006.
- [10] M. Valero and J.J. Navarro. Una colección de metáforas para explicar (y entender) el eees. In *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática (JENUI 2010)*, pages 293–300, 2010.

# Revisando el concepto de examen y el de planificación

Antonio Polo Márquez  
Departamento de Ingeniería de Sistemas  
Informáticos y Telemáticos  
Universidad de Extremadura  
Cáceres  
polo@unex.es

## Resumen

En este trabajo analizamos cómo han evolucionado los conceptos de examen y planificación docente en nuestras asignaturas en los últimos cursos.

Uno de los principales objetivos del examen es determinar el nivel de adquisición de competencias del alumno al final del proceso de aprendizaje. Sin embargo, otro uso que podemos hacer es el de determinar el nivel de formación del alumno en el momento de inicio del proceso de aprendizaje. La definición y medida de estos niveles resultan esenciales para determinar el incremento efectivo de aprendizaje individual. Pero para aumentar ese incremento, se requiere una planificación dinámica de las actividades de aprendizaje, que deben adaptarse en cada caso al nivel del alumno que las realiza.

En este trabajo se presentan los principios que hemos aplicado para adaptar los exámenes tradicionales a evaluaciones cuya finalidad es obtener mejoras individualizadas y la transformación de los temarios en planificación de actividades conservando la base de contenidos que subyace en el programa tradicional. Para ello se propone una estrategia de evaluación en la que son claves los exámenes de desconocimiento para medir el punto inicial de formación del alumno. Y se analizan diferentes tipos de planificaciones hasta alcanzar una basada en actividades relacionada con los contenidos. Finalmente se propone representar los incrementos de aprendizaje individual, de equipo y de curso evaluando las actividades de equipo en ciclos iterativos en los que sus componentes asumen un papel diferente dentro del equipo en cada ciclo.

## Abstract

In this paper we analyze how our examination and planning concepts have evolved in our teaching work. One of the main objectives of the exam is to determine the level of skill acquisition at the end of the student's learning process. Yet another use we can make is to determine the student's skill level at the

time of start of the learning process. The definition and measurement of these levels are essential to determine the actual increase learning individual. But to increase this rise, we need to plan dynamic learning activities, which should be adapted in each case to the level of every student. In this paper, we have applied the principles to adapt traditional exams to obtain evaluations aimed at individualized improvement and transformation of business planning agendas in keeping the content base that underlies the traditional program. We propose an evaluation strategy in which exams of unknown are starting point to measure the student's training. Furthermore, we discuss different types of schedules to achieve based on content-related activities. Finally we propose several kinds to represent increases for individual learning, team and course, by means of team activities evaluated in iterative cycles in which its components assume different roles within the team in each cycle.

## Palabras clave

Examen de desconocimiento, créditos ECTS, EEES, aprendizaje holístico, adaptación docente al conocimiento del alumno.

## 1. Introducción

La mejora del proceso de aprendizaje no debe ir en contra de las metodologías tradicionales, sino que lo que pretende es resolver determinados problemas que de forma recurrente han permanecido en nuestras aulas. Uno de ellos es la necesidad de adaptar el aprendizaje al nivel particular de cada alumno y otro es cómo planificar las actividades para alcanzar los objetivos de formación que se persigan.

Estos problemas se han hecho más patentes en la evolución del modelo docente de los últimos años. El modelo inicial estaba basado en el grupo de clase y la planificación partía de una programación teórica en temas compartimentados. Mientras que actualmente, el modelo combina el aprendizaje individual y en

equipo y su planificación se basa en actividades que abordan problemas completos que simulen el trabajo real.

Uno de los problemas es que al intentar maximizar el aprendizaje individual se choca frontalmente con la impartición docente en el aula. El entorno de aprendizaje grupal tiene la ventaja de que permite la mejora individual a partir del intercambio entre los alumnos, pero la docencia suele enfocarse a la “media” de ellos. Eso supone que aquellos alumnos que no alcancen ese nivel medio no podrán seguir el avance del grupo, quedándose rezagados, mientras que los que se encuentren por encima de esa media permanecen ociosos a la espera de que llegue el momento de algo de su interés, que en muchas ocasiones no aparece, y en otras cuando llega pasa desapercibido por estar el alumno ausente.

El problema se agrava si pensamos que, según cada aspecto de aprendizaje, puede que el mismo alumno se encuentre dentro o fuera de la media, de modo que es muy probable que todos hayan experimentado las situaciones frustrantes anteriores en más de una ocasión durante el curso.

Sería deseable, por tanto, determinar el nivel de las competencias iniciales y proporcionar un mecanismo de avance personalizado en el que cada individuo obtuviera el máximo aprovechamiento según su nivel inicial y conociendo el nivel final que se quiere alcanzar. La definición y medida de estos niveles son esenciales para determinar el incremento efectivo de aprendizaje individual.

Pero, para aumentar ese incremento, se requiere una planificación dinámica de las actividades de aprendizaje, que deben adaptarse en cada caso al nivel del alumno que las realiza. De ahí la importancia de revisar el concepto de planificación que proponemos como segunda cuestión en este trabajo y analizar cómo ha evolucionado en nuestras asignaturas en los últimos cursos.

En este sentido, la noción de tiempo de trabajo, como moneda de cambio fundamental en el EEES, nos ha llevado a revisar el proceso de planificación de aprendizaje. En efecto, si medimos en créditos ECTS la formación de un alumno, podríamos plantearnos el siguiente principio: “Si un alumno que aprovecha al máximo el 100% de créditos de una asignatura debe obtener un 10, entonces un alumno que aproveche el 50% (o mínimo exigido) de los créditos de una asignatura debería obtener un 5, es decir, debería haber alcanzado el 50% de la formación que se imparte.” Esto evidentemente no es aplicable en la mayoría de asignaturas actuales. Pero, ¿se podría diseñar un currículum que se ajustara a ese principio maximizando el aprendizaje individual? En este trabajo partimos de un modelo educativo basado en el aprendizaje holístico de las competencias y la adaptación al nivel de formación e interés de cada alumno, que

- NA11. Nivel de formación del alumno al iniciar la asignatura
- NA12. Nivel de formación del alumno al terminar la asignatura
- NMim1. Nivel mínimo de formación para abordar la asignatura.
- NMim2. Nivel mínimo de formación para obtener el aprobado en la asignatura
- NMax. Nivel máximo de formación previsto en la asignatura

Figura 1: Valores de nivel de formación.

intenta aportar una respuesta afirmativa a esta cuestión.

Para la planificación es esencial definir los objetivos de aprendizaje. La enseñanza tradicional ha incidido en los contenidos, de forma que su enseñanza estaba orientada a la organización comprensiva de los mismos. Sin embargo, muchas de las competencias de las que se habla hoy día no son solamente cognitivas, se necesitan competencias específicas y transversales que en la mayoría de los casos son de tipo pragmático (saber hacer).

La medida cambia, de forma que ahora son más importantes las actividades prácticas y los resultados que de ellas se obtienen, y no sólo los conocimientos para poder realizar esas actividades. El principio de aprender haciendo se aplica especialmente en enseñanzas como la Informática. Esto lleva a considerar la noción de carga de trabajo del alumno como la medida para evaluar la consecución de los objetivos de formación. El examen escrito da paso a la resolución de actividades prácticas estimándose el tiempo que debe dedicarse a cada actividad y la calidad mínima de los resultados obtenidos. ¿Por qué entonces seguimos planteando los programas de las asignaturas como un conjunto de contenidos en lugar de un conjunto de actividades?

En este trabajo se presentan los principios que hemos aplicado para adaptar los exámenes tradicionales a evaluaciones cuya finalidad es obtener mejoras individualizadas y la transformación de los temarios en planificación de actividades conservando la base de contenidos que subyace en el programa tradicional.

En primer lugar se analizarán los valores necesarios para medir el proceso de mejora individual y posteriormente se estudia la integración de trabajo y contenidos en una planificación orientada a actividades. Finalmente se propone el uso de estas dos ideas para representar los avances a nivel individual, de equipo de trabajo y de curso.

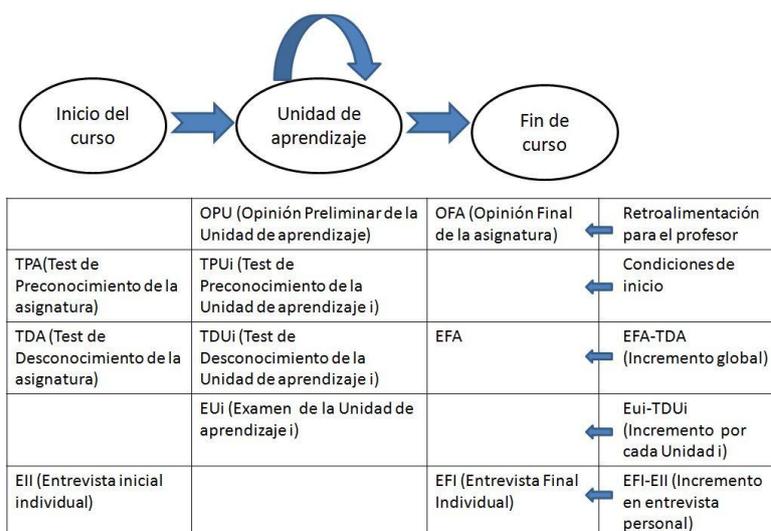


Figura 2: Estrategia para realizar los diferentes tipos de exámenes.

## 2. Formación y mejora individual frente al colectivo

### 2.1. El nivel de formación como objetivo de mejora

Para evaluar el nivel de formación en competencias es necesario comparar los niveles que fija el docente como objetivo y los que alcanza el alumno. Tradicionalmente, sólo se trabaja con el nivel que el profesor exige a final de curso, el cual debe coincidir con el que se va impartiendo en cada clase, de forma que la asistencia resulte orientativa al alumno para saber el nivel que luego se va a exigir en el examen final.

Como ya hemos comentado, esto puede suponer que el alumno no alcance el nivel y quede retrasado. En los casos extremos, cuando la mayoría está en esta situación, la asignatura se convierte en un hueso, mientras que en el caso opuesto puede que el nivel medio de la clase esté por encima de lo que exige el profesor y la asignatura sea una María.

Si nuestro objetivo no es la asignatura, ni el profesor, sino mejorar el nivel de las competencias de cada alumno con la máxima calidad, será necesario definir los niveles que aparecen descritos en la Figura 1.

Como veremos, todas estas medidas serán necesarias para estimar el nivel de mejora del alumno, tanto relativo a su mejora personal como relativo a los niveles medios estimados en la asignatura.

De forma tradicional, en asignaturas basadas en el examen final, el profesor sólo usa el NMin2 y lo compara con el nivel NAI2, pues aunque conoce los niveles NMin1 y NMax, en la práctica sólo tiene que fijar el nivel NMin2 para compararlo con los niveles

NAI2 que obtengan los alumnos a final de curso, y luego ordenarlos y clasificarlos para asignar las calificaciones correspondientes.

Por su parte, el alumno como mucho sólo puede llegar a atisbar cuál podrá ser su nivel NAI2 después de realizar el examen final y con suerte, comparando los pesos de las pruebas parciales y las correcciones que de ellas se hicieron durante el curso.

### 2.2. Actividades para comparar niveles de formación individual

Parece claro que esas medidas son necesarias, pero ¿cuándo y cómo conseguirlas?

En la Figura 2 se propone un conjunto de momentos claves para realizar pruebas a los alumnos y el tipo de prueba que se realiza.

Se han distinguido de forma general como momentos claves el inicio y fin de curso, así como el inicio y fin de lo que hemos denominado *unidades de aprendizaje*, que corresponden con la noción de tema, bloque, fase, unidad, actividad,... según establezca cada profesor.

En cada caso, se han establecido las siguientes actividades para medir el nivel de competencias que posea el alumno.

#### Al inicio del curso

- *Test de preconocimiento de la asignatura.* Consiste en preguntar sobre aquellos conceptos básicos que el profesor supone que el alumno debe conocer y que serán esenciales para poder entender la asignatura. Pueden referirse a áreas de conocimiento muy diversas y constituyen los requisitos de la asignatura.

- *Test de desconocimiento de la asignatura.* Similar al examen final tipo de la asignatura que se realizará al final del curso. Consiste en seleccionar los conceptos esenciales de la asignatura, que se supone que el alumno ignora y preguntar sobre su conocimiento a los alumnos antes de su estudio. La mayoría de las preguntas de un examen se pueden intentar contestar por simple razonamiento, e incluso si se desconoce la terminología se puede intentar razonar por el contexto. Se animará al alumno a que intente realizar estas pruebas, similares a las que se le propondrán al final de curso o indique cómo abordaría las mismas.
- *Entrevista o evaluación inicial individual.* Si el número de alumnos lo permite, esta actividad es la que más información puede dar al profesor. Debe realizarse contando con los resultados de las actividades anteriores. En caso de que el número de alumnos o el tiempo disponible del profesor no lo permita, se puede seleccionar a aquellos alumnos que presenten evaluaciones “anómalas” con respecto a los exámenes anteriores para diagnosticar la causa y proponer soluciones cuanto antes.

#### **Durante el curso**

Antes de cada unidad de aprendizaje se realizarán las siguientes actividades, similares a las anteriores:

- *Test de preconocimiento de la unidad de aprendizaje.*
- *Test de desconocimiento de la unidad.* Antes de proporcionar el material de la unidad.
- Proporcionar el material de estudio y estudiarlo.
- *Opinión tras la lectura y estudio del material.* Debe realizarse antes de iniciar las actividades de ese bloque o tema [1].
- Impartición de la unidad de aprendizaje.
- *Examen de la unidad de aprendizaje.* Debe estar basado en el test de desconocimiento.

Es muy importante el orden que se propone y que se realice la opinión del material antes de iniciarse la unidad de aprendizaje.

#### **Al final del curso**

También al final del curso se realizarán las siguientes pruebas similares a las anteriores:

- *Examen final.* Muy similar al que se propuso al inicio del curso.
- *Opinión de la asignatura.* Para obtener una retroalimentación del alumno para futuras ediciones de la asignatura.

- *Entrevista o evaluación personal final.* En la que se estimará y evaluará el progreso realizado por el alumno y el nivel comparado con el resto de compañeros de curso. Esta prueba debería tener un gran peso sobre la calificación final de la asignatura.

### **2.3. La importancia del examen de desconocimiento**

Utilizar los exámenes finales el primer día de clase puede parecer una idea absurda, y muchos profesores pueden estar en contra de esta opción al pensar que se resta valor al examen final. Pero examinado fríamente, todo son ventajas, pues el alumno conoce el nivel que se va a exigir y, en la mayoría de las ocasiones, le ayuda a entender los objetivos de la asignatura, además aumenta su motivación y dispone de más tiempo para analizar y resolver las cuestiones claves de la asignatura que se le han planteado.

Para el profesor, le ayuda a conocer el tipo de alumno que tiene en su clase, sus limitaciones iniciales y puede detectar qué aspectos del programa ya conoce y cuál debe tratar más en profundidad si lo ignora completamente. Si son exámenes de tipo test se pueden obtener interesantes medias del conocimiento de la clase. Además, puede ayudar al profesor a tener que replantearse el tipo de examen que debe usar, ya que en estos casos es poco útil indicar conceptos simples o memorísticos que el alumno puede buscar de inmediato.

En el caso de las opiniones personales, que debe entregar el alumno nada más leer el material, sirven para detectar errores en el mismo, interés y motivación de los alumnos y en definitiva disponer de pistas fiables para adaptar las actividades a las necesidades del alumnado. Esta adaptación puede realizarse tanto en el momento de impartir la materia (*teaching just in time*) [2] como de cara al futuro cuando se revise el material.

Una cuestión importante es que al inicio de un curso o semestre los alumnos están más descansados y aceptan satisfactoriamente este tipo de pruebas, ya que no suelen realizarse en la mayoría de asignaturas. Además, su grado de compromiso es nulo, ya que si el alumno lo suspende no va a significar nada inicialmente en su calificación. Un posible problema del examen de desconocimiento es que el alumno no le dé importancia a los exámenes de desconocimiento e incluso intente realizarlo mal a propósito para aumentar el incremento de aprendizaje final con menos esfuerzo. Para evitarlo, el examen de desconocimiento debe puntuar positivamente, en cuyo caso la tendencia natural del alumno es responder positivamente.

## 2.4. Análisis de la mejora individual en el contexto del curso

Al inicio de curso nos podemos encontrar que el valor del Nivel de formación del alumno al iniciar el curso (NAI1) se puede encontrar en alguna de las zonas que se reflejan en la Figura 3, y que podemos interpretar de la siguiente forma:

- Zona (1). El alumno no debería cursar la asignatura o al menos debería tomar una formación complementaria en los aspectos que se hayan detectado. Aunque *legalmente* pueda cursar la asignatura se le debe advertir de las posibles dificultades que pueda tener cuando lo intente.
- Zona (2). Es la situación habitual y en la que deben encontrarse la mayoría de los alumnos
- Zonas (3). Se realizarán exámenes adicionales de mayor complejidad, que redefinan un nuevo nivel de partida (superior al nivel NMin2) y permitan alcanzar el nivel NMax o superior.
- Zona (4). Si el alumno termina todos los exámenes en la zona (4), entonces es candidato a obtener la convalidación de la asignatura o indicarle que, probablemente, obtendrá muy poco aprovechamiento de nuestra asignatura. Debería llegarse a un acuerdo para redefinir nuevos niveles de aprendizaje, pero asegurándole que ya ha alcanzado el nivel correspondiente en la asignatura y que ya está aprobado en el examen final. ¿Para qué perder tiempo y esfuerzo el alumno y el profesor?

En las comparaciones del valor NAI2 al final de curso es fácil deducir si se ha superado la asignatura, pero también es de gran utilidad comparar el grado de mejora con respecto al nivel inicial. Creemos que es conveniente incluir este grado de mejora en la ponderación de la nota final para considerarlo en el proceso de evaluación.

## 3. Integrando planificación de esfuerzo y de contenidos

### 3.1. La carga de trabajo como medida de formación

Si queremos planificar el desarrollo de competencias basadas fundamentalmente en actividades, entonces nuestro programa debería consistir en indicar el método de trabajo y las actividades que se vayan a desarrollar, más que en indicar los contenidos teóricos.

Evidentemente esta es una afirmación extrema, pues en Ingeniería es esencial disponer de un modelo teórico sobre el que desarrollar los métodos y técnicas de trabajo. Sin embargo, está claro que al menos la planificación debería orientarse más hacia actividades

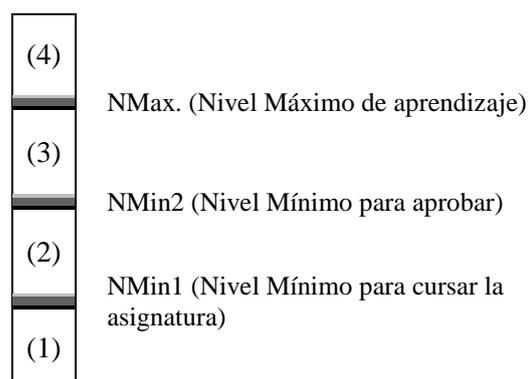


Figura 3: Zonas en las que puede estar NAI1 (Nivel de formación del alumno al iniciar el curso)

y métodos de trabajo que el ingeniero vaya a utilizar en su futuro trabajo.

De esa forma, la planificación no basa en temas o aspectos teóricos, sino en las fases de una metodología de trabajo y en el tipo de problemas que se estén resolviendo.

Por ello, el trabajo realizado, como por ejemplo el número de actividades realizadas, sería la medida de la formación alcanzada. Se trata de asegurar que el alumno ha realizado las actividades, y también de exigir un mínimo a la calidad del proceso de cada actividad y al resultado de la misma. Esta medida se adapta a la especificación de asignaturas basadas en créditos ECTS, aunque seguimos pensando que es fundamental indicar qué otros componentes de formación ha debido adquirir el alumno y, naturalmente, los relativos a aspectos de contenidos como se han referido en los programas clásicos de las asignaturas.

De esa forma, es necesario presentar el programa como una lectura procedimental a modo de guión de las actividades que debe desarrollar el alumno y, de otra parte, se necesitan representar los conocimientos o modelo teórico que se aplicará para resolver esas actividades, asegurándose una formación científica en el campo objeto de estudio.

La solución consiste en definir el conjunto de actividades y asociarlas con los conocimientos teóricos que debe ir adquiriendo simultáneamente para poder desarrollarlas.

Esta es la propuesta que hemos tomado en nuestras asignaturas y que ejemplificamos a continuación con un modelo general.

### 3.2. Tiempo y disposición de contenidos

El programa de una asignatura suele centrarse en sus contenidos teóricos, cuya disposición suele reflejarse en forma de índice de un libro. La lectura lineal de este índice es la que suele planificarse habitualmente a lo largo del tiempo disponible en la asignatura. Esto tiene dos importantes implicaciones:

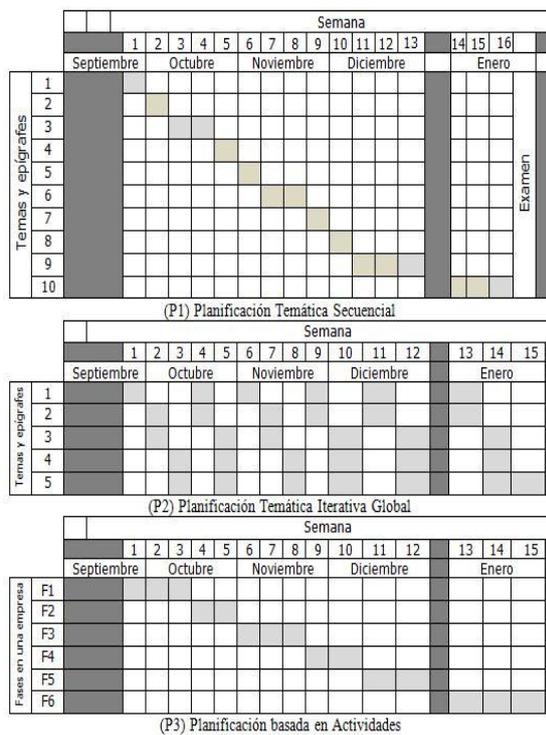


Figura 4: Tipos de planificaciones.

1. La visión global del contenido de la asignatura sólo se alcanza al final del curso (Se refleja cada vez que escuchamos: “Eso ya se explicará más adelante cuando toque”).
2. Es difícil integrarse en cualquier momento en el curso si no se ha asistido a las clases anteriores (Se refleja cada vez que escuchamos: “Eso ya se ha visto en los temas anteriores”).

Este tipo de planificación creemos que dificulta la didáctica de métodos de ingeniería en los que debemos obtener resultados inmediatos a los problemas. Para ello necesitamos aplicar todos los conocimientos del campo de estudio sin compartimentar. Lo único que debe variar es el tipo o la complejidad del problema.

Esto nos conduce a una planificación centrada en actividades frente a la clásica centrada en contenidos. Creemos que es conveniente que en dicha programación “convivan” ambos aspectos. De una parte las actividades en las que aparezcan reflejados los objetivos descritos a nivel de competencias que se desean potenciar, y de otra los contenidos conceptualmente clasificados para que puedan consultarse.

### 3.3. Tipos de planificaciones

Para la presentación del programa se suele proponer una tabla de doble entrada en la que aparezca la secuencia de actividades que van a realizarse durante

el curso, y de otra parte, los contenidos o modelo teórico que vaya a desarrollarse.

Si se toman como filas las actividades, significará que adoptamos como núcleo base del programa lo que tradicionalmente se ha denominado “Prácticas de la asignatura”. Sin embargo, en la programación clásica las prácticas suelen presentarse como elementos independientes, que se justifican en base a los contenidos que se vayan desarrollando en la parte del programa de “Teoría de la asignatura”. En nuestras planificaciones “Prácticas” y “Teoría” se asimilan, respectivamente, a lo que hemos denominado “Desarrollo de la asignatura” o parte técnica de la misma, y “Modelo teórico” o conceptos teóricos de la misma. El Modelo define los objetos y operaciones básicas que permiten conceptualizar los problemas del mundo real, y se proporciona una metodología de trabajo para resolver dichos problemas aplicando ese modelo. El programa de la asignatura se presenta como la aplicación de esa metodología utilizando herramientas, es decir, el programa se centra en la Técnica del campo de estudio.

Las aproximaciones que hemos probado nos han conducido a considerar los siguientes tipos de planificación que se representan en la Figura 4.

**(P1) Tipo de planificación temática secuencial.** El primero responde a una planificación basada en el recorrido lineal del índice jerárquico del programa de contenidos. Se trata de un recorrido en profundidad de dicho árbol [3]. La idea es dividir los conceptos según van apareciendo y profundizar en cada parte hasta conocerla exhaustivamente.

**(P2) Tipo de planificación temática iterativa global.** En el esquema de tipo (2), se realiza una variante del recorrido en anchura del árbol de conceptos [3], en cada paso del recorrido se estudian todos los subproblemas del mismo nivel sin profundizar exhaustivamente en cada uno de ellos, hasta agotar todos los niveles que definen la profundidad máxima del árbol. En cada paso se revisan los conceptos ya estudiados, de forma que se parte del subárbol ya estudiado como un todo antes de iniciar la ampliación en cada una de sus hojas.

Este esquema nos conduce a que la planificación no aporta apenas información, ya que indica que se van a recorrer todos los temas en cada iteración. La información más importante es el número de iteraciones que se van a desarrollar y su duración y ubicación temporal.

Un aspecto importante es que este tipo de planificación invita a revisar el programa para obtener un árbol de contenido lo más equilibrado posible. El objetivo es profundizar *en todo* el modelo conceptual en cada una de las fases, por lo que parece adecuado que la complejidad en cada subnivel de los subcon-

Rol asignado al alumno (1..4)					
Sprint	Alum1	Alum2	Alum3	Alum4	Notas Equipo 1
Sprint1	1	2	3	4	N-Sprint1-E1
Sprint2	2	3	4	1	N-Sprint2-E1
Sprint3	3	4	1	2	N-Sprint3-E1
Sprint4	4	1	2	3	N-Sprint4-E1
Sprint5	1	2	3	4	N-Sprint5-E1
Notas Alumnos	N-Alum1	N-Alum2	N-Alum3	N-Alum4	N-Final-Equipo1

Figura 5: Hoja de cálculo para evaluar individualmente y por equipos.

ceptos esté equilibrada y presente la misma carga global.

**(P3) Tipo de planificación basada en actividades.**

Para evitar el problema de la información redundante de contenidos, hemos adoptado finalmente el modelo (3) de planificación. En él destacamos los siguientes conceptos:

1. El programa está orientado a la resolución de problemas (Aprendizaje Basado en Problemas).
2. Debe subyacer una metodología de trabajo iterativa en la que se introduce el concepto de mejora en la resolución del problema, o se afrontan en cada iteración problemas más complejos.
3. Los problemas deben crecer en complejidad y la complejidad se aplica a varios aspectos del problema y no sólo a uno.

#### 4. Medidas de nivel de formación y esfuerzo

El apartado anterior hace referencia al conjunto de actividades y conceptos generales que a nivel de curso se planifican, pero la evaluación de la formación final se realiza sobre personas individuales. Como ya hemos comentado, cada persona presenta características, intereses y niveles de formación inicial diferentes. El principal problema en el entorno docente que estamos planteando, surge al intentar evaluar los avances de formación a tres niveles: la del grupo de clase, reflejado en los objetivos de la asignatura, la de los equipos de trabajo, que proporcionan las soluciones finales a los problemas que deben resolver, y la de los alumnos individuales. Para estos últimos, utilizaremos las medidas de nivel de desconocimiento/conocimiento que se han discutido al inicio de este trabajo.

#### 4.1. Formación mínima y esfuerzo individuales y colectivos

La medida de la consecución de los objetivos de formación siempre es relativa. Cada año, no sólo cambian los alumnos, sino también el conocimiento del propio profesor, sus objetivos y sus niveles de exigencia. Es necesario introducir mecanismos que permitan controlar y limitar esta subjetividad.

La solución que proponemos es el uso de contrato como mecanismo de acuerdo de qué se espera de una y otra parte a la hora de realizar la evaluación.

Nótese que el nivel de desconocimiento inicial del alumno puede condicionar su esfuerzo. Y si exigimos a todos el mismo esfuerzo, el nivel de formación final no debería ser el mismo si parten de diferente nivel de conocimiento. ¿Qué debemos primar entonces? ¿El nivel de formación final, el incremento de aprendizaje adquirido o el esfuerzo dedicado al aprendizaje?

Es posible que la mayoría de los profesores realicemos una combinación de todos estos parámetros para calificar. En todo caso, debemos disponer de herramientas que nos permitan seguir la evolución en cada una de estas dimensiones.

#### 4.2. Planificación individual y colectiva

Con las medidas que se han sugerido, en realidad estamos realizando planificaciones de esfuerzo y formación. En cualquier planificación, no sólo nos interesa conocer la estimación propuesta sino compararla con el resultado finalmente obtenido para analizar el desarrollo de las actividades planificadas.

En nuestro caso, y con las medidas que se han propuesto en la Figura 1 y la Figura 3, se pueden definir gran cantidad de indicadores tanto a nivel individual comparando los valores entre sí, como a nivel de equipo y de curso aplicando medias de dichos valores.

Por ejemplo, en los partes de registro que deben entregar los alumnos, se especifica el tiempo aproxi-

mado en realizar cada tarea, expresado en pomodoros (1 pomodoro=25 minutos). Por lo que se pueden calcular valores absolutos y medios sobre el esfuerzo realizado.

Si llamamos  $N\text{-Final-Equipo}X()$  a la función que evalúe el trabajo realizado por el equipo  $X$ , podemos disponer de los datos de equipos e individuales.

En nuestro caso los equipos desarrollan de forma iterativa diferentes sprints a lo largo del curso, usando metodologías ágiles (Scrum). Se definen en cada equipo tantos papeles (roles) como integrantes haya en dicho equipo, y los alumnos van rotando en su papel en cada sprint. En cada sprint se valora el trabajo asociado a cada papel y se obtiene una media ponderada entre ellos, esta es la función  $N\text{-Sprint}(i)\text{-Equipo}(j)$  que utilizamos para evaluar el trabajo del equipo  $E_j$  en el Sprint  $S_i$ . Esto permite obtener posteriormente, una calificación individual para cada alumno a partir de las calificaciones que obtuvo en cada sprint en el papel que le fue asignado.

Se pueden utilizar herramientas como gráficos de control [4] para detectar aquellos casos que se desvíen excesivamente de la media.

Estos datos se pueden representar de forma gráfica en hojas de cálculo como la que se muestra en la Figura 5. En este ejemplo se muestran las asignaciones de roles para un equipo de 4 alumnos que ha desarrollado un trabajo en 5 sprints. Nótese que se deben definir tantos roles como alumnos intervengan en el equipo y cada rol se define con responsabilidades de carga de trabajo aproximada. Las notas de cada alumno  $j$  ( $N\text{-Alum}j$ ) se obtiene con las medias de las notas obtenidas para cada Sprint y que sustituirán en la tabla de ejemplo al papel que tiene asociado en cada Sprint. El valor  $N\text{-Sprint}x\text{-Equipo}l$  del sprint  $x$  del equipo  $l$  se calcula mediante una media ponderada con los valores de las notas de todos los roles en ese Sprint. La nota final del equipo  $l$  ( $N\text{-Final-Equipo}l$ ) es también una media ponderada a partir de las notas obtenidas en todos los Sprints para ese equipo. Gráficas de este tipo nos permiten realizar comparaciones de mejora individual, de equipo y de curso. Este modelo se puede refinar para evaluar sólo actividades o competencias.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se reflexiona sobre los conceptos de examen y planificación, y cómo pueden utilizarse para la mejora del aprendizaje individualizado de nuestros alumnos y la introducción de programas orientados a las actividades que se desarrollen duran-

te el curso y no frente a los contenidos sin perder estos últimos.

El modelo propuesto para utilizar diferentes tipos de exámenes, no sólo permite medir el incremento de aprendizaje del alumno, sino que proporciona de forma inmediata información sobre su nivel de formación desde el inicio. Dicha información puede servir de guía para una enseñanza dinámica orientada a las necesidades del alumno en cada momento.

Como herramienta complementaria para conseguir ese dinamismo se propone una planificación orientada a una enseñanza práctica, basada en actividades, y de tipo global, aplicando técnicas de desarrollo en equipos de forma iterativa.

Además, se proporciona una estrategia para obtener indicadores tanto del trabajo en equipo como de la labor individual realizada por sus componentes, evaluando los diferentes roles que se definen en cada fase de desarrollo del trabajo.

La aplicación de estos principios nos ha conducido en los últimos cursos a modificar la planificación de las asignaturas en las que se han aplicado, originando la clasificación de planificaciones en diferentes tipos, desde una planificación basada en temas teóricos a una basada en desarrollo de trabajos en equipo.

Los principales problemas que hemos encontrado en la aplicación de estas ideas y sobre los que estamos trabajando son:

- Facilitar la preparación y corrección de exámenes adecuados a cada nivel.
- Reutilizar y adaptar contenidos personalizándolos para cada nivel de formación.
- Gestionar de forma eficiente grupos numerosos de alumnos.

## Referencias

- [1] Alfredo Prieto. Richard Felder gurú del aprendizaje inductivo. Disponible en: [http://profesor3punto0.blogspot.com.es/2012\\_10\\_01\\_archive.html](http://profesor3punto0.blogspot.com.es/2012_10_01_archive.html)
- [2] M. Prince and R. M. Felder. The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. In *J. Coll. Sci. Teaching*, 36(5), 14-20 (2007).
- [3] Alfred V. Aho, J. E. Hopcroft and Jeffrey D. Ullman. *The Design and Analysis of Computer Algorithms*. Addison-Wesley, 1974.
- [4] Myron T. Tribus. Quality Management in Education. In Myron Tribus' Essays Collection. Disponible en <http://www.qia.com.au/pages/Tribus.html>

# Evaluación continua: análisis cuantitativo del esfuerzo del profesor versus el rendimiento del alumno

José-Luis Poza-Luján, Carlos T. Calafate, Juan-Luis Posadas-Yagüe, Juan-Carlos Cano  
Departamento de Informática de Sistemas y Computadores.  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

{jopolu, calafate, jposadas, jucano}@disca.upv.es

## Resumen

El actual marco para los estudios de Grado han supuesto una reformulación de las metodologías docentes basadas en el aprendizaje y la adquisición de competencias. En este escenario, la evaluación debería valorar tanto la asimilación de conocimientos como el desarrollo de competencias que la instrucción persigue. En trabajos previos ha quedado patente que un sistema de evaluación continua cumple con ambos objetivos. Sin embargo, no es menos cierto que estos mismos estudios han dejado de lado la evaluación del esfuerzo requerido para su implementación. En esta comunicación, analizamos y evaluamos el esfuerzo que supone, para el profesorado, la implementación de la evaluación continua en la asignatura "Fundamentos de Computadores", troncal de primer curso del Grado en Ingeniería Informática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universitat Politècnica de València. La experiencia, desarrollada a lo largo de 2 años académicos e implementados en ambos cursos en un grupo piloto de 60 alumnos, cuantifica el incremento real de la carga de trabajo del profesor ante diferentes estrategias de evaluación continua, relacionando éstas con la mejora obtenida en los resultados de los alumnos.

## Abstract

The current scenario for undergraduate studies has led to a reformulation of teaching methodologies based not only on learning, but also on skills and competences. In this scenario, the assessment process should accomplish both the assimilation of knowledge and the development of skills. Previous works demonstrated that continuous assessment is able to meet both objectives. However, those studies do not evaluate and quantify the additional effort required to implement such strategies. In this paper, we assess the additional instructors' effort required when implementing continuous assessment. Our

study involved the "Computer Fundamentals" course, a course in the first academic year of the Computer Engineering Degree at Computer Engineering at the Engineering Computing School of the Universitat Politècnica de València. The experience was implemented during two consecutive courses in a pilot group of 60 students, and it quantifies the instructors' workload increase under different continuous assessment strategies, and how they affect the overall students' grades.

## Palabras clave

Evaluación continua, evaluación formativa, esfuerzo del profesor.

## 1. Motivación

El proceso de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha supuesto un cambio significativo en las metodologías docentes y, de la misma manera, en los métodos de evaluación utilizados [3]. La evaluación clásica, que principalmente se ha estado realizando en los estudios universitarios, consistía en un único examen al final del periodo lectivo del que se obtenía la nota de la asignatura para cada alumno. En cambio, en las nuevas metodologías implantadas en los nuevos Grados Universitarios, el alumno se ve implicado de forma explícita y continua tanto en el trabajo fuera de clase como en el mismo aula y se hace necesario un sistema de evaluación que permita realizar un seguimiento de los logros que el alumno va alcanzado a lo largo del curso [8]. Un sistema de evaluación que, por un lado, estimule al alumno a llevar la asignatura al día para así adquirir, paso a paso, las competencias que cubre la asignatura y que, por otro lado, sirva al profesor como realimentación de los resultados del trabajo que está realizando, y pueda reorientar las metodologías empleadas en caso de ser necesario.

Algunas de las implicaciones de este proceso de convergencia asociado al EEES son ampliamente conocidas y compartidas por los diferentes agentes implicados en la educación superior, véase estructura de los estudios, definición del crédito, y el papel activo del estudiante. Sin embargo, tal y como se indica en [3], existen otros aspectos relacionados con la metodología, como es el caso de la evaluación de los estudiantes, que pueden plantear dificultades en su aplicación práctica y merecen ser objeto de reflexión, adaptación o, en su caso, mejora.

Diferentes trabajos previos han abordado estos temas. En [7] los autores presentan una metodología de evaluación que permite decidir al alumno la evaluación entre un examen final o una evaluación continua basada en una media de tres exámenes. Dicho método se aplica tanto a la parte de teoría como de prácticas.

En [3] los autores realizan un estudio de revisión extenso en el que se analizan los cambios que el trabajo por competencias introduce en el diseño de la evaluación, dedicando especial atención a la tipología de actividades de evaluación, con la finalidad de dotar al docente de instrumentos que le ayuden a aplicar el nuevo paradigma en sus asignaturas. A partir de este estudio, los mismos autores reflexionan sobre la conveniencia de la evaluación continua en el ámbito universitario [4] y presentan un modelo de evaluación continua basado en competencias, particularizando dicho modelo tanto en entornos presenciales como virtuales.

Otros trabajos [6] destacan que la evaluación continua ofrece una visión directa de los progresos y dificultades del estudiante, proporcionando al instructor la información necesaria para adaptar dinámicamente el proceso de aprendizaje.

En el ámbito de la educación universitaria de las Ingenierías, Christofourou et al. [2] presentan una metodología de evaluación continua que persigue la acreditación de los estudios mediante la realimentación y mejora continua del proceso de aprendizaje. Se diseña un modelo basado en la evaluación continua que permite evaluar el proceso de aprendizaje del alumno y, al mismo tiempo, detecta las posibles deficiencias del proceso de aprendizaje. Los autores indican que el modelo se debe acompañar de herramientas que permitan medir de forma cuantitativa el proceso de aprendizaje en términos de competencias y capacidades adquiridas por los estudiantes.

Todos los trabajos anteriores dejan de manifiesto la nueva dimensión que la evaluación continua adquiere en el nuevo marco europeo de educación superior, y reflexionan sobre modelos de aplicación basados en competencias de aprendizaje, así como sobre la necesidad de disponer de herramientas que validen dichos modelos [9]. Sin embargo, en ninguno de ellos se presenta un análisis cuantitativo del esfuerzo que se requiere para proceder a dicho cambio, buscando un compromiso entre esfuerzo y resultados obtenidos por parte del estudiante.

En el presente trabajo se cuantifica el esfuerzo que al profesor le supone la implantación de una evaluación continua, y se compara dicho esfuerzo con las mejoras obtenidas por los alumnos. El estudio se ha realizado durante los cursos 2010-11 y 2011-12 utilizando un grupo de una asignatura, para el cual se adoptó un sistema de evaluación continua. Los resultados obtenidos se han comparado con el resto de grupos de la misma asignatura donde el sistema de evaluación utilizado ha sido únicamente la evaluación final.

Los resultados obtenidos tratan de responder a la pregunta de *cuánto cuesta al profesorado la evaluación continua*, y nos indican que en el caso de incluir la evaluación continua, la carga de la evaluación en relación al resto de tareas de la asignatura pasa a ser de un 50%. En lo que respecta al rendimiento de los alumnos se obtiene un aumento de entre un 4% y un 10%. Finalmente se constata que el aumento de un punto porcentual en el rendimiento del alumno implica el incremento de entre tres y cinco puntos porcentuales de esfuerzo del profesor.

El resto del trabajo se organiza como sigue. En la Sección 2 se describe el marco teórico referente a la evaluación y se contextualiza el estudio. La sección 3, describe la metodología de evaluación continua empleada. En las secciones 4 y 5 se presentan los resultados. En primer lugar se obtiene el esfuerzo del profesor en función de los tipos de prueba realizados para la evaluación y, en segundo lugar, se relaciona con el rendimiento de los alumnos. En la sección 6 se analizan los resultados y se responde a la cuestión acerca del coste de la evaluación continua en términos de eficiencia, comparando el esfuerzo por parte del profesor con el rendimiento obtenido por el alumno. Finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

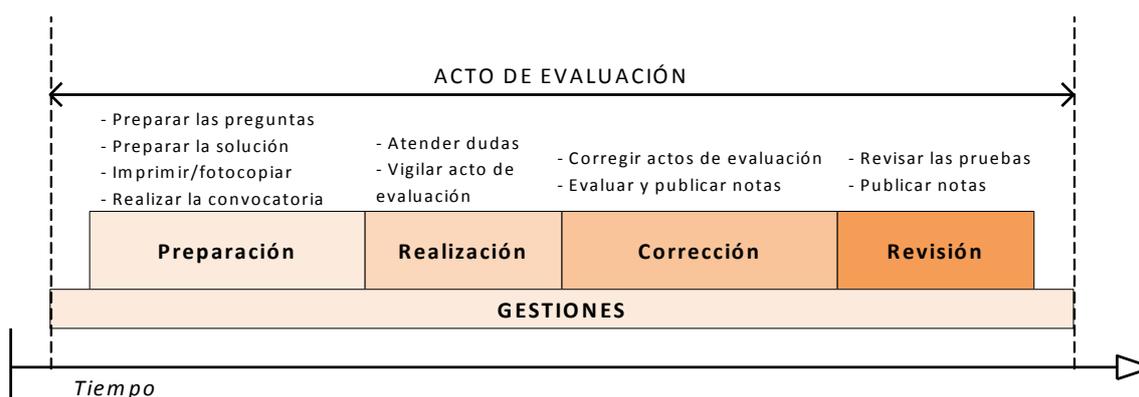


Figura 1: Tareas del profesor relacionadas con la evaluación.

## 2. Marco teórico y contextualización del estudio

El objetivo de esta sección es contextualizar el estudio realizado de acuerdo a su marco teórico y a la situación específica que se quiere estudiar. Para eso se realiza una breve introducción general de las tareas del profesor asociadas a la evaluación continua y, a continuación, se presenta la asignatura objeto del estudio, destacándose sus características más relevantes de cara al estudio que es objeto de este trabajo.

### 2.1. Tareas del profesor relacionadas con la evaluación continua

Hay un cierto consenso sobre la clasificación de los tipos de evaluación a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje en función del tiempo. Los diferentes tipos son: diagnóstica, comúnmente llamada pre-evaluación, formativa, más conocida como continua, y sumativa, denominada habitualmente evaluación final [5].

La pre-evaluación se entiende como aquella que se realiza antes de comenzar la acción formativa y está orientada a conocer el nivel con el que afrontan los alumnos dicha acción. La evaluación continua se realiza a lo largo de toda la acción formativa y tiene el objetivo de proporcionar realimentación, tanto al estudiante como al docente, de cómo se está llevando a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, la evaluación final se realiza a la conclusión de la acción formativa y se emplea para conocer el nivel alcanzado por el estudiante.

En el ámbito del EEES, se entiende por evaluación continua el proceso de valorar la evolución de un alumno a lo largo de todo el curso, en vez de utilizar exclusivamente el resultado de un examen al final para determinar el nivel de conocimientos alcanzado. Aún así, la evaluación continua, al igual que la evaluación final, sigue requiriendo la definición clara de cómo se evaluará al estudiante, así como de los

distintos actos de evaluación mediante los cuales será evaluado a lo largo del curso.

Según la Normativa de Régimen Académico y Evaluación del Alumnado de la Universitat Politècnica de València, se entiende como acto de evaluación “cualquier prueba, ejercicio o examen cuya calificación influya en la nota final de la asignatura”, estando dicho acto limitado a una duración máxima de cuatro horas.

La Figura 1 muestra las diferentes tareas asociadas con cada acto de evaluación: preparación, realización, corrección, y finalmente revisión. A partir de esta clasificación, en la Sección 4 se hará un análisis detallado del tiempo asociado a dichas tareas buscando detectar el incremento de carga que supone agregar un sistema de evaluación continua a un sistema de evaluación final.

### 2.2. Asignatura

Este trabajo se centra en la asignatura de primer curso Fundamentos de Computadores (FCO) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universitat Politècnica de València, puesta en marcha durante el curso académico 2010-2011 siguiendo las recomendaciones del Espacio Europeo de Educación Superior o EEES<sup>1</sup>. Entre los puntos más relevantes sobre los que incide el EEES se encuentra el uso de métodos de evaluación más diversificados que reflejen no solamente los resultados obtenidos por los alumnos en los exámenes, sino también en los experimentos realizados en el laboratorio, presentaciones, trabajos de curso, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos, a la asignatura FCO se le han asignado 6 créditos ECTS distribuidos en sesiones teóricas (25%), seminarios (50%) y sesiones de laboratorio (25%). Los contenidos cubiertos en la asignatura se organizan y secuencian en siete temas: (1) “Introducción a los computadores” al que se le dedican tres horas, (2) “Principios del diseño digital” en el que se emplean doce horas, (3) “Blo-

<sup>1</sup> <http://www.eees.es/es/documentacion>

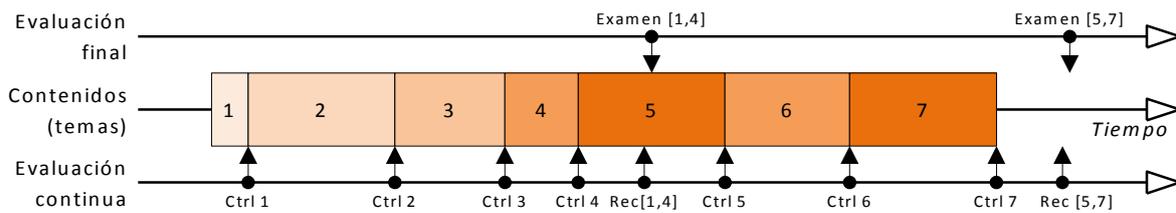


Figura 2: Pruebas realizadas en la evaluación final (parte superior) y evaluación continua (parte inferior) en función de los temas evaluados y del instante de realización.

ques combinacionales básicos” con seis horas, (4) “Circuitos secuenciales” con cuatro horas y media, (5) “Diseño y análisis de sistemas secuenciales síncronos” con una dedicación de diez horas y media, (6) “Representación de la información” con nueve horas y (7) “Introducción al lenguaje ensamblador” donde se emplean quince horas.

Actualmente se están impartiendo por curso un total de 11 grupos de teoría/seminario con un tamaño medio de 50 alumnos por grupo. Cada grupo de teoría/seminario se divide en dos grupos de prácticas para realizar los trabajos del laboratorio, de manera que el profesor dispone de la mitad de los alumnos (alrededor de 25) en las sesiones de laboratorio para así poder dedicarles más tiempo y darles una atención más individualizada.

### 3. Método: evaluación continua implementada

El presente apartado tiene como objetivo detallar el método de evaluación continua empleado durante los cursos 2010-11 y 2011-12. De los 11 grupos donde se imparte la asignatura, se ha seleccionado un grupo de control sobre el que se ha implementado la metodología de evaluación continua. En el resto de grupos se evalúa al alumno a partir de dos controles a mitad y al final del cuatrimestre.

La Figura 2 muestra los instantes en que se realizaron los actos de evaluación continua y de evaluación final en relación con los temas que cubrieron dichos actos.

El eje superior muestra la evaluación final (obligatoria independientemente de que se realice evaluación continua) consiste en la realización de dos exámenes basados en preguntas de desarrollo que evalúan los

contenidos de la asignatura separados en dos bloques. Estos exámenes contienen entre seis y siete preguntas a desarrollar, y se dispone de dos horas y media para su realización. Los dos exámenes finales son comunes para todos los grupos de la asignatura y se realizan fuera del horario lectivo, en un periodo de exámenes reservado por el centro.

La evaluación continua, mostrada en el eje inferior, consiste en la realización de una prueba por cada unidad temática de la asignatura de manera que cada alumno determine su nivel de competencias en cada uno de los temas. Este aspecto es importante puesto que la evaluación continua debe proporcionar al alumno la realimentación adecuada en relación con las competencias a alcanzar.

Todas las pruebas se realizaban en la sesión posterior a la última sesión de cada tema, de forma que se evaluaba el aprendizaje en las distintas sesiones de aula empleando horario lectivo para la realización de las pruebas. En la Figura 2 se etiquetan estas pruebas como “Ctrl.n”, siendo n el tema que se evaluaba en cada prueba. Las normas de evaluación de la asignatura determinan qué parte de la nota final debía provenir de la medición del aprovechamiento del trabajo realizado en el aula. Teniendo en cuenta que el objetivo de las pruebas de cada tema es medir el nivel adquirido en las sesiones de aula, y que los alumnos apenas habían tenido tiempo de preparar dichas pruebas (lo que validaba su nivel de comprensión de los temas, pero no su nivel de aprendizaje de los mismos), se realizaron dos pruebas previas a cada uno de los exámenes en las que los alumnos podían recuperar la nota obtenida en las pruebas de los temas. Estas pruebas están etiquetadas como “Rec 1,4” y “Rec 5,6”. Sus contenidos eran los mismos que los de las pruebas finales.

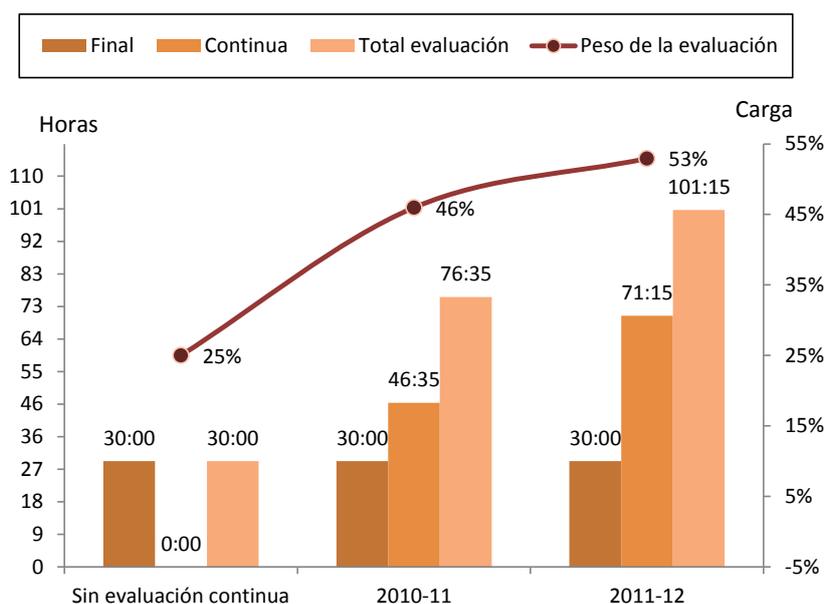


Figura 3: Tiempo invertido en la preparación de los actos de evaluación en función del tipo de pruebas realizadas en los dos cursos en los que se ha realizado el estudio.

Todas las pruebas se realizaban con la posibilidad de consultar los apuntes tomados en clase. De esta forma se fomentaba dicha práctica, lo que facilita la adquisición de los conocimientos por parte del alumnado. Es importante destacar que el tipo de examen determina el tipo de pregunta y por tanto la realimentación que puede proporcionar la evaluación al alumno. En esta línea, durante el curso 2010-11 la evaluación continua se realizó mediante exámenes de tipo test, mientras que durante el curso 2011-12 se emplearon exámenes basados en preguntas de desarrollo. El examen de tipo test requiere de preguntas sobre aspectos concretos con poca carga conceptual. Sin embargo, las preguntas de un examen del tipo desarrollo pueden plantearse desde un punto de vista conceptual más extenso.

Por ejemplo, si se está evaluando el tema de lógica combinacional, una pregunta de tipo test que se realizó consistía en determinar si en una tabla de Karnaugh se habían agrupado las valoraciones correctamente. Una pregunta de desarrollo concerniente al mismo tema consiste en determinar la función combinacional reducida, empleando el método de Karnaugh, a partir de una tabla de verdad. Es por esto último por lo que el número de preguntas de un examen tipo test es considerablemente superior al número de preguntas de un examen de desarrollo, aunque ambos exámenes estén evaluando el mismo tema.

Esta diferencia entre tipos de examen tiene cierta incidencia en varios aspectos del que destaca la información que nos proporciona acerca del aprendi-

zaje del alumno. En la realización de un examen tipo test, el alumno es evaluado en función de su nivel de comprensión de aspectos concretos de un concepto o de un proceso, mientras que en el examen de tipo desarrollo al alumno se le evalúa sobre la comprensión global, especialmente de un proceso. Esto incide en la nota en el sentido de que un alumno puede tener muy claros todos los pasos de un proceso general (como cada uno de los detalles de la simplificación por Karnaugh), pero no saber realizar el proceso completo.

## 4. Resultados: esfuerzo del profesor

En este apartado se describen los resultados de las mediciones relacionadas con la carga que la evaluación continua supone al profesorado. Primero se muestra el aumento de la carga debida a la inclusión de la evaluación continua a lo largo de los cursos en los que se ha realizado el estudio. Posteriormente se analiza, para cada curso, qué esfuerzo supone cada una de las tareas de la evaluación en función el tipo de prueba empleado.

### 4.1. Evolución de la carga del profesor

En la Figura 3 se muestran los datos de horas invertidas en cada tipo de evaluación durante los dos cursos en los que se ha realizado el estudio en comparación con el curso 2009-10 donde no se utilizó evaluación continua. El gráfico de barras (eje izquierdo de ordenadas) muestra el total de horas invertidas en evaluación final, en evaluación continua y el total

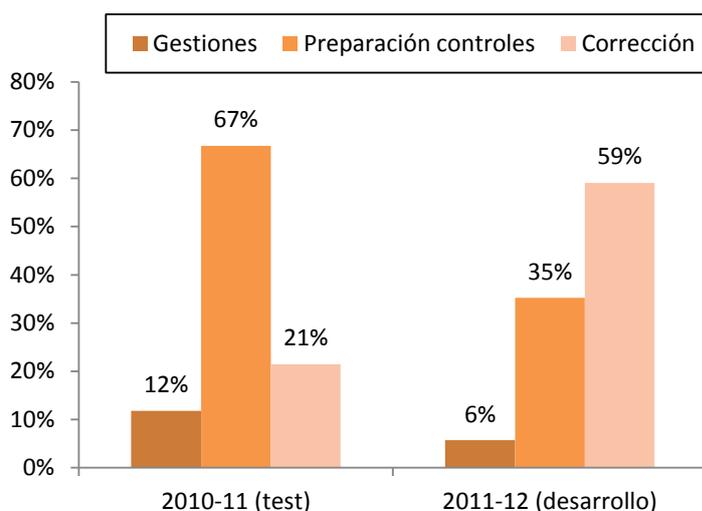


Figura 4: Comparación de los tiempos invertidos por parte del profesor según el tipo de evaluación realizada.

de ambas evaluaciones (carga de la evaluación en horas). El gráfico de línea (eje derecho de ordenadas) muestra la evolución de la carga de la evaluación continua en relación a la carga del resto de la asignatura (gestiones e impartición de la docencia).

Como se puede observar, la inclusión de la evaluación continua incrementa considerablemente la carga, especialmente si se realizan pruebas de desarrollo, ya que éstas implican una mayor inversión de tiempo en la corrección. Se puede observar que, en el caso de incluir la evaluación continua, ésta pasa a consumir más del 50% del tiempo total invertido, por parte del profesor, en el total de la asignatura, es decir incluyendo el tiempo de la preparación y la impartición de la docencia presencial junto a las tareas relacionadas con la gestión y coordinación de la asignatura

#### 4.2. Esfuerzo del profesor según tipo de pruebas

La Figura 4 muestra los porcentajes dedicados a cada una de las tareas descritas anteriormente y vinculadas con la evaluación continua para los dos cursos en los que se ha realizado el estudio. Se puede observar como las tareas a realizar están directamente relacionadas con el tipo de examen empleado para la evaluación. En ambos casos las gestiones de la evaluación son las tareas en las que menos porcentaje de tiempo se invierte. Sin embargo, en la preparación de los controles de tipo test se invierte más porcentaje de tiempo que en su corrección ya que hay que tener más cautela en la presentación del enunciado para asegurar que no introduce ambigüedad respecto a la respuesta correcta en cada caso, más teniendo en cuenta que las posibles respuestas suelen ser relativamente similares entre sí. En el caso de los controles de desarrollo se invierte la tendencia, es decir se reduce

el tiempo de preparación, pero aumenta notablemente el tiempo dedicado a la corrección.

Conocer qué tareas son las que más sobrecargan al profesor permite una mejor organización y planificación de los actos de evaluación. Por ejemplo, para los exámenes de tipo test hay que reservar más tiempo antes de la realización del acto, mientras que para los de desarrollo hay que dedicarles más tiempo después de la realización de los mismos.

### 5. Resultados: Rendimiento de los alumnos

En las secciones anteriores ha quedado patente el notable aumento en la carga del profesor que las nuevas metodologías docentes han acarreado. En esta sección lo que se busca es determinar si, efectivamente, dicha carga adicional se refleja en una mejora significativa en el rendimiento de los alumnos.

Para realizar el análisis de rendimiento se compara el promedio de las notas de la evaluación final de todos los grupos de la asignatura, incluido el grupo de control, con el promedio de la nota de la evaluación final y de la evaluación continua del grupo de control. La comparación se realiza durante los cursos 2010-11 y 2011-12.

Los resultados presentados en la Figura 5 muestran que la notas final del grupo de control, mejora si se ha realizado un proceso de evaluación continua. Este es un dato relevante, ya que indica que el cambio de metodología docente ha tenido un impacto positivo en los resultados del alumnado, en concordancia con otros estudios similares realizados [1]. Concretamente, se detectó que, si la formación continua se efectúa mediante pruebas tipo test la nota continua en grupo de control implica una nota final por encima de la media del resto de grupos de la asignatura. Sin em-

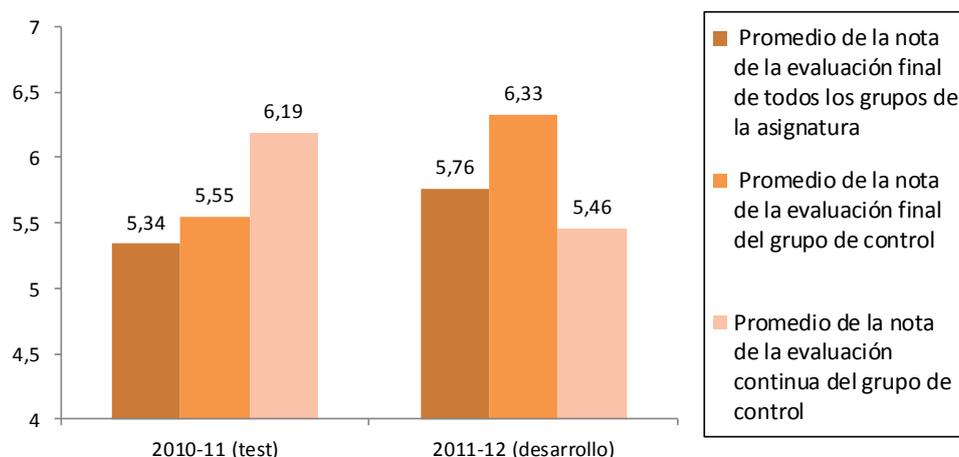


Figura 5: Notas de los alumnos en las evaluaciones continua y final en comparación con el promedio de la asignatura completa.

bargo, con una formación continua basada en pruebas de desarrollo, que ayudan a preparar los exámenes, se consigue un mayor incremento de la nota final; en ese caso hay un claro cambio de tendencia, y la nota media de formación continua del grupo de control pasa a ser más baja que la nota media de la evaluación final.

Estos resultados se deben al tipo de realimentación que proporcionan cada uno de los tipos de exámenes experimentados en el estudio en relación con el tipo de evaluación final realizado en la asignatura. La evaluación final se realizaba por medio de un examen de desarrollo. Los exámenes de tipo test proporcionan información al alumno acerca de su conocimiento en los aspectos concretos de los problemas que se van a evaluar, pero no le dan la información en lo que respecta a los conceptos globales. Además, si las pruebas de la evaluación final son de desarrollo, el realizar preguntas de tipo test sin apenas practicar preguntas de desarrollo hace que el alumno no esté suficientemente entrenado para la realización de la evaluación final.

## 6. Análisis: coste de la evaluación continua

En el estudio realizado, se comprobó que la carga que supone al profesor la evaluación final es del 25% del total del tiempo invertido en la asignatura (gestiones, docencia y evaluación), pero que la inclusión de la evaluación continua aumenta el porcentaje del tiempo dedicado a la evaluación. El aumento de la carga del profesor depende del tipo de examen empleado en la evaluación continua. En el caso de exámenes de tipo test, la evaluación pasa a ser un 46% del tiempo dedicado a la asignatura, mientras que en el caso de emplear exámenes de tipo desarro-

llo, más de la mitad de las horas invertidas en la asignatura pasan a ser dedicadas exclusivamente a la evaluación.

En el Cuadro 1 se compara la mejora de rendimiento del alumno con el sobreesfuerzo que supone para el profesor la realización de la evaluación continua. En lo que respecta al rendimiento de los alumnos que han sido evaluados de forma continua, se constata que mejora su rendimiento, aunque no de una forma significativa. En el caso de usar exámenes de tipo test para la evaluación continua, el promedio de la nota final del grupo de control, superó en un 4% la nota del resto de los grupos. En el caso de emplear un examen de tipo desarrollo, el grupo de control superó en un 10% la nota promedio del resto de los grupos.

Tema	Curso 2010-11	Curso 2011-12
Mejora del alumno	4%	10%
Esfuerzo del profesor	21%	32%

Cuadro 1: Relación entre la mejora en el rendimiento del alumno y el esfuerzo del profesor.

Aunque el rendimiento del alumno ha mejorado, el porcentaje de mejora no se corresponde con el incremento de carga que le supone el profesor el implantar una evaluación continua basada en exámenes. En el caso de la evaluación continua por medio de exámenes de tipo test, cada incremento de un punto porcentual en el rendimiento del alumno, implica aproximadamente un incremento de cinco puntos porcentuales de esfuerzo del profesor. En el caso de la evaluación continua por medio de exámenes de desarrollo, cada incremento de un punto porcentual en el rendimiento del alumno, implica un aumento de tres puntos porcentuales en la carga del profesor.

## 7. Conclusiones y trabajo futuro

La evaluación continua es uno de los principales pilares del Espacio Europeo de Educación Superior, siendo de obligada adopción para las nuevas titulaciones. Al requerir cambios metodológicos es de importancia crucial el evaluar cuál es realmente la carga que supone para el profesorado la adopción de este nuevo sistema.

En este trabajo, a partir de los datos obtenidos a lo largo de dos cursos académicos consecutivos, se ha evaluado el esfuerzo del profesor en la preparación de la evaluación continua utilizando diferentes metodologías de evaluación así como el rendimiento de los alumnos en función del tipo de examen empleado en la evaluación continua.

El estudio muestra que la incorporación de la evaluación continua implica un aumento de la dedicación, y consiguientemente, del esfuerzo del profesor. Dicho aumento puede llegar a suponer que el tiempo dedicado a la evaluación supere el 50% del tiempo dedicado a la asignatura. El empleo de la evaluación continua repercute en un ligero aumento en el rendimiento del alumno. En el estudio realizado, dicho aumento puede llegar a ser de hasta un 10% de la nota.

Como trabajo futuro, se plantea estudiar en qué medida se pueden emplear estrategias para la reducción de la carga del profesor, como la evaluación en línea, la evaluación por pares o la autoevaluación.

## Agradecimientos

Los autores del presente artículo desean agradecer a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y al Departamento de Sistemas y Computadores de la Universitat Politècnica de València el apoyo mostrado en la realización del trabajo.

## Referencias

- [1] Cano, M.-D., "Students' Involvement in Continuous Assessment Methodologies: A Case Study for a Distributed Information Systems Course," *IEEE Transactions on Education*, vol.54, no.3, pp.442-451, Aug. 2011.
- [2] Andreas Christofourou, Ahmet Yigit, Mohammad Al-Ansary, Faridah Ali, Adel Aly, Haitham Lababidi, Ibrahim Nashawi, Aziz Tayfun and Mohamed Zribi, "Improving Engineering Education at Kuwait University through Continuous Assessment," *International Journal of Engineering* Vol 19. N° 6, pp 818-827 2003.
- [3] Ana M<sup>a</sup> Delgado, Rosa Borge, Rafael Oliver, Lourdes Salomón, "Competencias y Diseño de la Evaluación Continua y Final en el Espacio Europeo de Educación Superior", Programa de Estudios y Análisis, Referencia: EA2005-0054. Dirección General de Universidades, 2005
- [4] Ana M<sup>a</sup> Delgado, Rafael Oliver, "La Evaluación Continua en un nuevo Escenario Docente", *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, Volumen 3, N° 1, Abril 2006
- [5] Hanna, GS, & Dettmer, PA (2004). *Assessment for effective teaching: Using context-adaptive planning*. Boston, MA: Pearson A&B.
- [6] Miguel López, "La Evaluación del Aprendizaje en el Aula", Editorial Edelvives, Madrid, 2001.
- [7] David López, Alex Pajuelo, José R. Herrero, Alejandro Duran, "Evaluación continuada sin morir en el intento", *Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática*, 2007 Teruel.
- [8] Lluís Ribas Xirgo y A. Josep Velasco González, "La evaluación continuada en asignaturas numerosas: la experiencia de Fundamentos de Computadores", *Actas de las XV Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática*, 2009 Barcelona.
- [9] Juan Carlos Rodríguez del Pino, Margarita Díaz Roca, Zenón Hernández Figueroa, José Daniel González Domínguez, "Hacia la Evaluación Continua Automática de Prácticas de Programación", *Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática*, 2007 Teruel.

# Plan de evaluación para la asignatura Estructuras de datos y de la información

Julia González Rodríguez  
Departamento de Ingeniería en Sistemas Informáticos y Telemáticos  
Universidad de Extremadura  
Cáceres  
juliagon@unex.es

## Resumen

La enseñanza de conceptos de programación en las Ingenierías Informáticas, en primero de informática necesitan unir a la enseñanza una propuesta de evaluación que involucre al alumnado desde el primer día y que le permita recibir feedback continuo. En la asignatura *Estructura de datos y de la información* hemos diseñado un plan de evaluación partiendo de las competencias, definiendo objetivos de aprendizaje concretos y relacionándolos con los medios de evaluación más adecuados a cada objetivo.

Nuestra evaluación combina tres medios de evaluación: pruebas escritas, proyecto y carpeta de actividades que impulsan el trabajo del estudiante a lo largo del semestre completo.

Este sistema tiene como objetivo favorecer el estudio y la participación activa. Como resultado colateral crece la interacción entre el profesor-estudiante, lo que favorece la relación entre ambos.

## Abstract

Teaching programming concepts in the first year of Computer Engineering needs an evaluation proposal involving the students from day one and allows them to receive continuous feedback.

On the course of "Data structure and algorithms" we designed an evaluation plan based on skills, defining specific learning objectives and relating them to the most appropriate evaluation tools for each objective, and thus to each skill.

Our evaluation combines three evaluation tools: written tests, a project and a set of activities, which drive students work throughout the entire semester. This system aims to promote the study and active participation. And also it increases the interaction between teacher and student, which favours their relationship.

## Palabras clave

evaluación, programación, trabajo continuo

## 1. Introducción

La programación en una titulación de ingeniería informática aparece dentro de las fichas de grado como materia fundamental.

Para los estudiantes es una asignatura motivante, en sus inicios, pero difícil y con resultados no especialmente buenos. Hacerles entender que la programación es una pieza dentro de su formación, que está directamente relacionada con la calidad, con el razonamiento y sobre todo que requiere trabajo continuo es una tarea ardua.

Desde la asignatura de "*Estructura de datos y de la información*" intentamos diseñar una estructura de evaluación que estuviese muy unida a los objetivos de la asignatura, y también a los objetivos de los estudiantes, haciéndoles participar activamente en todas las clases, de grupo grande o de laboratorio, dentro y fuera de clase, involucrándolos también así en una la evaluación continua.

En este trabajo presentamos nuestra experiencia. En la sección 2 explicamos el contexto de la asignatura y parte de su especificación. En la sección 3 mostramos cómo hemos llevado a cabo la experiencia. Analizamos los resultados en la sección 4, finalizando con las conclusiones obtenidas y posibles trabajos futuros.

## 2. Contexto

### 2.1. La materia Programación en los antiguos títulos

Anteriormente las asignaturas de programación se desarrollaban en tres cursos. En el primer curso había 15 créditos divididos en dos asignaturas: "Elementos de Programación (EP)" (anual de 9 créditos) y "Laboratorio de Programación (LPI)" (segundo semestre de 6 créditos).

Tradicionalmente la asignatura del segundo semestre ha tenido una tasa de no presentados mayor que la

asignatura anual y un índice de asistencia a clase menor.

En los últimos cursos logramos que la tasa de no presentados descendiera, pero aún así es preocupante y pretendimos, desde el principio, que este problema no se repitiera en los nuevos grados.

Creemos que una de las razones de la diferencia de resultados entre las dos asignaturas es debido a que la carga conceptual se desarrollaba, tradicionalmente en EP, mientras que en LPI, por su distribución temporal y carga de créditos prácticos, se desarrollaban más trabajos prácticos o proyectos dependientes del contenido de EP. La interdependencia entre las asignaturas que hacía que los alumnos volcasen sus expectativas en aprobar primero EP y después LPI, abandonando directamente la segunda asignatura.

## 2.2. La materia en el plan de estudios del Grado

En los nuevos grados, la división es cuatrimestral, y todas las asignaturas tienen la misma carga de trabajo (6 créditos ECTS). La asignatura “Estructura de datos y de la información”, EDI, es una asignatura de primer curso, de segundo semestre, compartida por los grados en Ingeniería en Informática en Ingeniería de Computadores e Ingeniería en Informática en Ingeniería del Software de la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura<sup>1</sup>.

Esta asignatura es la segunda de la materia programación de los títulos de grado, ya que en el primer semestre está planificada otra asignatura: “Introducción a la programación”, IP, donde tienen el primer contacto con la programación. EDI cambia el paradigma de programación utilizado, introducimos la programación orientada a objetos.

Las dos asignaturas tienen una carga de 6 créditos ECTS divididos en 3,75 créditos de grupo grande y 2,25 créditos de laboratorio.

Actualmente los grupos grandes están por encima de 100 alumnos y los grupos de laboratorio están en una ratio de 15 estudiantes por grupo.

El número de estudiantes matriculados en EDI es superior al de IP, debido a que los estudiantes procedentes de ciclos formativos superiores convalidan la asignatura de IP, convirtiéndose EDI en su primera asignatura de programación en la universidad.

Los contenidos, el desarrollo, la carga teórica y la planificación temporal hace que la distribución de la materia de programación en el grado sea sustancialmente diferente a la existente en los antiguos títulos, tal y como se ha comentado en la sección anterior. Sin embargo, nos enfrentamos a los mismos problemas: altas tasas de abandono y falta de rendimiento.

Para no incurrir en los mismos errores, se ha planificado la asignatura según bloques de actividades, que se basan en cubrir los objetivos de aprendizaje de la asignatura. Los bloques de actividades son, a su vez, bloques de evaluación, con lo que buscamos una relación directa entre los objetivos buscados y los resultados académicos obtenidos.

## 2.3. Competencias, resultados y objetivos de aprendizaje

En nuestro esquema de desarrollo, es imprescindible la formulación de los objetivos de las asignaturas, dependientes de las competencias básicas asignadas. Las dos asignaturas de programación, del módulo de formación básico, IP y EDI, comparten las competencias técnicas:

- FB3 - Capacidad para comprender y dominar los conceptos básicos de matemática discreta, lógica, algorítmica y complejidad computacional, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- FB4 - Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

Además EDI tiene asignadas como competencias transversales o generales:

- CT2 - Habilidades de gestión de recursos de información.
- CT14 - Orientación a la calidad y a la mejora continua.

Utilizando la ficha de grado para la Ingeniería en Informática (publicada en el BOE 187, del 4 de agosto de 2009) y los acuerdos de la comisión de calidad de los títulos, se definieron los siguientes resultados de aprendizaje para las competencias y a partir de ellos los objetivos de aprendizaje según la taxonomía de Bloom [1], organizándolos por niveles: conocimiento, comprensión, aplicación y análisis y relacionándolos con la competencia correspondiente. Los objetivos recogidos son:

### Conocimiento

1. Conocer las metodologías, técnicas y herramientas empleadas en el diseño y desarrollo de programas, fundamentalmente orientado a objetos.
2. Definir los principios fundamentales de la programación orientada a objetos.
3. Enunciar las estructuras de datos más habituales.
4. Conocer las técnicas de prueba de programas.
5. Conocer métodos que permitan estimar la calidad de un algoritmo.
6. Conocer las principales fuentes de información relacionadas con la programación y la resolución de algoritmos.

<sup>1</sup> Plan de estudio de los títulos de Grado en Ingeniería Informática de la UEx: <http://www.unex.es/conoce-la-uex/estructura-academica/centros/epcc/titulaciones/grado>

*Comprensión*

7. Comprender y reutilizar código que hayan sido escritos previamente por otros desarrolladores.
8. Describir por escrito el proceso de desarrollo software, de manera que, tanto el usuario de la aplicación, como otros desarrolladores, sean capaces de entender la solución propuesta, referenciando las fuentes utilizadas.
9. Identificar las estructuras de datos necesarias en un problema, así como la jerarquía de clases más adecuada.
10. Usar correctamente las estructuras de datos y algoritmos básicos según el problema planteado.
11. Determinar los requisitos de un algoritmo para su correcta implementación y su ejecución eficiente.
12. Usar juegos de pruebas para la verificación de programas.
13. Calcular la complejidad de un algoritmo.

*Aplicación*

14. Construir la estructura de datos adecuada para el almacenamiento de los datos del problema a utilizar.
15. Definición de los algoritmos que manejen las estructuras de datos del un programa.
16. Aplicar correctamente una metodología de desarrollo de software orientado a objetos en la construcción de un programa utilizando el paradigma orientado a objetos.
17. Aportar soluciones óptimas al problema planteado utilizando las herramientas aprendidas y recursos bibliográficos adecuados.
18. Depurar adecuadamente los programas, utilizando diferentes herramientas.
19. Incluir software previamente desarrollado como parte de la solución al problema propuesto.

*Análisis*

20. Comparar distintas versiones de un algoritmo, eligiendo el más eficiente.
21. Verificar que las soluciones a un problema cumplen con los objetivos propuestos y que realizan las tareas de forma eficaz .

Establecida la lista de los objetivos, asegurando que todas las competencias quedaban cubiertas, tabla disponible en el programa de la asignatura, se estableció la relación de cada objetivo con los instrumentos de evaluación.

## 2.4. El sistema de evaluación

Basándonos en la estructuración de los objetivos de aprendizaje elaboramos un plan de trabajo y de evaluación acorde a los contenidos concretos. Estos

contenidos fueron marcados por la comisión de calidad y por la comisión del profesorado de la materia programación:

- Tema 1: Introducción a la programación orientada a objetos.
- Tema 2: Análisis y diseño de sistemas orientados a objetos.
- Tema 3: Estructuras de datos lineales.
- Tema 4: Estructuras de almacenamiento secundario.
- Tema 5: Estructuras de datos no lineales.

La normativa de evaluación de nuestra universidad<sup>2</sup> nos obliga a proporcionar mecanismos para que un estudiante pueda superar la asignatura en un examen final, y también nos indica la conveniencia de utilizar la evaluación continua.

La obligación de unir estos dos criterios, la convicción del que trabajo continuado en las asignaturas de programación es imprescindible y la búsqueda de motivación del alumnado (para que no abandone y siga la asignatura “al día), nos llevó a proponer un sistema de evaluación dividido en tres bloques, cada uno con un peso dentro de la nota final:

- Pruebas escritas: 30%. (Exámenes parciales)
- Proyecto de programación: 35% (Análisis, diseño e implementación de un programa)
- Carpeta de actividades: 35%. Diferentes actividades realizadas a lo largo del curso (hojas de clase, ejercicios de autoevaluación, entregas en las sesiones de laboratorio, etc.)

Definidos los bloques de evaluación los relacionamos con los objetivos de la asignatura:

Objetivos	Bloque de evaluación		
	Carpeta	Proyecto	Pruebas
<b>Conocimiento</b>			
Obj 01	X		X
Obj 02	X		X
Obj 03	X		X
Obj 04	X		X
Obj 05	X		X
Obj 06	X		
<b>Comprensión</b>			
Obj 07	X		X
Obj 08		X	
Obj 09	X	X	X
Obj 10	X	X	X
Obj 11	X	X	X
Obj 12		X	
Obj 13	X	X	X
<b>Aplicación</b>			
Obj 14	X	X	X
Obj 15	X	X	X
Obj 16		X	

<sup>2</sup> Normativa de evaluación en la UEX:  
[http://www.unex.es/organizacion/organos-unipersonales/vicerrectorados/vicealumn/normativas/normativas\\_generales/NormativaEvaluacionmodificadaFINAL.pdf](http://www.unex.es/organizacion/organos-unipersonales/vicerrectorados/vicealumn/normativas/normativas_generales/NormativaEvaluacionmodificadaFINAL.pdf)

Obj 17	X	X	X
Obj 18		X	
Obj 19		X	
<b>Análisis</b>			
Obj 20	X	X	
Obj 21	X	X	

Cuadro 1. Relación entre objetivos y bloque de evaluación

Partiendo de esta tabla, Cuadro 1, cada actividad, que pertenece a un bloque, debe especificar el objetivo/s que cubre, y es diseñada de acuerdo a estos objetivos. Por ejemplo:

En la prueba escrita 1, se evalúan los objetivos 1, 2, 5, 7, 8 y 14. Para asegurar que estos objetivos se consiguen, se diseña la prueba (test de conocimientos y problemas) centrándose en ellos. De tal manera que las preguntas del test cubran todos los aspectos teóricos (objetivos de conocimiento) preguntas de interpretación de código (objetivos de comprensión) y también la propuesta de problemas según el contenido tratado (objetivos de aplicación).

Del mismo modo se diseña cada actividad evaluable entregada a los alumnos. En la cabecera de cada actividad se incluyen los objetivos tratados. Ejemplos de estas actividades pueden encontrarse en el sitio web de la asignatura<sup>3</sup>.

Se pretende asegurar que el conjunto de actividades desarrolladas durante el curso cubren todos los objetivos, y por tanto todas las competencias, y también que el estudiante sea consciente de la relación existente entre lo que hace y los resultados esperados.

El plan de evaluación exige, que para aprobar la asignatura es necesario superar, de forma independiente, el bloque de proyectos y el de pruebas, no siendo necesario obtener una nota mínima en la carpeta de actividades.

Los bloques de proyecto y de pruebas son recuperables en las convocatorias oficiales, mientras que el bloque de la carpeta de actividades no es recuperable en ninguna convocatoria. De este modo cualquier alumno podría obtener hasta un 70% de la nota exclusivamente en un examen de convocatoria oficial.

Una vez superado un bloque de evaluación, se guarda su nota durante un curso completo (hasta la convocatoria extraordinaria de febrero en el siguiente curso).

### 3. Experiencia realizada

La asignatura “Estructuras de datos y de la información” comenzó a impartirse en el curso 2010/2011.

Desde entonces el número de estudiantes matriculados ha ido subiendo en cada curso:

	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Ing. Software	90	100	108
Ing. Computadores	46	58	107
<b>Total</b>	<b>136</b>	<b>158</b>	<b>215</b>

Cuadro 2. Evolución del número de matriculados

El número de estudiantes se ha incrementado en la asignatura porque así lo ha hecho en la titulación, especialmente en Ingeniería de Computadores, consiguiendo que se cubran todas las plazas ofertadas en ambos grados. Además, comenzamos sin alumnos repetidores, y cada año se van incorporando.

Los estudiantes están divididos en 2 grupos grandes, repartidos por apellidos no por titulación, y en grupos de laboratorio, en tantos como se obtenga de la ratio de 15 estudiantes por grupo.

Cada alumno recibe por semana, presencialmente, tres sesiones de una hora en grupo grande y una sesión de dos horas en el laboratorio.

La asistencia es desigual a lo largo del semestre. Al inicio la asistencia se aproxima al 70% y va decreciendo hasta tener un 40%, aproximadamente, de estudiantes en clase.

Con estos datos y con el esquema de evaluación elegido, los bloques quedaron diseñados de la siguiente forma:

	Pruebas escritas	Proyecto	Carpeta de actividades
	35%	35%	30%
Contenido	1. POO y ADOO 2. EDL 3. Ficheros y árboles	1. Diseño y modelado 2. Implementación con EDL 3. Inclusión de ficheros y árboles en la aplicación	• Sesiones de laboratorio • Cuestionarios de autoevaluación • Participación en foros de discusión • Hojas de clase

Cuadro 3. Actividades de cada bloque de evaluación

#### *Pruebas escritas.*

Este bloque tiene como objetivo medir la consecución de los objetivos de conocimiento y comprensión, fundamentalmente. Por ello se diseñaron tres pruebas a lo largo del curso:

- Prueba 1: Programación orientada a objetos y diseño orientado a objetos
- Prueba 2: Prueba 1 + Estructuras de datos lineales
- Prueba 3: Prueba 2 + Ficheros y árboles

<sup>3</sup> Tema 05 EDNL:

<https://docs.google.com/folder/d/0B47qwqeA1mwacUIPeVI0MUdKUZg/edit>

La materia de programación se evalúa en conjunto, con lo que ninguna prueba “elimina materia”, preocupación de muchos de nuestros estudiantes, aunque se centra especialmente en los nuevos temas.

Cada prueba consiste en dos partes: una prueba objetiva de conocimientos (tipo test) y problemas que miden la comprensión y la capacidad de aplicación de los contenidos aprendidos.

Para superar el bloque es necesario superar cada prueba individualmente, y dentro de cada prueba obtener una nota mínima en cada parte.

A cada prueba se le asignaron unos objetivos principales, ponderados. En la parte del test se evalúan, generalmente los objetivos de los niveles de conocimiento y comprensión y en los problemas los de análisis y aplicación.

Para cada objetivo se redactan preguntas y problemas, centrándose en cada tema del contenido. Del conjunto de preguntas y problemas propuestos se elige un subconjunto para formar la prueba escrita. A mayor peso de un objetivo en una prueba, mayor número de ítems de este objetivo en la prueba.

Como resultado de este trabajo obtuvimos un documento de plantilla de examen, donde agrupados por objetivos aparecen posibles preguntas o problemas, no totalmente desarrolladas, pero sí como base para generar nuevas pruebas.

#### *Proyecto de programación.*

El proyecto de programación consiste en el análisis, el diseño, la implementación y la prueba de una aplicación siguiendo el paradigma de programación orientada a objetos. Esta aplicación se desarrolla en tres fases:

- Fase 1: diseño de la aplicación. Modelado conceptual
- Fase 2: desarrollo parcial de la aplicación.
- Fase 3: desarrollo y modificación de la aplicación para la inclusión de nuevas estructuras de datos.

El proyecto de programación no pretende evaluar el nivel de conocimiento, si no principalmente el de análisis y aplicación.

Se proporciona a nuestros estudiantes el enunciado de una aplicación, (tienda virtual de discos, simulador de “whatsapp?”, gestión de un canal de televisión), junto con ejemplos de ejecución.

Individualmente, cada estudiante realiza un análisis del problema y un diseño en UML, a nivel conceptual. Cuando el análisis es correcto se comienza un primer desarrollo, en el que se incluyen estructuras de datos lineales. Una vez que terminado este desarrollo, de manera incremental se modifica el proyecto para añadir carga y volcado de datos, a través de ficheros, y manipulación de información con estructuras de datos no lineales, árboles.

Las fases del proyecto coinciden temporalmente con el contenido tratado en los grupos grandes.

Los estudiantes reciben retroalimentación en cada fase, especialmente en el análisis. Las dos últimas fases son defendidas, donde la defensa consiste en una modificación del código generado.

En este bloque se valora la capacidad del alumno de implicarse en la mejora del producto realizado, así como en la aplicación práctica de todos los contenidos tratados en la asignatura.

#### *Carpeta de actividades.*

La carpeta de actividades es el núcleo de esta asignatura, está basado en la idea de la utilización de un portafolio, pero no incorpora la reflexión, por lo que entendemos que la aproximación es diferente y menos ambiciosa.

Aprovechando que el número de estudiantes en el aula, inicialmente, permitía un seguimiento más personalizado, se diseñó el desarrollo de las clases pensando en el trabajo del alumnado en lugar de los contenidos.

La carpeta de actividades se pensó para motivar al alumnado, en involucrarlos en el trabajo.

En esta carpeta es más importante la evaluación que la calificación. Una actividad de la carpeta puede ser evaluada pero no calificada. La escala de valoración utilizada en cualquier actividad de la carpeta es: mal, insuficiente, suficiente, bien y muy bien.

La nota de este bloque se calcula sumando las notas obtenidas en las actividades calificadas.

Las actividades de esta carpeta están divididas en los siguientes tipos: entregas realizadas durante las sesiones en el laboratorio, hojas de clase, cuestionarios de autoevaluación y participación en foros.

El número de actividades calificadas de cada tipo ha variado a lo largo de los cursos, ver Cuadro 4, nos hemos ido adaptando al aumento en la matrícula y a las circunstancias de cada curso.

	2010/11	2011/12	2012/13
Hoja de clase	5	7	3
Sesión de laboratorio	0	8	5
Autoevaluación	0	1	5
Foro	4	2	2
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>15</b>

Cuadro 4. Evolución del número de actividades calificadas

Veamos una descripción más detallada de cada tipo de actividad:

#### *Sesiones de laboratorio*

Las sesiones de laboratorio se diseñan en formato guión. Para cada sesión se realiza un guión con dos versiones, la del estudiante y la del profesor. En el guión se incluye una introducción conceptual, si es

necesario, el trabajo previo que el estudiante debe realizar antes de asistir al laboratorio y una parte final, sólo presente en el guión del profesor que incluye ejercicios a trabajar durante la sesión y la entrega.

El trabajo previo guía al estudiante en el desarrollo de la sesión y le facilita el trabajo a desarrollar y entregar. Aquellos alumnos que no han leído el guión ni trabajado con él previamente, tienen dificultades en terminar la sesión y necesitan tiempo extra fuera de las sesiones de laboratorio.

Si la sesión tiene asignada una entrega calificada, se evalúa y califica en la misma semana, aportando feedback inmediato y personalizado a través del campus virtual.

#### *Foros de discusión*

Para introducir algunos conceptos teóricos se utilizó el debate que se proporciona en los foros de discusión del campus virtual. De este modo se desarrolló la competencia de búsqueda y referencia de información. Los estudiantes buscan información del concepto, lo referencian y envían la información al foro de la asignatura para después discutirlo.

#### *Cuestionarios de autoevaluación*

Al terminar cada tema, y durante una semana, estaba disponible en el campus virtual, un cuestionario de autoevaluación. Los estudiantes disponen de dos intentos y la calificación que pasaba a la carpeta era la más alta obtenida.

#### *Hojas de clase*

En el aula se elimina la clase magistral.

Se diseñan hojas de clase, de manera que se intercala la explicación, de unos 10 minutos con la realización (generalmente en grupos de cuatro) de la actividad propuesta en la hoja.

El tipo de actividad de las hojas es muy diverso. Si los objetivos son de conocimiento existen preguntas de respuesta corta sobre un texto leído. Si son de comprensión, se elabora información, si se trata de análisis se requiere a los estudiantes, por ejemplo, estudiar casos, algoritmos con errores y aportar soluciones. También existen hojas con propuestas de algoritmos sobre las que tienen que trabajar.

El número de hojas de clase resultante es 32, aproximadamente una por sesión de grupo grande. Este mecanismo cambia la dinámica de las clases. El estudiante de primer curso, acostumbrado a no participar, se convierte en un personaje activo dentro del aula que diariamente trabaja con su grupo y toma decisiones. Aparecen dudas y también soluciones. Recibe una retroalimentación inmediata y personalizada, pues mientras se realiza la actividad, el profesor responde a preguntas y realiza aclaraciones. Con este sistema se mejora la relación entre profesor-estudiante.

No todas las hojas son calificadas. Los estudiantes no saben el día que una hoja va a ser calificada, por lo

que no pueden planificar su asistencia a clase. La calificación otorgada en una hoja es la misma para todo el equipo.

Al diseñar cada actividad según objetivos se puede asegurar que el desarrollo de la asignatura cubre los objetivos propuestos y también se puede analizar en qué medida la asignatura está centrada en cada uno de ellos. Además en cualquier momento se puede informar al estudiante de sus deficiencias en términos de objetivo no conseguido.

## 4. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos se corresponden con el curso 2011/2012. Para el curso 2010/2009 sólo existen datos globales, en ese curso la evaluación por la carpeta de actividades no estaba tan claramente definida. En este momento estamos en proceso de recabar los datos de 2012/2013.

Los únicos datos comparativos con las asignaturas de los antiguos datos con los que se cuenta son la tasa de éxito y la de no presentados:

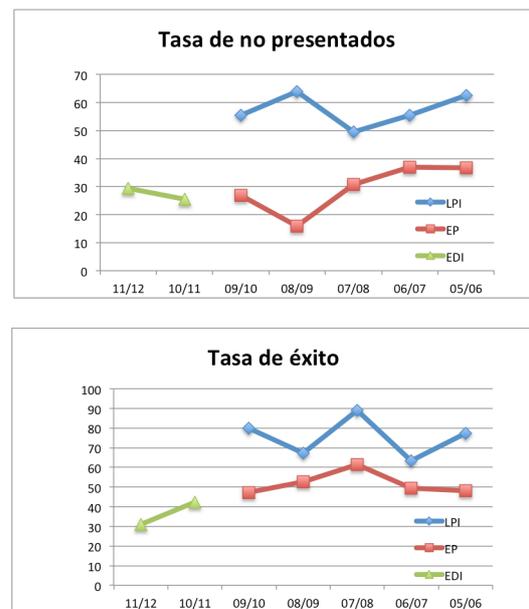


Figura 1. Datos comparativos para las tasas de éxito y no presentados de EDI, LPI y EP

La asignatura que más se aproxima a EDI es LPI, por temporalidad y contenidos. Con respecto a ella, se consigue disminuir la tasa de no presentados, sin embargo obtenemos resultados peores en la tasa de éxito, ver Figura 1. La asistencia a clase también ha aumentado, aunque no se dispone de datos oficiales para avalar este dato.

Las comparaciones con las asignaturas anteriores son insuficientes, por lo que analizamos lo ocurrido en el año 2011/2012.

Las notas finales que aparecen en actas se calculan según el siguiente cuadro:

Pruebas	NP			NCR			Nota	
	NP	NCR	Nota	NP	NCR/Nota	NP/NCR	Nota	
Proyecto								
Nota final	NP/1*	2	3	2	3	3	<b>Media</b>	

*“\*En la convocatoria extraordinaria se obtendrá una calificación final de **No Presentado** cuando se obtengan No Presentado en los bloques Pruebas Escritas y Proyecto y además se hayan entregado menos del 75% de las actividades de la carpeta del estudiante”.*

### Resultados globales

De los 158 matriculados aprobaron 49 estudiantes, 44 en la convocatoria ordinaria de junio, 3 en la extraordinaria de septiembre y 2 en la extraordinaria de febrero. En el global de las tres convocatorias. Ésto da unos datos globales de 41,18% de tasa de éxito y 31,01% de tasa de rendimiento.

En la convocatoria oficial de junio, de los 158 estudiantes, se presentaron 88. 42 aprobaron y 46 suspendieron.

De los 46 suspensos, 38 se presentaron al bloque de proyecto, y 7 aprobaron este bloque.

De los 46 suspensos, 35 se presentaron al bloque de pruebas, 7 aprobaron este bloque.

De los 46 suspensos, 20 suspendieron los dos bloques, el de proyecto y el de pruebas.

De los 46 suspensos, 1 alumno no obtuvo nota media suficiente (un 3,8) por no realizar ninguna actividad del portafolio.

La distribución de notas de la carpeta de actividades entre los suspensos fue la siguiente:

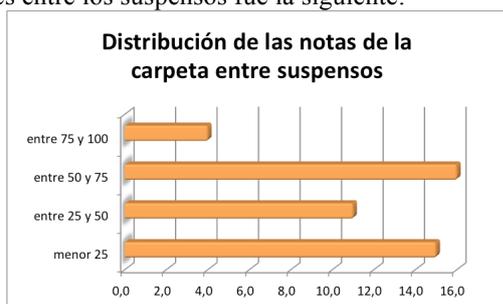


Figura 2. Distribución de las notas obtenidas en la carpeta de actividades por alumnos suspensos

Entre los alumnos con más de 50 puntos, sobre 100, de la carpeta de actividades, 5 de ellos había superado el bloque de proyecto y 2 el de teoría.

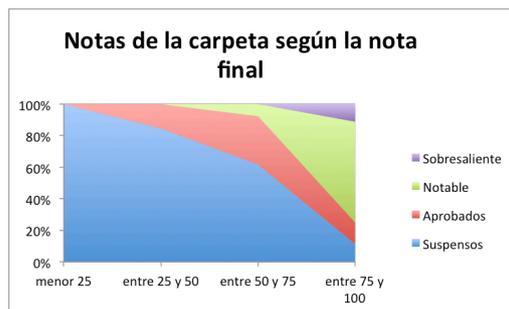


Figura 3. Distribución de la nota final obtenida y su relación con la calificación de la carpeta

Los resultados de la Figura 2 muestran la clara relación entre una buena calificación obtenida y una buena calificación en el bloque de carpeta de actividades. Lo que implica, a su vez, un trabajo continuado durante el curso. Así mismo, la puntuación más baja en la carpeta pertenece, casi en exclusiva, a los estudiante que han suspendido.

Llama la atención que haya alumnos que obtengan buena puntuación en la carpeta y sin embargo suspendan, son 4.

También aparecen casos en los que un estudiante ha asistido regularmente a clase, ha “participado” de las hojas de clase que se hacían en grupo, obteniendo su calificación en las mismas, pero no ha sido capaz de desarrollar el trabajo individual.

Nos sorprende ver cómo hay alumnos que realmente han trabajado, especialmente un caso, que ha obtenido 89 puntos de los posibles y, sin embargo, no se ha presentado al resto de bloques, desconocemos las razones de porqué lo ha hecho.

De los 44 alumnos que aprobaron en junio, 19 lo hicieron sin recurrir a la convocatoria oficial, aprobando las pruebas escritas y las fases a lo largo del semestre.

De todos los alumnos aprobados, sólo uno, en la convocatoria de septiembre superó la asignatura sin haber obtenido puntuación en la carpeta de actividades y sólo tres obtuvieron una nota inferior a 50 puntos.

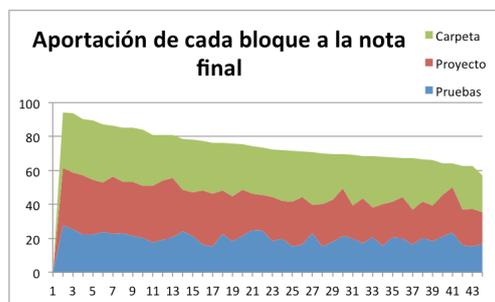


Figura 4. Distribución de las notas según bloque

Los alumnos con mejores notas finales, son aquellos que tienen mejores notas en los tres bloques, y coincide que tienen las mejores notas en la carpeta de actividades, ver Figura 4.

#### *Opinión de los estudiantes*

Como parte de las actividades de GRADO: Grupo de innovación docente de la Escuela Politécnica, a la que pertenece la autora. Se realizó una encuesta a alumnos de diferentes asignaturas sobre actividades de evaluación realizadas durante las clases.

EDI fue una de las asignaturas en las que se realizó la encuesta. Las preguntas estaban relacionadas con todas las actividades de la carpeta de actividades, pero los alumnos expresaron su opinión especialmente sobre las hojas de clase, creemos que por la novedad.

Todas las preguntas eran abiertas, por lo que no ha sido posible elaborar un estudio estadístico de las mismas, pero sí nos ha servido para recabar su opinión, recogemos aquí los comentarios más significativos enunciados en estas encuestas:

- Las hojas de clase sirven para aumentar la motivación.
- Ayudan a seguir las clases y a comprender lo que se ha tratado en ella.
- Es justo que los que siguen las clases tengan más apoyo y valoración.
- Se genera un buen clima en la clase
- Se pierde el miedo a hablar con el profesor.
- Es una pérdida de tiempo hacer actividades en equipo, en solitario sería más ágil.
- Hay hojas demasiado fáciles.
- Hay participantes en los equipos que no hacen nada y sin embargo obtienen puntuación.

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

El sistema de evaluación planteado es coherente con los objetivos propuestos para la asignatura, y permite garantizar el cumplimiento en el desarrollo de las competencias asignadas a la asignatura.

Este sistema se basa en dividir la evaluación en tres bloques, según los objetivos a evaluar y el método e instrumentos de evaluación a utilizar.

Como objetivo secundario a esta planificación obtenemos mayor motivación del alumnado, haciéndoles partícipes de su evolución, proporcionándoles feedback inmediato y la oportunidad de remediar fracasos intermedios.

Lamentablemente nos encontramos con un porcentaje elevado de alumnos que abandonan la asignatura antes de que empiece, intuimos que por los resultados

obtenidos en el primer semestre, pero una afirmación como esta requiere de un estudio más profundo.

La tasa de no presentados es elevada, pero al menos conseguimos que haya alumnos que se involucren en la realización de la carpeta de actividades durante todo el curso. No obtienen resultados, pero al menos se acercan a la asignatura de manera positiva. Esperamos que estos alumnos, en los siguientes cursos la superen.

Existen deficiencias en el sistema y que deben ser subsanadas:

- Las evaluaciones deben ser más rápidas, el gran número de actividades hace imposible que se genere un feedback adecuado para todas ellas. En este curso, 2012/13 hemos modificado actividades calificadas, creando más autoevaluaciones. Además contamos con más profesorado.
- Existe poco control del trabajo que se genera en un equipo, aunque creemos que el esfuerzo en realizar este control es mayor que el beneficio que podríamos lograr con él. En cualquier caso, sería conveniente analizar el problema pues puede ser causa de desmotivación.
- La carpeta de actividades genera trabajo extra al profesorado este irá decreciendo según se disponga de material de otros años. Hay tareas que pueden automatizarse y debe realizarse un estudio de cómo hacerlo.
- El que cada prueba evaluable y calificable esté relacionada con los objetivos de aprendizaje, permite ofrecer al alumno un análisis pormenorizado de sus deficiencias y por tanto una herramienta, que si es capaz de utilizarla adecuadamente, y nosotros le damos los medios, puede serle de mucha utilidad en su aprendizaje.
- Es necesario realizar un análisis de los objetivos más deficitarios, para poder incidir en ellos.

## Agradecimientos

*Este trabajo se ha realizado gracias al Gobierno de Extremadura y al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)*

## Referencias

- [1] Miguel Valero-García, Juan J. Navarro "Niveles de competencia de los objetivos formativos en las ingenierías". VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Palma de Mallorca: 2001, p. 1-6.

# Una propuesta de autoevaluación-reflexión para potenciar la responsabilidad individual

V. Javier Traver Juan Carlos Amengual  
Dep. Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Universitat Jaume I, 12071–Castellón  
[vtraver, jcamen]@uji.es

## Resumen

Pese a sus potenciales beneficios, la evaluación continua puede desvirtuarse en la práctica. Por ejemplo, se puede tender a enfatizar el producto (la entrega que realiza el estudiante) sobre el proceso (el aprendizaje del estudiante). En este trabajo se propone un esquema de autoevaluación y, sobre todo, de reflexión, cuyo objetivo es, no sólo mejorar el aprendizaje, sino potenciar el sentido de responsabilidad y honestidad en los estudiantes. En esencia, se trata de una autoevaluación sumativa en la que el resultado de la autoevaluación está condicionado al resultado de una prueba verificadora posterior. Este esquema se ha ensayado de modo preliminar en una actividad de una asignatura del primer curso de un grado en ingeniería informática. Dado el limitado ámbito de este estudio, no es posible asegurar los beneficios que se desprenden de la propuesta. Sin embargo, los indicios recopilados sugieren que una aplicación continuada de este esquema podría resultar fructífera a medio-largo plazo. Además, la combinación de autoevaluación y prueba verificadora permitiría la detección de casos diferentes y, en consecuencia, facilitaría la atención a la diversidad. Creemos pues que la idea es prometedora y susceptible de mejora en cursos venideros.

## Abstract

Deliverable-based regular assessment of learning holds promise but hides pitfalls. As an example, the product (a deliverable) may be emphasized over the process (the learning itself). This work explores a reflection-based self-assessment scheme aimed at promoting the student's sense of responsibility where the result of a summative self-assessment is subject to a subsequent validation test. Although still limited, the evidence suggests that a consistent application of this mechanism would lead to good results. Furthermore, this combination of self-assessment plus a validation test might allow detecting students with different needs

and, consequently, better attention to diversity. We believe the idea is promising and can be improved in the coming years.

## Palabras clave

Evaluación sumativa, evaluación continua, autoevaluación, prueba verificadora, responsabilidad individual

## 1. Introducción

En los últimos años se ha podido constatar un uso creciente de la evaluación continua en los estudios universitarios, en parte debido a la implantación de los créditos *European Credit Transfer System* (ECTS) y al fomento de las metodologías centradas en el estudiante. Sin embargo, la forma en que se plantea o desarrolla la evaluación continua puede resultar en ocasiones cuestionable o mejorable. El esquema típico, basado en entregables que los profesores corrigen y puntúan presenta, a nuestro entender, las siguientes deficiencias:

❶ **Coste excesivo.** Las entregas pueden suponer un esfuerzo desmesurado de corrección a los profesores, sobre todo en grupos numerosos [3], o de realización a los propios estudiantes, con el riesgo de la sobre-evaluación [5].

❷ **Dudosa utilidad.** Las notas en sí mismas no necesariamente ayudan al estudiante y, de hecho, los estudiantes leen el feedback con mayor atención cuando no hay calificaciones [2].

❸ **Se prima el producto sobre el proceso.** Debido a cierta inercia, se tiende a considerar la entrega en sí misma (producto) como lo que importa, en detrimento del proceso (aprendizaje). En relación con este hecho, se pueden producir comportamientos poco éticos que, por ejemplo, no garantizan la autoría de las entregas.

Respecto a este tercer aspecto, un indicio en nuestra propia docencia en los dos cursos anteriores que creemos ilustrativo es el siguiente. En una de las entregas se pide a los estudiantes un *shell script* (fichero

## (A) POR PARTE DEL DOCENTE:

Ahora	Deseable
Papel verificador, notario, controlador, policial	Facilitador, orientador, guía
Apenas puede corregir y dar feedback de calidad y se limita a cuantificar y justificar la nota otorgada a los estudiantes	Orienta la mejora en el proceso de aprendizaje, especialmente a quien lo pide o está en condiciones y actitud favorables para ello
Se invierte un tiempo y un esfuerzo cuya utilidad resulta discutible	La inversión en tiempo y esfuerzo resulta más productiva, creativa, razonable y útil
«Espera» que el estudiante sea honrado al entregar la actividad y aproveche el feedback recibido	No debe asumirlo (tanto). La responsabilidad debe interesar más al estudiante que al profesor

## (B) POR PARTE DEL ESTUDIANTE:

Ahora	Deseable
Persigue entregar la actividad y obtener puntos	Valora su aprendizaje, busca comprender y «saber hacer»
Se rige por «el fin justifica los medios» y, por tanto, su aprendizaje resulta superficial o se hacen copias entre compañeros	Identifica los puntos fuertes y débiles de su aprendizaje. Sabe qué sabe y qué no
Espera que sea el profesor quien revise, califique y certifique	Aprende a valorar la calidad de su aprendizaje y de las actividades entregadas. Emite juicios de valor y/o cuantifica su entrega
Ignora el feedback del profesor; se queda con la nota numérica	Identifica qué debe mejorar en su aprendizaje y cómo hacerlo. Reflexiona y actúa en consecuencia

Cuadro 1: Actuaciones (estereotipadas) actual y deseable del docente y del estudiante

1. Entornos Linux y Windows	5. Google Drive
2. Eclipse	6. Tablas y gráficas
3. Bases de datos (LibreOffice)	7. Conexión y transf. remotas
4. Servicios internet y HTML	8. Intérprete de órdenes Unix

Cuadro 2: Prácticas planteadas en la asignatura.

de texto con instrucciones a ejecutar por un intérprete de órdenes del S.O.) de baja complejidad (unas 15 líneas). Ante varias entregas dudosas o scripts que directamente no funcionaban, calificamos dichas entregas con un cero y, sorprendentemente, los estudiantes que hicieron dichas entregas no mostraron su disconformidad. A nuestro juicio, dicha actitud podría indicar fraude. Rectificar esta situación nos parece particularmente importante en estudiantes de primero para evitar que perpetúen este comportamiento en lo sucesivo. Además, el problema resulta más grave, si cabe, en actividades en equipo, donde parece que no importa que todos aprendan, sino que se entregue un producto aunque sólo sea labor de un miembro del equipo.

El Cuadro 1 recoge de forma resumida algunas reflexiones adicionales. Las conductas indicadas son generalizaciones, pero ilustran bien situaciones que pueden plantearse. Como resultado de una o varias de estas situaciones, el sentido de la evaluación continuada queda desvirtuado. Algunas soluciones propuestas pasan por organizar y automatizar el proceso [3], o acudir a la co-evaluación (evaluación entre pares) o la auto-evaluación [9, 10].

La autoevaluación se presenta como una posible solución a (una parte de) las dificultades comentadas. Aunque la utilidad de dicha autoevaluación resulta más evidente como herramienta de evaluación *formativa*, despierta naturales inquietudes si se desea utilizar, además, como mecanismo de evaluación *sumativa*, pues se considera que el estudiante puede, voluntariamente o no, cuantificar mal su nota. Por ejemplo, en algún caso se ha visto [6] que si la autoevaluación no es sumativa, ésta tiende a coincidir con la valoración del profesor, pero la discrepancia aumenta (en un sentido u otro) cuando la evaluación es sumativa. En general, la mayor responsabilidad que se otorga a los estudiantes en el aprendizaje, no va acompañada de mayor responsabilidad en la evaluación [4]. Aunque la problemática de la evaluación continua y las propuestas de soluciones son un tema recurrente en los foros educativos, es este contexto más específico, el de la «autoevaluación sumativa», el que motiva nuestra propuesta, cuya novedad creemos que estriba en potenciar y concretar procesos de reflexión encaminados a hacer al estudiante más responsable de su propio aprendizaje.

## 2. Metodología

Nuestra propuesta se enmarca en las prácticas de una asignatura básica de primer curso de ingeniería informática cuyo contenido se muestra en el Cuadro 2. Se describe a continuación el esquema de evaluación propuesto y su puesta en práctica este curso.

Caso ( <i>i</i> )	$C_a, C_p$	Probable interpretación	Peso $w_i \times 100$ (%)
1	Baja, Baja	Sinceridad/honestidad	5
2	Baja, Alta	Mejora/superación	10
3	Alta, Baja	Anormalidad/sospecha	-10
4	Alta, Alta	Consistencia/excelencia	10

Cuadro 3: Casuística de resultados en autoevaluación ( $C_a$ ) y en prueba de verificación ( $C_p$ ).

## 2.1. Esquema propuesto

Para articular nuestra idea de autoevaluación sumativa, planteamos, por un lado, la prueba de autoevaluación en sí misma, para la que es posible obtener una nota  $N_a$ ; por otro lado, consideramos una prueba de verificación o validación que permita contrastar la autoevaluación, y que también tendría asociada su nota  $N_p$ . Para que esta propuesta tenga sentido y no contradiga los supuestos bajo los que se propone, la prueba de verificación no debería implicar un sobrecoste adicional y convendría que se tratase de algún tipo de actividad que se hubiera planteado en cualquier caso. Por ejemplo, pensamos que, relacionado con los contenidos de una entrega, un ejercicio en un examen podría servir como prueba de validación de la autoevaluación asociada a dicha entrega. Como puede apreciarse, este esquema es flexible y se presta fácilmente a muchas variantes que se ajusten a las condiciones concretas de cada contexto educativo. A nuestro juicio, un posible e interesante planteamiento es que el estudiante vea su nota de la autoevaluación como la nota provisional, «condicionada» al resultado de la prueba de validación posterior. De esta forma, el estudiante puede estar motivado por realizar una buena autoevaluación, pues su nota  $N_a$  será contrastada con su nota en la prueba  $N_p$ .

Este curso hemos implementado la idea considerando las notas en dos niveles (**Alta** y **Baja**), de modo que asociadas a  $N_a$  y  $N_p$  se tiene las notas «cualitativas»  $C_a$  y  $C_p$ :  $C_a = \text{Alta}$  si  $N_a \geq \theta_a$  y  $C_a = \text{Baja}$  si  $N_a < \theta_a$ , donde  $\theta_a$  es un umbral para distinguir los dos niveles;  $C_p$  se obtiene por análogo procedimiento a partir de  $N_p$  y otro umbral  $\theta_p$ . Como se verá después, estos umbrales no tienen por qué coincidir con la nota de corte de aprobado ni tienen por qué ser iguales para la autoevaluación y la prueba.

Con este planteamiento, son posibles cuatro casos (Cuadro 3) para los  $2 \times 2$  valores de  $(C_a, C_p)$ :

1. **Baja, Baja:** No se aprecia mejora académica, pero puede valorarse la sinceridad o la honestidad de la actuación del estudiante en su autoevaluación.
2. **Baja, Alta:** En la prueba de verificación se ha obtenido un mejor resultado y parece proceder «premiar» dicha superación.
3. **Alta, Baja:** Resulta sospechoso que se obtenga una menor puntuación en la prueba de verifica-

ción. Este caso es quizás el más conflictivo porque puede originarse por dos situaciones diferentes. Por un lado, es posible que el estudiante haya «inflado» su autoevaluación y la prueba refleje mejor su grado de aprendizaje. Por otro lado, es posible que la autoevaluación sea precisa y justa y el pobre resultado en la prueba obedezca a causas ajenas al aprendizaje en sí (ansiedad durante la prueba, por ejemplo). Si se tiene en cuenta esta doble interpretación, no conviene penalizar excesivamente esta situación.

4. **Alta, Alta:** Los resultados de la prueba tienden a confirmar que el estudiante ha aprendido realmente y merece valorarse su actuación consistente.

Quedan por definir algunos aspectos, como la obtención de la nota final que combine la nota de la autoevaluación y la de la prueba. También aquí son posibles diferentes propuestas; indicamos la nuestra en el Apartado 2.3. En cuanto a la autoevaluación, la hemos planteado mediante cuestionarios similares en algunos aspectos a las rúbricas, y fueron realizados en Moodle ([moodle.org](http://moodle.org)).

Para este curso nos planteamos probar este esquema para una única entrega, hacia final del semestre, a modo de primera experiencia. No obstante, consideramos oportuno ensayar la idea en una actividad preparatoria que nos permitiera descubrir dificultades y ofreciera a los estudiantes una oportunidad de conocer la dinámica antes de su aplicación en la prueba real. Se describe a continuación la experiencia tanto en la actividad preparatoria (A) como en la real (B).

## 2.2. Actividad preparatoria (A)

Asociado a la entrega en grupo de la práctica de bases de datos (en LibreOffice), preparamos un cuestionario ( $Q_A$ , Cuadro 4) para su cumplimentación individual. Puesto que entendemos la autoevaluación en sentido «amplio», las preguntas no son sólo de competencia técnica (Apartado C) sino también de actitudes y comportamientos (Apartados A y B), en la línea de lo que se desea inculcar y promover. También se daba la opción de comentar otros aspectos en una pregunta abierta (Apartado D).

Puesto que era una actividad preparatoria, no se utilizó la nota de la autoevaluación para obtener la nota de

**A. Estudio y desarrollo de la práctica**

- A<sub>1</sub>. He leído todo o casi todo el material de apoyo antes de hacer los ejercicios del boletín
- A<sub>2</sub>. Como tengo base suficiente, no he leído en detalle el material de apoyo, pero he recurrido a él si lo he necesitado [...]
- A<sub>3</sub>. He realizado/seguido alguno/todos los ejercicios que se explican en el material de apoyo
- A<sub>4</sub>. Además del ejercicio que había que entregar, he realizado otros ejercicios del boletín
- A<sub>5</sub>. Al realizar los ejercicios o estudiar el boletín he recurrido a otras fuentes (libros, internet) para resolver dudas o ampliar información
- A<sub>6</sub>. He consultado dudas con algún compañero de otros equipos
- A<sub>7</sub>. He ayudado a otros miembros de mi equipo a entender la materia de esta práctica
- A<sub>8</sub>. Hay aspectos de esta práctica que sigo sin entender bien
- A<sub>9</sub>. Para resolver las dudas que aún tengo, sé qué necesito hacer y voy a actuar pronto para resolverlas

**B. Honestidad y labor de equipo**

- B<sub>1</sub>. El trabajo entregado ha sido realizado íntegramente por los miembros del grupo
- B<sub>2</sub>. Todos los miembros del equipo entienden el ejercicio entregado y sabrían hacer otro similar
- B<sub>3</sub>. He comprobado «manualmente» que el resultado de las consultas es el que debe ser

**C. Competencia técnica**

- C<sub>1</sub>. Sé crear registros sin dificultad
- C<sub>2</sub>. Sé crear tablas y definir los campos con las propiedades adecuadas conforme a lo exigido
- C<sub>3</sub>. Entiendo qué es una clave primaria y cómo definirla en las tablas
- C<sub>4</sub>. Entiendo qué relaciones debo establecer entre las tablas y cómo hacerlo en LibreOffice
- C<sub>5</sub>. Sé cómo definir y ejecutar consultas de la dificultad de los ejercicios del boletín

**D. Comenta cualquier aspecto que consideres conveniente o pertinente en relación a cualquiera de las tres partes del cuestionario [...]**Cuadro 4: Cuestionario ( $Q_A$ ) de reflexión-autoevaluación en la actividad preparatoria (A).

esa entrega sino que en este caso simplemente se utilizó directamente la nota correspondiente a la corrección de la entrega. A efectos puramente de autoevaluación, se cuantificaron los Apartados B y C.

**2.3. Actividad real (B)**

Asociado a la entrega de un shell script, se preparó otro cuestionario ( $Q_B$ , Cuadro 5). Las respuestas a algunas de estas preguntas se asimilaron a una escala Likert<sup>1</sup> de 5 puntos, una escala psicométrica habitual en el análisis de respuestas de sujetos. Por aligerar al estudiante su cumplimentación, solo las dos primeras preguntas tenían que ver con cuestiones éticas, como la autoría de la entrega.

En este caso, la prueba de validación consistió en una prueba con ordenador, de 1 hora de duración, que tuvo lugar pocos días después de la entrega del script y de la autoevaluación. En ella se planteó el desarrollo de un script para un problema muy similar al planteado para la entrega. La nota final  $N$  de la práctica, cuyo mecanismo de cálculo concreto los estudiantes desconocían, se obtuvo a partir de la nota de la prueba  $N_p$  y la de la autoevaluación  $N_a$  como

$$N = N_p + w_i \cdot N_a, \quad (1)$$

siendo  $w_i$  el peso que asociamos a cada caso  $i$  (Cuadro 3). Considerando notas sobre 100, los umbrales para los dos niveles de la autoevaluación y la prueba fueron  $\theta_a = 70$  y  $\theta_p = 50$ , respectivamente, que reflejan distintas exigencias para las distintas condiciones de desarrollo de los scripts. Estos pesos deben adaptarse a cada situación e incluso pueden ser variables para

<sup>1</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Likert\\_scale](http://en.wikipedia.org/wiki/Likert_scale).

diferentes actividades, puesto que, como argumentaba un revisor, es cuestionable si resulta oportuno favorecer tanto notas  $N_a$  bajas, sean o no sinceras.

**3. Resultados****3.1. Actividad preparatoria (A)**

De los 97 estudiantes que contestaron la parte A del cuestionario  $Q_A$ , sobre dos terceras partes afirman haber utilizado bastante el material de apoyo ( $A_1$ – $A_4$ ). La mitad (entre un 50 % y un 60 %) dice haber recurrido a otras fuentes, o a otros compañeros ( $A_5$ – $A_6$ ), o ellos mismos han ayudado a otros ( $A_7$ ). Sólo una cuarta parte reconoce que hay algún aspecto de la práctica que no entiende bien ( $A_8$ ), y casi el 90 % sabe qué puede hacer para resolver las dudas que le quedan ( $A_9$ ).

La mayoría (entre el 70 % y el 83 %) de los 94 que respondieron la parte B de  $Q_A$  está completamente de acuerdo con las afirmaciones sobre honestidad y buen hacer ( $B_1$ – $B_3$ ). Algunos (16–22 %) lo afirman con matices y una minoría (1–7 %) tiene mayores dudas.

De los 91 que contestaron el apartado C de  $Q_A$ , casi todos (83–93 %) afirman entender bien los aspectos de creación de registros, definición de tablas y claves primarias ( $C_1$ – $C_3$ ). Una cuarta parte de los estudiantes afirma con menor firmeza que comprende el tema de las relaciones entre tablas y de las consultas ( $C_4$ – $C_5$ ).

En relación a la pregunta abierta (apartado D), bastantes estudiantes plantearon preguntas sobre aspectos de la práctica de los que tenían algunas dificultades. Es posible que estudiantes que de otra forma no hubieran preguntado en clase o en tutorías aprovecharan esta oportunidad para intentar aclarar sus dudas. De di-

1. Salvo ayudas puntuales de compañeros o profesores, he realizado individualmente el script entregado
2. Entiendo bien la solución que he propuesto y sabría realizar un script para resolver un problema similar
3. He comprobado el correcto funcionamiento del script con el fichero que se proporciona de ejemplo
4. He realizado comprobaciones adicionales del buen funcionamiento del script (por ejemplo, funciona para otros ficheros de entrada)
5. Mi script consigue leer correctamente todas las líneas del fichero de entrada y obtener el valor de cada campo
6. Entiendo cómo hacer operaciones aritméticas básicas (suma, producto, etc.) con el shell y mi script las realiza correctamente
7. La solución propuesta utiliza un bucle y entiendo su propósito, o no utiliza ninguno y sé por qué no es necesario
8. He conseguido que el script determine y muestre correctamente el tiempo total de conexión
9. He conseguido que el script determine el tiempo máximo de conexión y el host y la fecha correspondientes
10. He conseguido separar correctamente el día del mes a partir de la variable que recoge la fecha
11. Entiendo cómo desglosar los minutos totales en horas y minutos, y mi script lo hace bien
12. La salida de mi script obedece al formato que se muestra en el boletín (ejercicio 59)
13. En mi solución utilizo una sentencia condicional («if») y entiendo su utilidad, o no utilizo ninguna y sé por qué no se necesita [...]
14. He conseguido que el script muestre el mes en letra (por ejemplo, «Agosto» para el mes 8)
15. Mi script acepta como entrada cualquier nombre de fichero y funciona si este cumple el formato esperado

Cuadro 5: Cuestionario ( $Q_B$ ) de reflexión-autoevaluación en la actividad real (B).

chas dudas, sintetizamos y creamos una FAQ de cuatro preguntas-respuestas que intentara ayudarles. En el Apartado 3.4 se analiza si la consultaron y les ayudó.

### 3.2. Actividad real (B)

De los 76 estudiantes que contestaron el cuestionario  $Q_B$ , la mayoría afirma haber realizado el script ( $Q_{B.1}$ :  $M=4.3$ ,  $SD=1.0$ ), aunque es interesante comprobar que hay 11 estudiantes que admiten que no ha sido así o lo cuestionan. Con cierta lógica, el resultado es similar respecto a si entienden el script y sabrían hacer uno parecido ( $Q_{B.2}$ :  $M=4.4$ ,  $SD=0.7$ ). Aunque muchos han comprobado el script con el fichero de texto que se les daba de prueba ( $Q_{B.3}$ :  $M=4.8$ ,  $SD=0.8$ ), menos han realizado comprobaciones adicionales ( $Q_{B.4}$ :  $M=3.7$ ,  $SD=1.7$ ). Casi todos han conseguido resolver la mayoría de las partes del script (e.g.  $Q_{B.8}$ :  $M=4.9$ ,  $SD=0.4$ ), incluso para aspectos menos triviales (e.g.  $Q_{B.11}$ :  $M=4.8$ ,  $SD=0.6$ ), y se aprecia alguna dificultad en algún otro aspecto (e.g.  $Q_{B.10}$ :  $M=4.5$ ,  $SD=0.9$ ).

La Fig. 1 muestra la relación entre  $N_a$  y  $N_p$ , así como su distribución en los cuatro casos considerados. Se aprecia cierta correlación entre ambas notas, si bien hasta una tercera parte de los estudiantes obtiene mejor nota en la autoevaluación que en la prueba de validación (Caso 3). Algunos casos (parte inferior derecha) son especialmente llamativos, con mucha discrepancia entre la nota de la autoevaluación ( $N_a \geq 80$ ) y la de la prueba ( $N_p < 40$ ). Analizamos en detalle 8 de estos casos y comprobamos que el script que entregaron junto con la autoevaluación es correcto. Una interpretación de esta (aparente) contradicción es que su grado de autoría en el script entregado sea reducida; de hecho, 5 de estos 8 estudiantes está *parcialmente* (no *completamente*) de acuerdo con las preguntas relacionadas con la autoría ( $Q_{B.1}$ ) o su capacidad de resolver un problema similar ( $Q_{B.2}$ ). Algunos indicios sospechosos en alguno de estos casos es que usa órdenes

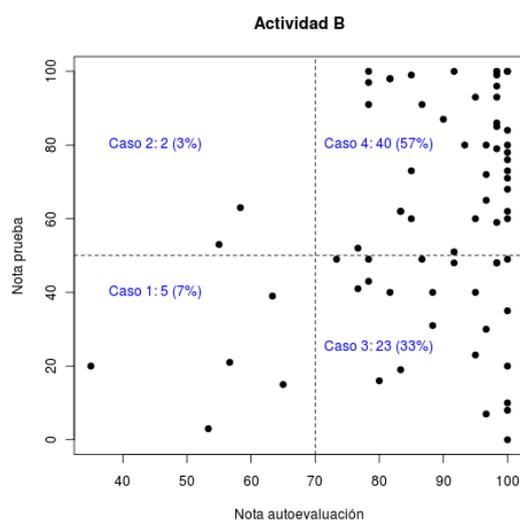


Figura 1: Distribución de notas y casos (Cuadro 3) en la Actividad B de los 70 estudiantes que la hicieron

avanzadas (no enseñadas en la asignatura), lo que contrasta con su pobre desempeño en la prueba; o el hecho de que haya alguna discrepancia entre su valoración de algún aspecto del script y lo que en realidad cumple el script de la entrega de la práctica.

Como apuntaba un revisor, sería interesante analizar si los repetidores realizan mejores autoevaluaciones. Sólo hay tres entregas correspondientes a estudiantes repetidores y los tres están en el Caso 3, pero la muestra es demasiado reducida para extraer conclusiones. Este mismo revisor sugería un seguimiento en sucesivos cuatrimestres para analizar si, con el tiempo, un estudiante se vuelve más responsable u honesto. No hemos podido realizar este tipo de estudio, pero dada su relevancia en el contexto de nuestro trabajo, podría plantearse en el futuro.

### 3.3. Comparación con cursos anteriores

Considerar un grupo control dentro del mismo curso es interesante para evaluar el efecto de la propuesta, pero puede resultar difícil o polémico por las diferencias de evaluación a diferentes estudiantes del mismo curso. En un futuro se podría analizar cómo establecer este grupo control en el mismo año, pero en este caso la comparación sólo se ha establecido, con obvias limitaciones, con los resultados de cursos anteriores.

A efectos de comparar resultados de este curso con los de cursos anteriores, consideramos la relación entre la nota en la entrega de una práctica y la nota en el examen del ejercicio correspondiente al mismo tema de la práctica. En analogía a las notas de la autoevaluación y la prueba verificadora, consideramos los mismo umbrales  $\theta_a$  y  $\theta_p$  para las entregas y el ejercicio del examen que los considerados para el esquema en la prueba real de este curso (i.e.  $\theta_a = 70$ ,  $\theta_p = 50$ ). Con ello se obtiene la distribución de casos que se muestra en el Cuadro 6. En analogía al análisis del apartado anterior, se constata un elevado porcentaje de estudiantes en el Caso 3 para la prueba del script, lo que sugiere una posible falta de honestidad en la entrega de la práctica. Sin embargo, respecto al análisis anterior (Apartado 3.2), la distribución de los Casos 1 y 4 está invertida, lo cual apunta a un dominio de este tema insuficiente para afrontar el script del examen (de dificultad similar al de la práctica). Otros factores que pueden explicar esta discrepancia son (i) que la prueba verificadora se celebró muy pocos días después de la fecha límite de la autoevaluación; (ii) el script de la prueba era de una naturaleza similar a la de la práctica; y (iii) que, a diferencia de un examen final en el que los estudiantes no saben qué ejercicios van a plantearse, en el caso de la prueba verificadora era una prueba específica sobre ese tema, y podían prepararse mejor.

Respecto al tema de bases de datos (BBDD), se observa que los estudiantes lo dominan más (casi o más de la mitad están en el Caso 4). Una forma de analizar el efecto de la reflexión-autoevaluación sería comprobar si, en relación a otros años, se da una mayor correlación entre la nota de la práctica y la del examen. Se puede comprobar que no es así y que, de hecho, hay más porcentaje de estudiantes en el Caso 3 que en otros años. No tenemos una explicación clara a esta discrepancia respecto al patrón de otros cursos, aunque parece que los estudiantes encontraron cierta dificultad en el ejercicio del examen de este año.

### 3.4. Opinión de estudiantes y profesores

Días después del examen se planteó una consulta anónima a los estudiantes acerca de su experiencia en las entregas de prácticas y las autoevaluaciones (de ambas actividades, la preparatoria y la real). Las respues-

Caso	10-11		11-12	12-13
	Script	BBDD	BBDD	BBDD
1	48	10	6	3
2	0	7	6	3
3	47	28	29	48
4	5	54	59	46
# estudiantes	73	81	105	92

Cuadro 6: Distribución de casos (%) en los tres cursos académicos y los dos temas (script y BBDD).

tas para casi todas las preguntas expresaban un grado de acuerdo en una escala Likert (desde «Completamente de acuerdo» hasta «Completamente en desacuerdo») y se analizaron asociando valores 1-5 a estas respuestas (mayor número, mayor acuerdo). Respondieron la encuesta 33 estudiantes.

*Correcciones de las entregas.* Hubo consenso en que no necesitan que el profesor corrija una entrega para saber cómo está su entrega o qué saben ( $M=4.0$ ,  $SD=1.0$ ), y en que la nota del profesor suele coincidir con la que ellos esperan ( $M=3.8$ ,  $SD=0.7$ ). Suelen encontrar útiles y a tener en cuenta en el futuro los comentarios o justificación de nota del profesor ( $M=4.0$ ,  $SD=1.1$ ). Las respuestas a estas tres preguntas señalan la escasa utilidad de una corrección cuantitativa y la preferencia por comentarios cualitativos.

*Autoevaluaciones sumativas.* Existe cierta discrepancia en si las autoevaluaciones les ayudan a reflexionar sobre el aprendizaje o la calidad de las entregas ( $M=3.4$ ,  $SD=1.2$ ) o a cuestionarse su forma de estudiar o trabajar, ya sea individualmente ( $M=3.0$ ,  $SD=1.3$ ) o en equipo ( $M=2.8$ ,  $SD=1.1$ ). También hay opiniones contrapuestas sobre la conveniencia de que la autoevaluación contribuya a definir parte de la nota ( $M=3.3$ ,  $SD=1.5$ ) y por eso no hay una evidencia clara de que nos lo recomienden hacer en otros cursos o extenderlo a otras actividades ( $M=3.4$ ,  $SD=1.1$ ). Por tanto, no está clara la utilidad de las autoevaluaciones sumativas, pero creemos que el proceso de reflexión es beneficioso.

*Otras formas de realimentación.* No todos los que responden consultaron la FAQ sobre la práctica de bases de datos ( $M=3.3$ ,  $SD=1.6$ ), pero los que lo hicieron (25 de los 33,  $\approx 75\%$ ) sí la encontraron clarificadora ( $M=3.9$ ,  $SD=0.9$ ). Muchos estudiantes echan de menos un seguimiento más personalizado que les orientara en aprender más o mejor ( $M=3.9$ ,  $SD=1.0$ ). Estas evidencias sustentan la conveniencia de formas de realimentación alternativas a las correcciones sumativas.

*Quiénes contestaron.* La consulta incluía una pregunta sobre los rangos de sus notas. La mayoría de los que contestaron ( $\approx 67\%$ ) son los del Caso 4 (notas altas tanto en la autoevaluación como en la prueba verificadora). A los del Caso 3 (nota alta en la autoevaluación pero baja en la prueba) se les preguntó a qué creen que puede deberse esta discrepancia. De las cuatro res-

*E*<sub>1</sub>: «Los cuestionarios de autoevaluación sólo sirven para hinchar la nota y no para evaluarnos a nosotros mismos. Mucha gente entre la que me incluyo los ha rellenado muy positivamente para alcanzar la máxima nota en ese apartado, a pesar de mentir en ciertas respuestas (aunque por suerte, no todas).

»Si realmente quieren reflexión, deberían realizar las FAQ, que son MUY útiles, al final de cada entrega; a ser posible, un poco más extensas y detalladas. Este documento es mucho más interesante que un comentario de una línea como: “Faltan por definir las relaciones pertinentes”, que no te aclara nada e incluso puede confundirte más.

»El cuestionario de autoevaluación debería constar sólo de un cuadro de texto donde podamos enviar nuestras dudas para que sean compiladas en las FAQ. Y por supuesto, no dar ninguna puntuación al cuestionario, si lo que buscan es sinceridad.»

*E*<sub>2</sub>: « Las autoevaluaciones son buenas si la gente es sincera, creo que hay personas que saben que cuenta para la nota y solo buscan poner lo que sea para sacar la máxima puntuación.

»Aun así, creo que son una buena herramienta, pero deberían ir acompañadas no solo de preguntas de si crees haber aprendido lo explicado en las prácticas, sino también preguntas relacionadas con lo aprendido, a modo de test sencillo sobre la propia práctica. De ese modo, si [sic] que ves si realmente sabes lo necesario sobre ese tema o práctica.»

*E*<sub>3</sub>: «Las autoevaluaciones están muy bien, creo que deberían incluirse en todas las prácticas y ejercicios adicionales»

*E*<sub>4</sub>: «No deberían contar para nota. Los que realizan las autoevaluaciones somos los interesados en tener una nota alta [...]»

*E*<sub>5</sub>: «Aunque la comunicación de la situación de aprendizaje del alumno al profesor me parece buena y efectiva, he echado de menos algunos cuestionarios sobre la materia, para poder valorar, según las exigencias del profesorado si he comprendido correctamente la materia o no.»

Cuadro 7: Comentarios de diferentes estudiantes *E*<sub>*i*</sub>.

Síntesis de las opiniones de los estudiantes	Reflexión de los profesores e ideas de mejora
Los estudiantes no (siempre) son sinceros	Es lamentable que sea así y sería oportuno plantear cómo fomentar la honestidad, la responsabilidad y otros valores [7] útiles en los ámbitos personal y profesional. Por cierto, ¿son sinceros cuando dicen que no lo han sido?
La autoevaluación sólo sirve para hinchar notas	Es cierto que con el esquema concreto planteado este curso, todos los estudiantes, excepto los del Caso 3, ven incrementada su nota. Sin embargo, con la prueba de verificación, el efecto de la nota de la autoevaluación no es significativa para llegar a distorsionar el resultado. Hay que analizar mejor si convendría otro esquema para cuantificar las autoevaluaciones o incluso plantear que éstas sean solo formativas, no sumativas.
Sería mejor preguntas de autoevaluación que realmente ayudaran a comprobar si conocen los contenidos	Es curioso que los estudiantes no vean ya las prácticas como una forma de autoevaluación. Esto parece confirmar la idea de que el producto prima sobre el proceso. Una forma sencilla de reconducir esta tendencia podría ser renombrar las prácticas o las entregas como «autoevaluaciones».

Cuadro 8: Síntesis de opiniones de los estudiantes y reflexión de los profesores.

puestas, dos coinciden en que contaron con la ayuda de los compañeros, les faltó tiempo en la prueba, o piensan que ésta fue más difícil que la práctica. Pensamos que la dificultad de ambos scripts era muy similar, pero que faltase garantizar tiempo suficiente; también convendría reforzar la autonomía del estudiante.

*Comentarios adicionales.* En una pregunta abierta los estudiantes podían comentar otros aspectos de interés. El Cuadro 7 recoge una muestra casi completa de estos comentarios y el Cuadro 8 resume sus opiniones acompañadas de nuestra reflexión.

*Entrevistas previstas.* De los 33 estudiantes, 14 mostraron su disposición a seguir comentando con los profesores, y la mitad de ellos facilitaron su dirección de e-mail. Pensamos que una entrevista con ellos podría resultar fructífera, en la línea del diseño centrado en el usuario aplicado a la educación [8].

## 4. Discusión

La propuesta realizada permite abordar los tres problemas indicados en la introducción, puesto que: ❶ **El coste es igual o menor.** La tarea adicional del estudiante es sólo rellenar cuestionarios de reflexión y autoevaluación. El profesor prepara los cuestionarios, pero no corrige entregas y la prueba de validación se hace coincidir con actividades que se harían igualmente. Más importante que dedicar menos tiempo es aumentar el sentido y la utilidad de nuestra dedicación. ❷ **La realimentación puede ser más útil.** El profesor no corrige las entregas; el estudiante recibe realimentación a través de su autoevaluación (tipo rúbrica + reflexión) y, más adelante, con la nota del profesor, pudiendo contrastar ambos resultados. ❸ **El proceso cobra mayor importancia.** Durante la autoevaluación-reflexión, el estudiante toma conciencia de lo que realmente impor-

ta, a nivel técnico (e.g. ¿sabe lo que sabe y lo que no?), profesional (e.g. ¿ha comprobado el correcto funcionamiento?) y ético (e.g. ¿es el autor de la entrega?).

En el futuro, los diferentes casos considerados podrían servir para detectar, diagnosticar y atender convenientemente a estudiantes con baja motivación o dificultades de aprendizaje (e.g. los del Caso 1), baja autoestima (quizás los del Caso 2), dificultades en autoevaluarse adecuadamente u otros problemas subyacentes (puede que los del Caso 3). A los estudiantes en el Caso 4 se les podría felicitar y animar a continuar o a mejorar y, si procede, a proponerle otros retos.

A diferencia de esta primera experiencia puntual, pensamos que la aplicación de estas autoevaluaciones a lo largo del semestre, con el seguimiento oportuno, permitiría mejorar el aprendizaje y potenciar buenas conductas. Con tal fin, se podrían añadir mecanismos que fueren al estudiante a reflexionar y tratar de explicar las discrepancias entre sus notas en la autoevaluación y en la prueba de validación, así como incentivar la concordancia entre ambas notas. Otra idea atractiva consiste en combinar la propuesta con mecanismos de co-evaluación. Y, a más largo plazo, pensamos que podría ser oportuno avanzar hacia algo similar a un «sistema de honor» [1], lo que supone afrontar otros retos.

Aunque nos hemos centrado en el aspecto reflexivo de la autoevaluación, es posible integrar pautas para una autoevaluación más efectiva [2]. A pesar de sus limitaciones, creemos que la idea del esquema ensayado es positiva, y requiere mejora y constancia. Hacemos nuestras estas palabras del filósofo Francesc Torralba: «*La educación es una inversión a largo plazo, un ejercicio difícil y constante que no da resultados inmediatos, sino frutos después de haber trabajado mucho*» (traducción al castellano de la frase en [7, p. 335]).

## 5. Conclusiones

Se ha explorado un mecanismo de autoevaluación sumativa para afrontar algunas de las deficiencias que tal evaluación puede presentar en la práctica. Se persigue fomentar procesos de reflexión para mejorar la honradez y responsabilidad del estudiante así como el proceso y la calidad de su aprendizaje. Esta primera experiencia, más que conclusiones definitivas, aporta indicios y recomendaciones como: ❶ Evitar evaluaciones sumativas basadas en correcciones exhaustivas; los estudiantes no suelen valorar ni beneficiarse de esta realimentación. ❷ Reorientar el esfuerzo del profesorado en la ejecución de otras formas de realimentación de mayor calidad (e.g. preparar FAQs a partir de las dudas de los estudiantes, o realizar seguimientos más individualizados). ❸ Potenciar la idea y la utilidad de las «autoevaluaciones», sean sumativas o no, y mejorar la autonomía del estudiante que depende en exceso

de compañeros. ❹ Educar a los estudiantes en valores como la honestidad, la humildad, o la responsabilidad. Es primordial que los profesionales y los ciudadanos de nuestra sociedad tengan estas cualidades humanas, además de competencias técnicas.

El esquema de autoevaluaciones seguidas de pruebas verificadoras hemos visto que parece útil para detectar anomalías de diferente etiología y atender de forma adecuada la diversidad de necesidades. Su aplicación regular a lo largo de toda la asignatura (y mejor aún, en más asignaturas y más cursos), sólo puede tener, a nuestro entender, efectos beneficiosos.

**Agradecimientos:** Proyecto de Innovación Educativa (curso 2012-13), «Unitat de Suport Educatiu», Universitat Jaume I.

## Referencias

- [1] E. Camahort y F. Abad. Métodos alternativos de evaluación basados en el sistema de honor. En *JENUI*, 2002.
- [2] G. Gibbs y C. Simpson. *Condiciones para una evaluación continuada favorecedora del aprendizaje*, vol. 13 de *Cuadernos de Docencia universitaria*. Octaedro, 2009.
- [3] J. Ibáñez, I. Usandizaga, y A. Sánchez. Herramientas de instrucción masiva: pistas para implantar evaluación continua en grandes grupos. En *JENUI*, 2012.
- [4] D. J. Nicol y D. Macfarlane-Dick. Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2):199–218, Apr. 2006.
- [5] J. Serrano-Guerrero, F. P. Romero, E. Fernández-Viñas, y J. A. Olivas. La sobre-evaluación. En *JENUI*, 2011.
- [6] R. A. Tejeiro y cols. La autoevaluación sumativa en la enseñanza superior: implicaciones de su inclusión en la nota final. *Electronic J. of Research in Ed. Psychology*, 10(27), Sept. 2012.
- [7] F. Torralba Roselló. *Cent valors per viure: la persona i la seva acció en el món*. Pagès editors, 2001.
- [8] V. J. Traver. Can user-centered interface design be applied to education? *SIGCSE Bulletin*, 39(2):57–61, 2007.
- [9] M. Valero-García y L. M. Díaz de Cerio. Evaluación continuada a un coste razonable. En *JENUI*, 2003.
- [10] M. Valero-García y L. M. Díaz de Cerio. Autoevaluación y co-evaluación: estrategias para facilitar la evaluación continuada. En *Simposio Nacional de Docencia en la Informática*, pág. 25–32, 2005.

# Análisis del retorno personalizado en un entorno virtual de aprendizaje

David Bañeres, M<sup>a</sup> Jesús Marco-Galindo  
Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicaciones  
Universitat Oberta de Catalunya  
Barcelona  
{dbaneres,mmarcog}@uoc.edu

## Resumen

En un entorno virtual de aprendizaje, el retorno (feedback) por parte del profesor de las actividades de evaluación continua resulta imprescindible. Así pues, el desarrollo de un sistema de retorno que sea útil al estudiante y sostenible para el profesorado es un aspecto crítico del diseño de las asignaturas. En este artículo, se describe un sistema de retorno personalizado basado en la evaluación de las competencias y objetivos específicos de las asignaturas que se ha aplicado a un entorno virtual y que es extensible a un entorno presencial. El sistema diseñado se ha probado en las dos asignaturas de primer curso de los grados de Ingeniería Informática (GEI) y de Tecnologías de Telecomunicación (GTT) con mayor número de alumnos matriculados.

## Abstract

The feedback related to the continuous assessment activities given by a teacher is essential in a virtual environment. Therefore, the development of a feedback management system useful for the student and sustainable by the teacher is a critical aspect during the design of a course. In this article, a novel feedback management system is described based on the assessment of the competencies and specific objectives of the courses. This system has been applied in a virtual environment. However, it can be also used in a traditional environment. The system has been tested in two courses of the first semester with the largest number of students in the Bachelors in Computer Engineering and Telecommunication Engineering.

## Palabras clave

Evaluación, objetivos, competencias, retorno/feedback personalizado, docencia virtual.

## 1. Motivación

El EEES considera que uno de los aspectos más importantes del proceso de aprendizaje es el desarrollo de las competencias y objetivos que el estudiante debe alcanzar a partir de las actividades que realiza. En este contexto, la valoración y comentarios proporcionados por el profesor de estas actividades resultan de una importancia determinante.

En el modelo educativo de nuestra universidad se considera el retorno (o feedback) como un elemento importante que permite al estudiante obtener información sobre el grado de logro de los objetivos o competencias en el marco de una prueba de evaluación continua o de evaluación final. De una forma parecida a trabajos anteriormente presentados [2, 3, 4], conocer los objetivos/competencias logrados y cuáles faltan por alcanzar y qué hacer para lograrlos ayudará al estudiante a regular su aprendizaje.

Así pues, disponer de un sistema para el retorno de las actividades de evaluación continua resulta imprescindible. En este artículo se propone un sistema de retorno eficaz (útil para el aprendizaje de los alumnos) y eficiente (que represente un trabajo asumible para el profesor).

El artículo se organiza de la siguiente manera: en primer lugar se describen los diferentes tipos de retorno y se presenta el sistema de retorno personalizado. A continuación, se introduce la herramienta de soporte al sistema diseñado y se analizan los resultados de la experiencia en dos asignaturas de los grados de Ingeniería Informática y Tecnologías de Telecomunicación. Finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

## 2. Tipos de retorno

El retorno [1] que ofrece el profesor tiene dos funciones complementarias. La primera comunicar al estudiante su grado de logro de los objetivos y/o competencias proporcionándole recursos que le

permitan avanzar en su aprendizaje. Por ejemplo: “deberías revisar el concepto de recursividad que encontrarás en el tema 3 de los materiales de la asignatura porque los errores que has cometido reflejan que aún tienes dudas”. La segunda, promover el aprendizaje del estudiante ofreciéndole ayudas (pautas, guías) para que pueda progresar y autorregular su proceso de aprendizaje. Por ejemplo: “aquéllos que hayáis acabado el diseño del algoritmo del primer ejercicio, podéis consultar el manual *Codificación en lenguaje C* donde encontraréis pautas para codificarlo y poder avanzar en la tarea que tendréis que hacer en el segundo ejercicio de esta misma prueba”.

A partir de esta conceptualización del retorno y considerando las características de los procesos de enseñanza y aprendizaje actuales, hay tres momentos en los que sería necesario que el profesor proporcionase retorno a los estudiantes:

- Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este retorno consiste en resolver las dudas que vayan surgiendo durante el desarrollo de las actividades. Lo puede proporcionar tanto el docente como los mismos compañeros del aula.
- Después de las pruebas de evaluación continua para proporcionar información al estudiante sobre su progreso en el aprendizaje. Por tanto, informándole del progreso y, sobretodo, ayudándole y orientándole cómo mejorar las competencias en las que necesita mejorar.
- Después de las pruebas de evaluación final teniendo en cuenta su trayectoria durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Centrándonos en el retorno relacionado con las actividades que se evalúan, consideraremos tres tipos distintos: retorno general, retorno personalizado grupal y retorno personalizado individual

El retorno general es aquél que se proporciona a todos los estudiantes del aula de manera que es aplicable a todos por igual, sin hacer ninguna distinción entre ellos. Ejemplos de estos tipos de retorno serían la solución de las actividades propuestas (el profesor facilita la respuesta que se ha de considerar como modelo) o comentarios generales valorativos de cómo se han resuelto las actividades.

Como retorno personalizado se considera no únicamente el que va dirigido a un estudiante sino también el personalizado grupal: aquél que va dirigido al grupo pero que aporta información suficientemente específica para que cada estudiante pueda verse reflejado. Las soluciones de las pruebas a partir de fragmentos de pruebas entregadas por los estudiantes serían un ejemplo de retorno personalizado grupal a una prueba concreta con solución común (única).

Estos dos tipos de retorno (general y personalizado grupal) se caracterizan porque requieren que los estudiantes hagan un ejercicio de autoevaluación. Es decir, el profesor da un retorno a los estudiantes pero

éstos se deben responsabilizar de leerlo y compararlo con la prueba que han entregado. Es necesario informar a los estudiantes de la necesidad de este ejercicio de autoevaluación ya que en caso que no lo realicen, este tipo de retorno pierde valor.

Otro tipo de retorno personalizado es el retorno individual. Este tipo implica un comentario de tipo personal a la respuesta presentada a una prueba y, por lo tanto, es diferente para cada estudiante. Este último tipo de retorno da mucha información adicional al estudiante respecto a su prueba, ya que el comentario es personalizado. Es tipo de retorno muy bien valorado por los estudiantes ya que focaliza directamente los puntos que el estudiante debe mejorar. La mayor desventaja de este tipo de retorno es que requiere mucho tiempo de del profesor para dar el retorno a cada uno de sus estudiantes.

El tipo de retorno más pertinente para cada asignatura o prueba se define en su diseño y es el responsable de este diseño quien lo determina.

### 3. Metodología aplicada

Las asignaturas que se han seleccionado para analizar los diferentes tipos de retorno son *Fundamentos de Computadores (FC)* y *Competencia Comunicativa para profesionales de las TIC (CCPTIC)*, ambas asignaturas transversales de los grados de Ingeniería Informática y de Tecnologías de Telecomunicación. Son dos asignaturas de primer curso con un número elevado de estudiantes, más de 300 en ambos casos. Las asignaturas cuentan con un sistema de evaluación continua consistente en diferentes pruebas de evaluación continua y una práctica final de síntesis del curso.

Se han escogido estas dos asignaturas por diversos motivos. En primer lugar, por ser las dos asignaturas obligatorias de primer curso con más matriculados en los dos grados. En segundo lugar, por ser dos asignaturas muy distintas en contenido: la primera es una asignatura tradicionalmente técnica donde el estudiante aprende los fundamentos de los sistemas de numeración y de los circuitos digitales; la segunda trabaja una competencia transversal, la competencia comunicativa escrita, un contenido poco habitual en un plan de estudios de ingeniería. Las dos asignaturas requieren un retorno adecuado al tipo de competencias que se trabajan y a los ejercicios de evaluación continua que se proponen. En este artículo queremos mostrar cómo asignaturas tan distintas pueden tener un sistema de retorno similar.

En ambas asignaturas después de cada prueba, el profesor proporciona el retorno a los estudiantes. Se utilizan los tres tipos de retorno:

- Retorno general. Una vez evaluada la prueba de los alumnos, se publica la solución para que

Representación de la información  [Criterios](#)

Indica si quieres un retorno personalizado en la siguiente PEC:  Sí  No (fecha límite: 31/10/2012)

Categoría	Indicador	No Evaluado	No llega al mínimo	Mínimo Exigible	Deseable	Excelencia
Fundamentos	Saber representar un mismo valor numérico en bases diferentes (2,10,16).				X	
Fundamentos	Comprender los conceptos de rango y precisión de los formatos de codificación de la información numérica en un computador, y también los conceptos de desbordamiento y de error de representación.		X			
Aplicación	Saber representar y operar números naturales en binario.				X	
Aplicación	Saber representar y operar números enteros en signo y magnitud en base 2.			X		
Aplicación	Saber representar y operar números enteros en complemento a 2.				X	
Aplicación	Saber representar y operar números fraccionarios en coma fija.					X
Aplicación	Conocer otros tipos de representaciones para almacenar información en un computador.		X			

Comentarios adicionales

El alumno debe revisar otros tipos de representaciones de la información

Figura 1: Ejemplo de matriz de corrección de la asignatura de Fundamentos de Computadores en la prueba de evaluación continuada relacionada con el sistema de representación de la información.

puedan compararla con la suya y constatar los errores cometidos.

- Retorno personalizado grupal. El profesor redacta un informe indicando cómo han sido los resultados de las pruebas y los errores más comunes cometidos por los alumnos del aula. Este retorno permite a los estudiantes situar su nivel dentro del grupo y conocer los errores más habituales del grupo en su conjunto.
- Retorno personalizado individual. Los estudiantes reciben la nota de su prueba acompañada de un documento con la corrección y evaluación detallada en función de los objetivos y competencias que se trabajan en la prueba. El documento es una matriz de corrección (véase fig. 1) sustentada en una rúbrica que los estudiantes conocen previamente y que desglosa y describe tanto los indicadores que determinan las actividades de la prueba como los distintos niveles de consecución que en nuestro caso son cuatro<sup>1</sup> (“no llega al mínimo”, “mínimo exigible”, “deseable” y “excelencia”). Todos los alumnos reciben el retorno personalizado de la primera prueba. En las siguientes, los alumnos deben pedir explícita-

mente el retorno. Se considera que solicitarlo es un indicativo de que al estudiante le interesan los comentarios que el profesor realiza, que los aplicará en las siguientes pruebas y que, por lo tanto, el retorno individual le es útil para su progresión.

Este artículo se centra en este último tipo de retorno, el retorno personalizado individual.

#### 4. Rubrick: plataforma de soporte

Existen muchos trabajos relacionados con el retorno personalizado [5]. Muchos de ellos se focalizan únicamente en los resultados académicos obtenidos sin tener en cuenta las implicaciones en tiempo de dedicación para implementar un retorno personalizado en una asignatura.

Actualmente, en la asignatura de *Competencia Comunicativa para profesionales de las TIC* el retorno personalizado se realiza de forma manual. Para cada alumno y prueba de evaluación continua (y también en la práctica), el profesor evalúa la prueba y rellena la matriz de corrección de acuerdo con la rúbrica y según los resultados demostrados por el estudiante. Si es necesario, completa la corrección detallada con los aspectos de la prueba que considera necesario detallar. Este documento se incorpora al sistema de registro de calificaciones de las pruebas donde se informa también de la nota de la prueba.

<sup>1</sup> En la fig. 1 se puede observar una quinta columna “No evaluado”. Esta columna se aplica en el caso de que la competencia no se haya evaluado en la prueba en cuestión.

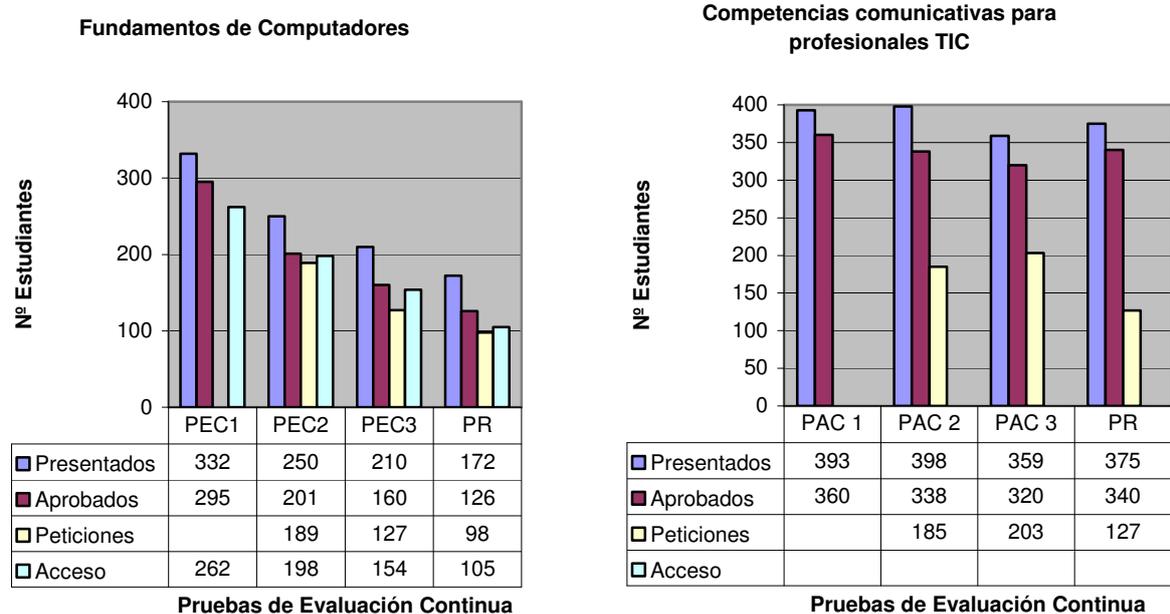


Figura 2: Evolución asignaturas

Esto supone crear un documento para cada estudiante, rellenarlo con la corrección personalizada y adjuntarlo en formato pdf al registro de calificaciones de cada estudiante.

Este sistema sólo es asumible en asignaturas con un número no demasiado elevado de alumnos como es el caso de las optativas, por ejemplo. Sin embargo, en caso de asignaturas de primer curso con elevada matrícula, como es el caso de las dos asignaturas analizadas, este sistema no es eficiente ya que el tiempo que debe invertir el profesor para que el retorno llegue al estudiante es demasiado elevado. Además, se ha comprobado que algunos estudiantes no revisan esta corrección ni la tienen en cuenta en posteriores pruebas. Para solventarlo, se pide a cada estudiante que si considera útil el retorno individual, solicite al profesor que se lo continúe enviando en la siguiente prueba. Si no lo hace, el profesor asume que al estudiante ya no le interesa el retorno personalizado y no le enviará ningún otro. De este modo, el profesor sólo envía el retorno individual a los estudiantes que lo utilizan.

Para hacer más eficiente esta tarea, se ha diseñado una plataforma web de soporte denominada Rubrick. Esta herramienta da soporte a todo el proceso de retorno personalizado desde la generación de las matrices de corrección hasta el envío de los resultados a los estudiantes. Concretamente, la plataforma proporciona las siguientes funcionalidades:

- Generación automática de las matrices de corrección: Para cada asignatura y para cada prueba de evaluación continua, se genera un fichero

con una matriz para cada estudiante. De esta manera, el profesor puede rellenar las matrices de forma unificada. El sistema de descarga permite la evaluación de las matrices sin tener que estar constantemente conectado a la plataforma.

- Lectura de resultados: Estos ficheros se pueden importar a la herramienta de soporte para la consulta y explotación de los datos.
- Consulta de resultados: Una vez introducidos los resultados, el estudiante puede acceder a la plataforma y consultarlos (véase fig. 1) junto con la rúbrica de la prueba. De este modo, se evita el proceso de envío manual a cada estudiante que anteriormente realizaba el profesor.
- Procesado de resultados: Desde la vista de administrador, el profesor puede ver la evolución de los alumnos organizada individualmente, globalmente o por objetivos. Esta última funcionalidad es muy útil, ya que anteriormente no se tenía una recopilación automática, inmediata y fácilmente explotable de los resultados.

Esta herramienta al estar en periodo de prueba, sólo se ha utilizado en *Fundamentos de Computadores*, utilizando el sistema anterior en *Competencia Comunicativa para Profesionales de las TIC*.

## 5. Análisis cuantitativo

En esta sección se presentan los datos estadísticos de uso del sistema de retorno personalizado. En el caso de la asignatura de *FC*, la plataforma de soporte Rubrick nos permite recopilar automáticamente los

datos de acceso y de solicitud de retorno de los alumnos. En el caso de la asignatura de *CCPTIC* únicamente se dispone de los datos de solicitudes de retorno recopilados por los profesores.

Tal y como se ha detallado en la Sección 3, a partir de la segunda prueba de evaluación continua los alumnos deben solicitar explícitamente el retorno personalizado. En la figura 2 se contrastan estos datos con los resultados de rendimiento académico (número de presentados y de aprobados) de cada prueba para las dos asignaturas *FC* y *CCPTIC* con 366 y 436 estudiantes matriculados respectivamente.

Como se puede observar, en el caso de *FC* tanto las solicitudes de retorno como accesos a la plataforma Rubrick disminuyen en cada prueba. Esta reducción está relacionada con los resultados académicos ya que el número de presentados baja paulatinamente en cada una de las pruebas. Lo mismo ocurre en el caso de *CCPTIC*, aunque la disminución más acusada de presentados se produce entre la primera y segunda prueba; a partir de entonces el descenso es mucho menor.

El alto índice de abandono es un problema común de las asignaturas de primer curso y sobre todo en las asignaturas más técnicas. Así pues, los datos de uso y de solicitud de retorno personalizado se deben analizar teniendo en cuenta además este factor.

En el caso de *FC* se observa que tanto el porcentaje de accesos a la plataforma como el de número de solicitudes en relación al número de aprobados de cada prueba es superior al 75%. Por lo tanto, los alumnos utilizan significativamente la plataforma de retorno personalizado. En la figura también se observa que hay un mayor número de accesos que de solicitudes de retorno para cada prueba. Esto se debe a que algunos alumnos descuidados accedieron a la plataforma de retorno sin solicitarlo previamente. A pesar de que estos casos no están reflejados en las peticiones de los resultados, a estos estudiantes se les proporcionó igualmente el retorno personalizado de forma extraoficial.

En el caso de *CCPTIC*, el porcentaje de solicitudes en relación a los aprobados para cada prueba es inferior y disminuye significativamente en el caso de la última prueba: 54%, 63% y 37% respectivamente. Esto se debe al hecho de que la última actividad es obligatoria para superar la asignatura y por lo tanto se presentan estudiantes que no han seguido la evaluación continuada ni se han acogido al sistema de retorno personalizado. Igualmente se ha facilitado el retorno personalizado a los estudiantes que no superaron las pruebas, a los que las aprobaron justo y a los despistados que las solicitaron más tarde.

Si se analizan los resultados conjuntamente, se observan dos asignaturas con estudiantes con intereses distintos. En *FC*, la mayoría que siguen la asignatura utilizan el sistema de retorno personalizado. En

*CCPTIC* en cambio el número de estudiantes que sigue la asignatura es mayor en relación a *FC*, pero a una parte importante de estos estudiantes (un 40%), les es suficiente el retorno general y grupal para seguir con la asignatura y no recurren al retorno personalizado.

## 6. Evaluación cualitativa del retorno

Los datos cuantitativos del apartado anterior no reflejan la opinión de los estudiantes. Por esta razón, para evaluar los diferentes tipos de retorno se ha realizado un cuestionario que se describe a continuación.

Primero se sitúan los entrevistados en el segmento del universo que les corresponde: su titulación de procedencia y si han cursado la asignatura por primera vez o no. También se pregunta por la nota de la práctica que ya conocían en el momento de la encuesta. El objetivo de estas preguntas iniciales es la correlación con el rendimiento académico de los encuestados.

Las preguntas, excepto las de respuesta abierta, se valoran del 1 al 5, siendo la valoración mayor la correspondiente a estar totalmente de acuerdo con el enunciado.

Los subapartados siguientes se ocupan de cada uno de los distintos bloques de preguntas de la encuesta.

### 6.1. Tipo de retorno

El primer bloque de preguntas está relacionado con la valoración de los diferentes tipos de retorno.

- La solución que se publica de las pruebas y de la práctica me ha sido de utilidad para mejorar.
- El informe que envía el consultor sobre el resultado general de las pruebas y de la práctica me ha sido de utilidad para mejorar.
- El retorno personalizado que he recibido de mis pruebas y práctica me ha sido de utilidad para mejorar.

El objetivo de este bloque es detectar el grado de satisfacción de los estudiantes respecto cada uno de los tipos de retorno que reciben.

### 6.2. Solicitud de retorno personalizado

El bloque siguiente se enfoca al tipo de retorno que se describe en este artículo, es decir, el personalizado. Se analiza para qué pruebas el estudiante ha pedido el retorno personalizado y en caso de no solicitarlo en todas las pruebas, aparece una pregunta adicional para preguntar la causa. El objetivo es analizar los motivos por los cuales los dejan de pedir el retorno personalizado.

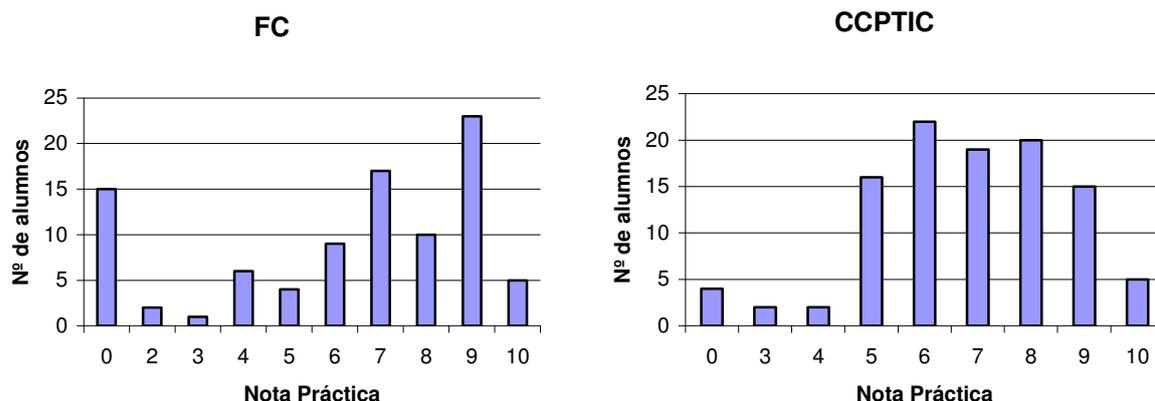


Figura 3: Distribución de la nota de práctica

### 6.3. Análisis retorno personalizado

Este bloque nos ayuda a detectar la utilidad para el estudiante del retorno personalizado basado en competencias:

- He tenido en cuenta el retorno personalizado que he recibido de cada prueba para las siguientes.
- He comprendido los indicadores de la rúbrica utilizados para evaluar cada prueba.
- La evaluación de cada indicador me ha sido útil para saber qué aspectos de mi solución eran correctos y cuáles no.
- Los comentarios adicionales me han sido útiles para saber qué aspectos debía mejorar.
- El formato en el que he recibido el retorno individual me parece adecuado.

### 6.4. Opinión de los estudiantes

Finalmente, hay una pregunta de respuesta abierta para que aporten cualquier comentario crítico en relación al retorno personalizado. Estas opiniones nos permitirán recoger las inquietudes de los estudiantes no reflejadas en las preguntas anteriores.

## 7. Discusión de los resultados

En esta sección se presentan los resultados de la encuesta que los alumnos respondieron de forma voluntaria y anónima. En *FC*, de un total de 366 matriculados se obtuvieron 92 respuestas, es decir, un poco más de un 25%. En *CCPTIC* el índice es del 23% (105 respuestas de un total de 436 matriculados).

La distribución de la nota de la práctica de los encuestados se muestra en la fig. 3. Se puede observar que se distribuyen en todo el espectro, desde los que obtuvieron una buena calificación hasta los que no llegaron a presentarla, indicado en el gráfico con un

cero. Por ello, puede contarse con respuestas cuya media no está influenciada significativamente por el rendimiento académico de los estudiantes.

### 7.1. Tipo de retorno

Para la evaluación de las preguntas de la encuesta se ha calculado la media aritmética de los resultados. El primer bloque muestra el nivel de valoración de cada uno de los tipos de retorno.

- Respecto a la publicación de la solución, en *FC* los alumnos valoran en un 4,06 este tipo de retorno. En una asignatura técnica donde las pruebas son mayoritariamente ejercicios y problemas, los estudiantes valoran muy positivamente la solución de los ejercicios. En el caso de *CCPTIC* donde únicamente una parte de las pruebas tiene una solución única se valora en un 3,8.
- Los alumnos de *FC* valoran en un 3,35 el retorno grupal. La descripción de los errores más comunes es valorada pero no tanto como la resolución de la prueba. En *CCPTIC* la valoración en cambio es más alta, un 4,1. Se debe a que en este caso conocer los errores comunes de escritura facilita el aprendizaje.
- Respecto al retorno personalizado, en *FC*, la valoración baja hasta el 2,91 (menos del 50%). Aunque el número de accesos y solicitudes es muy elevado en la plataforma de soporte, los alumnos no valoran muy positivamente este tipo de retorno. En las siguientes subsecciones, se puede observar que una posible razón de este dato es los escasos comentarios adicionales que se han incluido en el retorno personalizado. En el caso de *CCPTIC* en cambio la valoración es de 3,5 dado que en este tipo de ejercicios la corrección personalizada de los textos escritos por los estudiantes es muy útil para que éste conozca sus propios problemas de escritura.

## 7.2. Solicitud de retorno personalizado

En *FC*, del conjunto de alumnos que han respondido a la encuesta solicitaron el retorno personalizado en todas las pruebas 43 alumnos (menos del 50%). De todas formas, si calculamos el número de solicitudes totales por prueba, se obtiene un total de 67, 53 y 57 para las pruebas segunda y tercera y para la práctica respectivamente. Además, un total de 16 estudiantes no pidieron ningún tipo de retorno.

Si se analizan las explicaciones de los alumnos de los motivos por los que no pidieron el retorno personalizado, se observa que la mayoría (13 estudiantes) no lo hicieron por descuido. Además cuatro estudiantes indicaron que no lo necesitaban y tres más que no entendían su utilidad.

En el caso de *CCPTIC*, 81 estudiantes (un 80%) de los que respondieron la encuesta solicitaron el retorno personalizado en todas las pruebas. Los pocos que no lo hicieron lo atribuyen a la falta de tiempo para leerlo o que desconocían el sistema.

## 7.3. Análisis retorno personalizado

Este bloque de preguntas incide directamente sobre el grado de satisfacción del retorno personalizado.

- Respecto a si se ha tenido en cuenta el retorno para las siguientes pruebas, los estudiantes de *FC* aseguran con una valoración de 3,57 que sí. Aunque no es una valoración demasiado alta considerando el objetivo del retorno personalizado se explica por el hecho de que en una asignatura técnica los estudiantes consideran que el grado de consecución de las competencias específicas no contribuye a mejorar las calificaciones en las siguientes pruebas. Además, en *FC*, los contenidos de cada prueba no son acumulativos, excepto en la práctica de síntesis, factor importante que puede influir en la valoración de estos tipos de retorno.

En el caso de *CCPTIC* la valoración es muy positiva, de 4,2. Tratándose de una asignatura donde el aprendizaje es incremental y en la que cada prueba incluye los aprendizajes de la anterior, es un dato muy importante. Denota que los estudiantes son conscientes de la importancia de corregir los errores de una prueba en el momento de resolver la siguiente.

- La valoración en relación a la comprensión de la rúbrica es en el caso de *FC* de 3,75 y de 4,1 en el caso de *CCPTIC*. Este factor es muy importante, ya que la rúbrica especifica los criterios de valoración y describe qué se espera que haga el estudiante respecto a cada indicador.
- El resultado de la utilidad de la evaluación de cada indicador complementa el resultado obtenido en relación a la primera pregunta. En *FC*, los estudiantes no encuentran demasiado útil la va-

loración de cada indicador (valoración de 3,42). En el caso de *CCPTIC* el valor es un poco más alto, de 3,9 lo que se interpreta como que la información que aportan los indicadores de la rúbrica es considerada por el estudiante más relevante y útil para conocer los aspectos correctos e incorrectos de la solución.

- Respecto a los comentarios adicionales, los estudiantes de *FC* valoran la pregunta con 2,91. En este caso, algunos de los profesores no habían añadido ningún comentario adicional y por esta razón los estudiantes valoran negativamente este apartado. En el caso de *CCPTIC* donde se completaba la valoración de los indicadores de la rúbrica con comentarios personalizados los estudiantes valoran con un 4,1 la utilidad para saber qué aspectos se deben mejorar.
- Finalmente, los estudiantes valoran positivamente (valoración de 4,01 en ambos casos) la forma de recibir los resultados mediante la matriz de corrección. Este formato de representación es fácil de interpretar y permite revisar los resultados rápidamente.

## 7.4. Opinión de los estudiantes

Finalmente, analizando la opinión de los estudiantes respecto al retorno personalizado, el comentario más recurrente tanto en *FC* como en *CCPTIC* es que el sistema de peticiones es un poco confuso y que por esta razón se han olvidado de solicitar el retorno. Algunos estudiantes alegan que no entienden la razón por la cual hay que pedir la solicitud. Consideran que los deberían recibir siempre por defecto.

En relación a los comentarios adicionales incluidos en el retorno por los profesores, en el caso de *FC* los estudiantes los critican como insuficientes. En el caso de *CCPTIC* los valoran como muy adecuados y completos en la mayoría de casos y como insuficientes en otros menos. Se constata una diferencia importante tanto en cantidad como en la calidad dependiendo del profesor que realizaba los comentarios.

Como comentarios positivos, en el caso de *FC* se valora positivamente este tipo de retorno que, se considera que, en algunos casos, complementa la solución facilitada de las pruebas. En el caso de *CCPTIC*, algunos estudiantes indican que los comentarios personalizados del profesor les han ayudado mucho en su aprendizaje y en la realización de las pruebas siguientes. Diversos comentarios de las preguntas abiertas indican el retorno como uno de los aspectos más positivos de la asignatura.

## 8. Propuestas de mejora

Después de analizar estos resultados, el equipo de profesores ha propuesto algunas mejoras para el siguiente curso en las dos asignaturas:

- Mejora del sistema de solicitud: La mayoría de los problemas que han tenido los estudiantes están en el sistema de solicitudes. En el sistema actual en *FC* utilizando Rubrick en el momento de visualizar el retorno de una prueba aparecía la opción de solicitar el retorno para la siguiente prueba. En caso de *CCPTIC*, se debía enviar un correo al profesor. Parece ser que los estudiantes, con frecuencia, se olvidan de hacer esta solicitud. Se propone cambiar el sistema o incorporar un mecanismo de recordatorio (vía correo electrónico) indicando la fecha límite que tienen para solicitar el retorno. La opción que se considera ideal (enviar el retorno a todos los estudiantes sin necesidad de solicitud alguna) se descarta porque supone una carga de trabajo para el profesor inasumible en estos momentos y también porque cuando en cursos anteriores se ha enviado el retorno a todos los estudiantes se ha constatado que bastantes de ellos, a pesar de disponer de los comentarios individuales hacen caso omiso, de hecho ni siquiera los leen.
- Mejora de los comentarios: Un sistema de retorno personalizado debe incluir comentarios personalizados para que sea realmente útil al estudiante. Se espera que un mayor detalle y concreción de los comentarios individuales aumente el grado de satisfacción de los estudiantes porque cuando el retorno se limita a la evaluación de los indicadores de la rúbrica se considera bastante menos eficaz.

## 9. Conclusiones

En este artículo se ha presentado un análisis del retorno personalizado en dos asignaturas de primer semestre. Además se ha presentado una herramienta de soporte que puede ayudar a simplificar el retorno.

Dentro del análisis, se ha detectado que dependiendo del tipo de ejercicios de las pruebas los estudiantes consideran más útil un tipo u otro de retorno. En asignaturas técnicas como *FC* donde los ejercicios tienen una solución única se considera más útil la publicación de la solución y el informe con los errores más comunes cometidos por los estudiantes del aula. En el caso de *CCPTIC* donde se trabaja la redacción de textos se considera más útil la corrección individualizada con comentarios detallados sobre la respuesta presentada seguidos del informe con comentarios generales del aula.

Además, el hecho de tener que solicitar el retorno aunque evita trabajo al profesor porque sólo hay que prepararlo para los estudiantes que lo leen y lo utilizan, provoca también que algunos estudiantes se despisten y olviden solicitarlo.

La rúbrica que acompaña la matriz de valoración se entiende mayoritariamente aunque la valoración

recibida para cada indicador no se considera tan útil. Esto se debe a que para que sea útil para el estudiante debe hacer un esfuerzo para interpretar la valoración considerando su respuesta concreta al ejercicio, en definitiva, saber relacionar la descripción del indicador para el nivel conseguido por el estudiante con el ejercicio realizado.

En cualquier caso, la forma de recibir los resultados a través de una matriz de valoración vinculada a una rúbrica se considera útil. Por parte de los estudiantes, no se observan diferencias significativas por el hecho de si se recibe a través de una plataforma de soporte o no. En cambio, desde la perspectiva del profesor, la herramienta automática simplifica la tarea del profesor ya que le evita el trabajo tedioso de enviar una a una las correcciones individuales. Así mismo facilita la obtención y explotación de los datos y esto permite conocer justo después de cada prueba qué aspectos (indicadores) son los que se han resuelto mejor y cuáles necesitan trabajarse más. Esta agilidad que proporciona la herramienta la convierte también en una herramienta a disposición del profesor para mejorar la docencia.

## Referencias

- [1] Ana Espasa y Elena Barberà. Regulative feedback in an online environment in Higher Education: Student's perception and design considerations. En *Higher Education: Teaching, Internationalization and Student Issues*. pp.157-177. 2011.
- [2] María José García, Luís Fernández, M<sup>a</sup> José Terrón, y Yolanda Blanco. Métodos de evaluación para las competencias generales más demandadas en el mercado laboral. En *Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, JENUI 2008*, pp. 265-272, Granada, 2008.
- [3] Jon Ander Gómez. Reflexiones sobre el desarrollo de competencias en alumnos de primer curso. En *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2012*, pp. 177 – 184, Ciudad Real, julio 2012
- [4] Isabel Nepomuceno, Juan A. Nepomuceno, Antonia M. Reina, y Jorge García. Metodología de evaluación continua en la asignatura de Fundamentos de Programación: un cambio de evaluación enfocado al desarrollo de competencias. En *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2012*, pp. 393–396, Ciudad Real, julio 2012.
- [5] Ernesto Panadero y Anders Jonsson. The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review, *En Educational Research Review*, Vol. 9, pp. 129-144, Junio 2013

# Una experiencia de autoevaluación y evaluación por compañeros\*

Mercedes Marqués Andrés, José M. Badía Contelles, Ester Martínez-Martín  
Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Computadores  
Universitat Jaume I  
Castellón de la Plana  
{mmarques,badia,emartine}@uji.es

## Resumen

En el seminario permanente de innovación educativa en el que participamos nos hemos formado en el uso de la autoevaluación y la evaluación por compañeros para llevar a cabo la evaluación continua que ha venido de la mano de los nuevos grados. Este trabajo presenta la puesta en marcha de estas estrategias en una asignatura de Informática del Grado en Traducción e Interpretación de nuestra universidad, junto a unos primeros resultados.

## Abstract

On the way to incorporate continuous evaluation coming from the hand of new degrees, we have been trained in auto-assessment and peer-assessment through the permanent seminar on innovation in education we take part in. This paper presents the start-up of the studied assessment techniques on the Computing subject in a Bachelor Degree in Translation and Interpreting, as well as the early obtained results.

## Palabras clave

Evaluación continua, autoevaluación, evaluación por compañeros.

## 1. Motivación

Los autores de este trabajo formamos parte de un Seminario Permanente de Innovación Educativa (SPIE) denominado “Eficacia Docente en Informática” (EDI) que se puso en marcha en 2011. El SPIE surgió como respuesta a las inquietudes de un grupo de profesores del ámbito de la informática a raíz de la reciente implantación de los títulos de grado en la universidad. Si bien es cierto que todos llevábamos algunos años introduciendo innovaciones en nuestra

docencia (metodologías activas, evaluación continua, aprendizaje colaborativo, etc.), nos dábamos cuenta de que con eso no bastaba. Las cosas no salen bien a la primera, surgen imprevistos que hay que resolver, nos desborda el trabajo de evaluación y se hacen interpretaciones subjetivas de cómo aplicar las metodologías, de sus resultados y de cómo actúan los estudiantes.

El SPIE EDI se basa en la práctica reflexiva mediante la investigación-acción [6]. Como profesionales de la educación integramos en nuestra práctica la función investigadora como medio de autodesarrollo, analizando nuestra experiencia de una manera objetiva, introduciendo cambios en nuestra práctica para conseguir mejoras y aprendiendo a través de las consecuencias de dichos cambios.

En el SPIE EDI, tras reflexionar y debatir sobre los problemas que nos estamos encontrando en nuestra práctica, elegimos como foco de investigación la evaluación continua que estamos llevando a cabo. En los nuevos grados tenemos asignaturas en las que la evaluación continua cuenta con un peso importante en la nota final llegando a ser del 50% o incluso más; una evaluación que si lograra ser formativa ayudaría al estudiantado en su proceso de aprendizaje, pero que al ser también sumativa y con un peso tan elevado, supone tal cantidad de trabajo para el profesorado que dificulta, en gran medida, dar realimentación de calidad y a tiempo.

Tras realizar una revisión bibliográfica previa [2, 3, 7, 8, 9] encontramos muy adecuada la propuesta de incorporar la autoevaluación y la evaluación por compañeros en nuestras asignaturas. Estas técnicas, además de ahorrar tiempo al profesorado, tienen un valor añadido que encontramos mucho más interesante: contribuyen a que los estudiantes interioricen los estándares que se espera que alcancen. De esta manera, pueden autorregularse y mejorar la calidad de sus actividades, aumentando en consecuencia el dominio de

\*Financiado por la Unitat de Suport Educatiu de la Universitat Jaume I en el marco de un Proyecto de Innovación Educativa (curso 2012/13).

sus estrategias de aprendizaje. Además, estas técnicas promueven aprendizajes significativos y duraderos [5].

El SPIE ha sido el espacio en el que nos hemos formado para el uso de la autoevaluación y la evaluación por compañeros, y en el que hemos elaborado un guión para plantear las actividades a realizar por parte de los alumnos. Además, el SPIE ha sido un espacio de reflexión y colaboración en el que hemos analizado nuestras prácticas con el fin de diagnosticar el origen de los problemas detectados y realizar propuestas de mejora [4].

Para mostrar nuestra experiencia en este artículo comenzamos presentando el contexto en el que se ha desarrollado la experiencia: la asignatura, las competencias que se deben adquirir, la metodología que empleamos (centrada en el estudiante) y cómo se realiza la evaluación. En el apartado 3 detallamos cómo hemos llevado a cabo la autoevaluación y la evaluación por compañeros para evaluar las prácticas de la asignatura en el curso 2012/13, así como algunos resultados. Para conocer la opinión del estudiantado acerca del uso de este tipo de evaluación hemos elaborado una encuesta cuyos resultados se presentan en el apartado 4. A partir de los resultados de la encuesta y de nuestras propias impresiones a lo largo de esta experiencia, realizamos una reflexión para identificar las posibles áreas de mejora (apartado 5). Finalizamos el artículo aportando una serie de conclusiones que pueden ayudar a otros colegas al poner en práctica estas estrategias.

## 2. Contexto

Los autores de este trabajo somos profesores de una asignatura de informática que cursa el alumnado del Grado en Traducción e Interpretación de nuestra universidad. El nombre de la asignatura es *Nuevas tecnologías para las lenguas y las humanidades (Informática)* y tiene este nombre tan general porque es una asignatura con un temario común para varias titulaciones que aloja la Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Además, la denominación final de *Informática* entre paréntesis indica que esta asignatura está incluida en los 60 créditos de formación básica de dichas titulaciones y cubre los créditos de la materia *Informática* tal y como se indica en el anexo II del Real Decreto 1393/2007 que regula las enseñanzas de grado.

La asignatura se sitúa en el primer semestre del primer curso y consta de 6 créditos todos ellos de carácter práctico, por lo que cuenta con dos sesiones de clase a la semana de dos horas cada una. En el plan de estudios se especifica que el 50% de la calificación debe provenir de la evaluación de memorias e infor-

mes de prácticas, mientras que el otro 50% se ha de obtener de pruebas de tipo examen. La evaluación continua se realiza sobre los informes de prácticas, por lo que el estudiantado debe realizar entregas periódicas para que se le dé una realimentación sobre su progreso en la asignatura.

Hasta el curso 2011/12 la evaluación de las entregas periódicas la ha realizado el profesorado, encontrando como principal inconveniente que su resultado no siempre llegaba a tiempo a los alumnos. Para que la evaluación tenga efecto, se debe dar realimentación con suficiente detalle y además debe llegar a tiempo para que sea recibida por los estudiantes cuando todavía están en condiciones de utilizarla para un aprendizaje posterior o puedan recibir ayuda a tiempo. Esto suponía que el profesorado debía dedicar entre dos y tres horas a la semana a realizar esta tarea justo después de que se efectuara la entrega, lo que no siempre era posible teniendo en cuenta todas las tareas de docencia, gestión e investigación que el profesorado debemos llevar a cabo. Por esta razón decidimos poner en marcha la autoevaluación y la evaluación por compañeros.

A continuación se presentan las características de la asignatura: competencias, metodología y evaluación.

### 2.1. Competencias

Las competencias asociadas a esta asignatura son las siguientes:

- Buscar información en Internet.
- Conocer y manejar herramientas informáticas para realizar presentaciones, edición de audio, vídeo e imagen, creación de gráficos y creación de documentos digitales.
- Conocer y utilizar recursos online (universidad, Web 2.0, enseñanza y aprendizaje).
- Ser capaz de aplicar nociones de seguridad informática y firma digital.

### 2.2. Metodología

La metodología docente que se emplea en la asignatura está centrada en el estudiante. Las sesiones de clase son todas de carácter práctico y se llevan a cabo en aulas informáticas en las que cada estudiante dispone de un ordenador. Las explicaciones del profesorado en las clases son breves y se destinan a explicar qué se espera que hagan en la sesión de clase, qué resultados deben entregar, y cómo y cuándo se van a evaluar. El alumnado dispone de tutoriales en vídeo y enlaces a documentación que debe ir siguiendo para realizar los ejercicios de la sesión, contando siempre con el apoyo del profesorado.

Los contenidos a trabajar en la asignatura se han dividido en doce prácticas. Algunas prácticas ocupan una sesión de clase mientras que otras ocupan varias sesiones. Al finalizar cada práctica el alumno dispone de un plazo para realizar su entrega; esta entrega será evaluada por él mismo o por sus compañeros, también dentro de un plazo. De este modo, se lleva a cabo una evaluación formadora<sup>1</sup> continua que sirve como mecanismo de aprendizaje ya que proporciona información al alumnado sobre su progreso en la asignatura.

Además, el alumnado debe realizar un trabajo a lo largo de la asignatura (fuera de las horas lectivas) para cuya entrega se establecen una serie de hitos evaluables, desarrollando de esta manera el aprendizaje autónomo. El trabajo consiste, básicamente, en la elaboración de un ensayo sobre un tema de su elección y una presentación digital.

### 2.3. Evaluación

Para la evaluación en la primera convocatoria se tienen en cuenta todas las actividades realizadas en la asignatura y el examen. El peso de cada parte y los requisitos sobre ella son los siguientes:

- **Prácticas:** 2 puntos. Cada práctica puntúa 2/12 independientemente de su grado de desempeño. Lo que se exige para obtener la puntuación de cada práctica es (1) haber entregado la práctica habiendo hecho todos los ejercicios y (2) haber participado en la evaluación, ya sea la propia o la de un compañero.
- **Trabajo:** 4 puntos. El trabajo consta de una serie de hitos que evalúa el profesorado proporcionando realimentación que será utilizada para mejorarlo de cara a la entrega final.
- **Examen:** 4 puntos. Se realiza un examen práctico sobre contenidos y competencias que no se recogen en el trabajo. El examen también es evaluado por el profesorado.

Para superar la asignatura es necesario obtener un 50% de la calificación de cada una de las partes: prácticas, trabajo y examen.

## 3. Autoevaluación y evaluación por compañeros

En algunas de las prácticas realizadas por los alumnos se ha llevado a cabo la evaluación mediante autoevaluación, mientras que en otras se ha realizado una evaluación por compañeros. A continuación se

<sup>1</sup>Se denomina *evaluación formadora* a la que arranca del propio discente y que se fundamenta en el autoaprendizaje, a diferencia de la *evaluación formativa* que está centrada en la intervención del profesor [1].

describe con más detalle el uso de estas estrategias en las prácticas de la asignatura.

### 3.1. Autoevaluación

En algunas prácticas los alumnos realizan ejercicios que no constituyen después una entrega, como sucede en la práctica de correo electrónico. En esta práctica se realizan ejercicios de envío y recepción de mensajes, organización, búsqueda y filtrado automático, gestión de contactos, configuración de la cuenta y conversaciones interactivas.

Para evaluar los conocimientos adquiridos se responde a un cuestionario a través del Aula Virtual (*moodle*). El estudiante realiza el cuestionario en el aula al finalizar la práctica y la plataforma le informa inmediatamente sobre su desempeño indicándole qué preguntas ha respondido correctamente y cuáles son incorrectas, sin indicarle la respuesta correcta. La tarea que debe realizar el alumno en su horario de trabajo personal consiste en elaborar un informe de autoevaluación. Las instrucciones que se le proporcionan son las siguientes:

*“Tras responder el cuestionario asociado a la práctica 2 deberás completar este informe de autoevaluación. Si has contestado correctamente todas las cuestiones, enhorabuena, no es necesario que presentes el informe de autoevaluación. En otro caso, deberás completar el informe en el recuadro de texto habilitado a tal efecto. En dicho informe, para cada una de las cuestiones que NO has contestado correctamente (o que has dejado sin contestar) deberás comentar por qué es incorrecta la respuesta que has elegido y cuál es la respuesta correcta. Tu profesor de prácticas valorará tu informe de autoevaluación.”*

Mediante la elaboración de este informe se persigue que el alumnado reflexione sobre sus errores desarrollando así la capacidad para aprender de forma autónoma. La evaluación posterior que realiza el profesorado requiere poco tiempo ya que en la mayor parte de los casos no hay que dar una realimentación detallada, sino puntualizar algunas cuestiones que generalmente han sido relativas a cómo se ha elaborado el informe. Por ejemplo, en algunos casos el estudiante solo indicaba la respuesta correcta sin explicar por qué era incorrecta la respuesta que había escogido inicialmente. En estos casos, hemos recordado al estudiante cómo debe llevar a cabo el informe con el objetivo de que lo tenga en cuenta en la próxima ocasión; hemos considerado que esta primera autoevaluación también ha servido como entrenamiento. Recordamos aquí que una práctica puntúa 2/12 si se ha realizado su entrega y la entrega del informe de autoevaluación.

De las doce prácticas de las que consta la asignatura, la autoevaluación que se ha descrito se ha utilizado en dos ocasiones:

- **Práctica 2:** 97 estudiantes hacen el cuestionario de las que 4 obtienen un 10. Esperamos 93 informes y se presentan 86 (92%).
- **Práctica 6:** 92 estudiantes hacen el cuestionario de las que 5 obtienen un 10. Esperamos 87 informes y se presentan 77 (88%).

### 3.2. Evaluación entre compañeros

En el resto de las prácticas se ha utilizado la evaluación por compañeros. En cada una de estas prácticas se debía realizar una entrega unos días después de finalizar la última sesión de la práctica. La entrega ha consistido bien en las respuestas a una serie de ejercicios, o bien en un producto (documento, hoja de cálculo, vídeo editado, página web, etc.). Para llevar a cabo esta evaluación, el estudiantado necesita conocer los criterios de evaluación, que se han proporcionado de dos formas diferentes: mediante formularios y mediante rúbricas. En formularios y rúbricas se pide a los estudiantes evaluar distintos aspectos de la entrega realizada por el compañero indicándole una serie de criterios a tener en cuenta. Por ejemplo, en una práctica de la hoja de cálculo una pregunta del formulario era: “¿El título que hay dentro del gráfico permite entender la información que muestra dicho gráfico?”. El alumno debía responder sí o no; en caso de responder no, se debía incluir un comentario para el compañero que le ayudara a identificar el origen de su error. En el caso de la rúbrica, puede servir como ejemplo la siguiente cuestión (práctica del procesador de textos): “Uso de estilos. Accede al documento de tu compañero/a, desplázate a lo largo del mismo y comprueba que al cambiar de parte (título, subtítulo, título de apartado y texto de los párrafos), cambia el nombre del estilo utilizado.”. Las opciones a señalar en la rúbrica eran:

- *Ha usado un estilo diferente en cada una de las partes del documento (título, subtítulo, título de apartado y texto de los párrafos).*
- *Hay una o dos partes del documento en donde se ha usado el mismo estilo pero el aspecto de ambas partes es distinto (se han hecho ajustes manuales sin redefinir el estilo).*
- *Hay más de tres partes del documento en donde se ha usado el mismo estilo pero el aspecto de ambas partes es distinto (se han hecho ajustes manuales sin redefinir el estilo).*

En las prácticas en las que se ha realizado la evaluación entre compañeros se ha utilizado el módulo taller de la plataforma *moodle*. Los talleres permiten

proporcionar a los alumnos tanto formularios de evaluación como rúbricas, además de que permiten gestionar todo el proceso. Así, se puede fijar si se hará autoevaluación y/o evaluación por compañeros, a cuántos compañeros se debe evaluar, si la asignación se ha de hacer automáticamente de forma aleatoria o la realiza el profesor, o si la evaluación ha de ser anónima, entre otros parámetros. En un taller, cada alumno obtiene dos calificaciones: la que recibe por la evaluación realizada por un compañero y la que recibe por su papel de evaluador. Esta segunda calificación se obtiene comparando las calificaciones que ha otorgado con las que han otorgado a los mismos trabajos los otros compañeros evaluadores. En la configuración del taller el profesor debe fijar cuán estricta debería ser la comparación de las evaluaciones; cuanto más estricta sea la comparación, más similares necesitan ser las evaluaciones a fin de obtener una calificación elevada. En nuestro caso, cada alumno ha evaluado a un solo compañero por lo que todos han obtenido la máxima nota en esta segunda calificación por el hecho de evaluar, si bien esta nota no repercute en su evaluación.

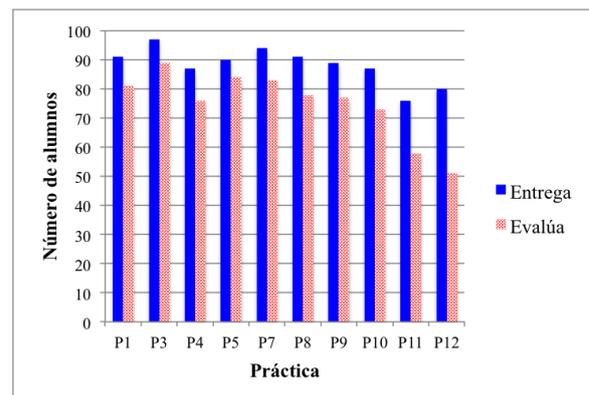


Figura 1: Evaluación entre compañeros.

Como ya se ha indicado, cada práctica puntúa 2/12 siempre y cuando se haya entregado la práctica y se haya participado en la evaluación. Por lo tanto, no participar en la evaluación hace que se pierda la puntuación que conlleva la práctica. El número de alumnos que ha obtenido la puntuación correspondiente a cada una de las prácticas de evaluación por compañeros se muestra en la Figura 1. En la figura se observa que el número de entregas en cada práctica se ha mantenido alrededor de las 90, excepto en las dos últimas, que baja alrededor de las 80 entregas. Lo que ha ido disminuyendo de modo más visible ha sido la participación en la evaluación por compañeros. Por ejemplo, en la última práctica hubo 89 entregas y 38

personas de las que entregaron no participaron en la evaluación.

En la evaluación por compañeros el papel del profesorado ha sido el de supervisar las evaluaciones realizadas por el alumnado haciendo comentarios sobre las mismas cuando no se han realizado correctamente y habiendo cambiado, en algunas ocasiones, las calificaciones.

### 3.3. Resultados

La Figura 2 refleja las notas medias obtenidas por los alumnos en las tres componentes de la evaluación de la asignatura: prácticas (Pr), trabajo (Tr) y examen (Ex). Los alumnos se han agrupado en función de su implicación en las prácticas (porcentaje) y se ha calculado la nota media de cada componente para cada uno de los grupos. En el eje horizontal quedan reflejados los grupos y entre paréntesis se indica el número de alumnos en cada nivel de participación. En la figura se observa que la nota media de las prácticas es una función lineal del porcentaje de implicación. También se observa que la nota de las otras dos componentes, fruto de la evaluación del profesor, aumenta a medida que se participa más activamente. Por otra parte, la nota media del trabajo presenta una correlación bastante elevada con la implicación en las prácticas y la nota media del examen es claramente más baja para los alumnos que participan muy poco.

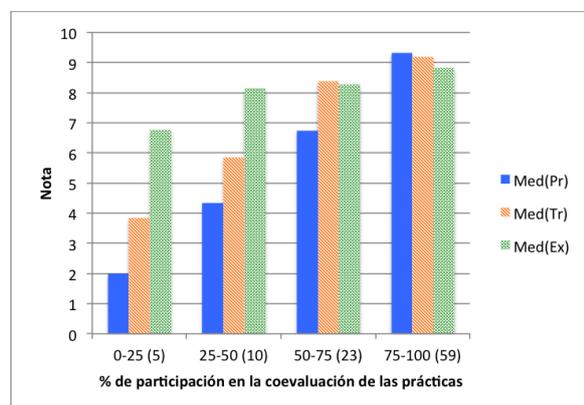


Figura 2. Influencia de la participación en las prácticas sobre la nota de la asignatura.

## 4. Encuesta al estudiantado

Para conocer la opinión del estudiantado en cuanto al uso de la autoevaluación y la evaluación por compañeros en la asignatura hemos elaborado una encuesta. La encuesta recoge información acerca de la repercusión percibida por el estudiantado sobre su aprendizaje (nuestros objetivos), su actitud ante el proceso,

su opinión en cuanto al proceso en sí (cómo se ha llevado a cabo) y la claridad de los instrumentos utilizados (cuestionarios, formularios y rúbricas).

Se han recogido 60 encuestas que se han realizado de forma anónima y voluntaria a través de un formulario de Google Docs en la última semana de clase de la asignatura. En la asignatura hay 105 personas matriculadas, por lo que las respuestas corresponden a un 57% del alumnado, lo que se considera suficientemente representativo.

Para las respuestas se ha utilizado una escala Likert de 1 a 5 en la que el valor 1 significa “Completamente en desacuerdo” y el valor 5 “Completamente de acuerdo”. El Cuadro 1 recoge las preguntas de la encuesta y el porcentaje de cada una de las respuestas dadas. Además, se han incluido dos preguntas de respuesta libre en las que les pedíamos: (1) indicar otras ventajas de la autoevaluación y la evaluación por compañeros no mencionadas en la encuesta, y (2) indicar los inconvenientes o problemas encontrados. En el siguiente apartado se analizan los resultados.

### 4.1. Objetivos

En relación a los objetivos que pretendíamos conseguir mediante la autoevaluación y la evaluación por compañeros, queríamos saber su percepción en cuanto a cómo les ha ayudado para:

- conocer los criterios de calidad de la asignatura (cuestión 2),
- identificar los errores cometidos (cuestión 4 y cuestión 7).
- reflexionar sobre lo aprendido (cuestión 6) y
- aprender algo más después de realizar la práctica (cuestión 8).

Las respuestas a las cinco cuestiones son afirmativas ( $\geq 4$ ) en más del 70%, lo que muestra que su percepción es muy positiva en los cuatro objetivos perseguidos con este sistema de evaluación.

En los comentarios realizados en las cuestiones de respuesta abierta una persona ha indicado como ventaja adicional de la evaluación por compañeros “que te evalúa alguien de tu mismo nivel: sus comentarios no son tan técnicos como los del profesor”.

### 4.2. Participación en el proceso

Para conocer cómo ha sido su participación en el proceso hemos usado cuatro cuestiones. La cuestión 3 indica que la mayoría de los encuestados ha leído todas las evaluaciones que han recibido, sin embargo, un 20% indica que no lo ha hecho (valores 1 ó 2), lo que constituye una oportunidad de mejora.

Cuestiones	1	2	3	4	5
1. Los formularios de evaluación eran claros, lo que ha facilitado el proceso de corrección.	2	2	10	65	22
2. La autoevaluación y la evaluación por compañeros me ha permitido conocer los criterios de calidad de la asignatura.	0	7	17	47	30
3. He leído todas las evaluaciones que se me han realizado.	5	15	12	18	50
4. Los comentarios recibidos en la evaluación entre compañeros me han ayudado a identificar mis errores.	2	5	23	33	37
5. Considero que se me ha evaluado correctamente en la mayor parte de las ocasiones.	0	5	18	40	37
6. Tener que aportar comentarios en la evaluación entre compañeros me ha ayudado a reflexionar sobre lo aprendido.	2	3	12	43	40
7. La autoevaluación me ha ayudado a identificar mis errores.	0	3	10	35	52
8. La autoevaluación y la evaluación entre compañeros me ha servido para aprender algo más después de hacer la práctica.	0	8	10	53	28
9. La evaluación entre compañeros debe ser anónima.	7	7	20	10	57
10. Considero necesario que el profesorado revise las evaluaciones realizadas por los compañeros.	0	2	7	13	78
11. Considero adecuado que la nota recibida en la autoevaluación y la evaluación por compañeros NO influya sobre mi nota en la asignatura.	5	8	20	18	48
12. Me he tomado en serio la realización de los informes de autoevaluación y la evaluación por compañeros.	2	2	10	20	67
13. Las entregas del trabajo también deberían evaluarse entre compañeros.	40	22	28	7	3
14. Mi capacidad para realizar la autoevaluación y la evaluación por compañeros ha ido aumentando según hemos ido avanzando en la asignatura.	0	2	23	48	27
15. Los comentarios realizados por el profesorado sobre las evaluaciones que he hecho me han ayudado a hacer mejor las evaluaciones.	0	0	8	35	55
16. Considero apropiado el uso de la autoevaluación y la evaluación por compañeros en la asignatura.	2	7	25	35	32
17. Considero que la autoevaluación y la evaluación por compañeros se debería utilizar también en otras asignaturas.	10	18	37	25	6

Cuadro 1: Encuesta realizada a los estudiantes. Se muestra el porcentaje de respuestas.

Por otro lado, la cuestión 12 indica que un 96% de los alumnos considera que se han tomado en serio o muy en serio el proceso y, la cuestión 14 muestra que opinan que han ido mejorando su capacidad de evaluación con la práctica. También consideran mayoritariamente (cuestión 15) que la supervisión y los comentarios del profesor sobre su proceso de evaluación les ayuda a mejorarlo.

La cuestión 5 indica que casi todos los alumnos están de acuerdo o muy de acuerdo con cómo se les ha evaluado, pero no sabemos hasta qué punto esto se basa en la supervisión del proceso realizada por el profesorado. En este sentido, las cuestiones 10 y 11 indican que los alumnos prefieren que las evaluaciones de sus compañeros no influyan en la nota y que estas sean revisadas y refrendadas por el profesor. Esta opinión se traslada también a la evaluación del trabajo, dado que en la cuestión 13 el 90% de los

alumnos prefieren que dicho trabajo, que se hace fuera de clase, sea evaluado por el profesor y no por los compañeros (su calificación es un 40% de la nota final).

#### 4.3. Calidad de los formularios

La cuestión 1 refleja que los alumnos están satisfechos con el modo en que se han planteado los formularios, pero solo un 22% está completamente satisfecho, por lo que consideramos que pueden ser mejorados.

#### 4.4. Opinión global

La cuestión 16 refleja que la mayoría de alumnos que han respondido a la encuesta están satisfechos con el uso de este tipo de evaluación en la asignatura. Sin embargo, las respuestas a la cuestión 17 indican un reparto casi equilibrado entre quienes lo ven ex-

tensible a otras asignaturas y quienes no. Pensamos que les puede resultar difícil imaginar cómo serían los formularios o las rúbricas a utilizar en otras asignaturas, quizá porque no tienen claros los criterios de evaluación.

## 5. Reflexión

Tras la puesta en marcha de la autoevaluación y la evaluación por compañeros en el curso 2012/13 y a la vista de los resultados y la encuesta, hemos realizado las reflexiones que se recogen en este apartado.

En primer lugar, consideramos que la experiencia ha sido positiva: hemos conseguido que el alumnado tenga información sobre su progreso a tiempo y su percepción sobre la repercusión en su aprendizaje es también positiva. Además, hemos reducido la carga de trabajo del profesorado en tareas de evaluación. Si bien es cierto que este curso hemos tenido que dedicar un tiempo considerable a la elaboración de los cuestionarios, los formularios y las rúbricas de evaluación, esperamos amortizarlo en cursos venideros. Nuestra intención es hacer pequeños retoques para favorecer su claridad, algo que también perciben los estudiantes. En cuanto al uso de la autoevaluación, aunque la hemos usado solo en dos ocasiones, la valoramos muy positivamente gracias a los informes de autoevaluación. Este proceso nos ha permitido ser testigos de cómo los estudiantes identifican sus errores y después son capaces de justificar cuál es la respuesta correcta, por lo que se hace patente el aprendizaje. De los resultados de la Figura 2 se desprende que los alumnos que se han implicado más en el desarrollo y evaluación de las prácticas, también lo han hecho en el resto de actividades de la asignatura, obteniendo mejores calificaciones.

Sin embargo, hay una serie de aspectos susceptibles de mejora. Uno de ellos es en qué ocasiones usar autoevaluación y en cuáles usar evaluación por compañeros. El criterio que se suele utilizar para elegir entre una estrategia u otra es el tipo de solución: si la solución es única, se recomienda usar autoevaluación, mientras que si la solución admite varias respuestas posibles con varios niveles de calidad posibles, se recomienda usar evaluación por compañeros [9]. En nuestro caso, tras examinar los formularios que hemos elaborado, nos damos cuenta de que la mayor parte de las prácticas pasarán a ser de autoevaluación (prácticamente todas aquellas que se han evaluado con un formulario).

También creemos que debemos utilizar alguna estrategia para recordar a los alumnos los plazos de los que disponen para la entrega de las evaluaciones entre compañeros. Un número importante de personas no participó en la evaluación de las dos últimas prácti-

cas, que coincidieron con el final del semestre y las vacaciones navideñas. Aunque en las primeras prácticas sí lanzamos avisos cuando se aproximaba el final de cada plazo, después dejamos de hacerlo esperando que se fueran acostumbrando (son alumnos de primero en su primer semestre). Sin embargo, no hubiera estado mal tener en cuenta la sobrecarga del trabajo que supone el final del semestre y volver a recordarles lo que tenían pendiente.

Otra reflexión que hacemos aquí es relativa a la dedicación del profesorado en el proceso de supervisión de la evaluación entre compañeros, ya que no todos hemos actuado del mismo modo. En un principio, se acordó revisar cómo se llevaba a cabo el proceso en las primeras prácticas para dar orientaciones a los alumnos que no hicieran bien la evaluación. Después solo sería necesario participar para evaluar a los alumnos cuyo evaluador hubiera agotado el plazo sin realizar su tarea y atender las posibles reclamaciones de los alumnos que no estuvieran conformes con su evaluación. No se han recibido reclamaciones y pensamos que es porque la evaluación recibida no tenía impacto en la nota final. Sin embargo, algunos profesores han seguido supervisando todas las evaluaciones realizadas por los alumnos. Esto les ha supuesto incluso más tiempo que en cursos anteriores porque al revisar la evaluación también estaban revisando la práctica entregada. Esta costosa tarea al menos ha servido para constatar que los estudiantes aprenden a evaluar mediante la práctica. Así, en un grupo en el que el profesorado ha revisado todas las evaluaciones, se tuvo que volver a evaluar un 74% de las entregas en la primera práctica y un 56% en la segunda; este porcentaje ha ido decreciendo hasta la última práctica en la que solo se hubo de intervenir en una evaluación.

Concluimos pues que es imprescindible que el profesorado confíe en que el proceso se puede llevar a cabo sin una supervisión continua, que se pueden arbitrar mecanismos para que los alumnos reclamen en caso de no estar conformes y que trasladarles esta responsabilidad contribuye a aumentar su capacidad de aprender de forma autónoma.

En próximos cursos, en los que la mayor parte de las prácticas serán de autoevaluación, sí será preciso revisar los informes de autoevaluación. La intención no es comprobar que se haya sido fiel en cuanto a la tarea entregada y los errores identificados, sino supervisar que las reflexiones realizadas son las adecuadas. Este curso ha sucedido que gracias a estos informes hemos identificado algunos ejercicios o cuestiones que podían ser confusos, así como algunos conceptos sobre los que no hemos hecho énfasis durante las prácticas. Revisar estos informes nos sirve también para identificar fuentes de errores debidos a precon-

ceptos erróneos que nos ayudarán a diseñar mejor las prácticas de la asignatura.

Otro aspecto susceptible de mejora es la gestión de los talleres de *moodle*. Esta ha sido nuestra primera experiencia con los nuevos talleres de la plataforma para los que no hay casi documentación, por lo que a veces hemos ido aprendiendo por prueba y error. Con los errores cometidos hemos aprendido algunas cosas importantes que sin duda mejorarán todo el proceso. Así, una vez confeccionado el taller en la fase de configuración (fase 1) se debe pasar de manera explícita a la fase de envío (fase 2) ya que no pasa de manera automática a pesar de haber establecido una fecha de inicio. El paso de la fase de envío a la fase de evaluación (fase 3) se puede ajustar para que sea automático, pero no es así con el siguiente cambio de fase (fase 4) en la que el profesor puede intervenir revisando las evaluaciones hechas por los estudiantes. Solo después de esta cuarta fase es cuando los alumnos tienen acceso las dos calificaciones y para verlas (y acceder a la realimentación recibida en las evaluaciones) es necesario cerrar el taller. A diferencia de las tareas de *moodle*, cuando se cierra el taller los estudiantes no reciben ningún aviso, por lo que no todos se dan cuenta que tienen la información accesible. Esto explica que un 20% de los encuestados no haya accedido a esta información. Además, para los estudiantes no resulta intuitiva la manera de acceder a la evaluación que han realizado y a la que han recibido. Por todo ello, el próximo curso estaremos más pendientes de los plazos para realizar los cambios de fase e ir avisando a los alumnos. Además, prepararemos tutoriales en vídeo mostrando cómo consultar toda la información de la evaluación.

## 6. Conclusiones

En este artículo hemos presentado una experiencia de uso de autoevaluación y evaluación por compañeros en la evaluación continua de las prácticas de una asignatura. Las principales conclusiones a las que hemos llegado son las siguientes:

- Estas estrategias resultan satisfactorias para los alumnos y favorecen el aprendizaje; así lo atestiguan las reflexiones de los alumnos realizadas en los informes de autoevaluación, los resultados de la encuesta de opinión y las calificaciones.
- Estas estrategias aligeran la carga de trabajo del profesor si logra confiar en el proceso y cesa en su empeño de revisar la tarea evaluativa realizada por los estudiantes. En nuestro caso, se ha pasado de dedicar dos o tres horas a la semana, a dedicar una hora como máximo.

- La implantación y uso adecuado de este método de evaluación requiere un proceso de aprendizaje por parte del profesorado, por lo que es importante plantearse qué impacto va a tener sobre la nota final. Así, puede ser aconsejable empezar con un bajo impacto e ir aumentándolo conforme se adquiere más soltura y se disponga de mejores instrumentos (cuestionarios, rúbricas y formularios).
- Los talleres de *moodle* constituyen una herramienta adecuada para llevar a cabo todo el proceso, aunque su uso es un tanto complejo.

## Referencias

- [1] M. Inmaculada Bordas y Flor A. Cabrera. Estrategias de evaluación de los aprendizajes centrados en el proceso. *Revista Española de Pedagogía*, n. 218, pp. 24-48, 2001.
- [2] Sally Brown y Angela Glasner (edit.). *Evaluar en la Universidad. Problemas y nuevos enfoques*. Madrid: Narcea, 2003.
- [3] Graham Gibbs y Claire Simpson. Condiciones para una evaluación continuada favorecedora del aprendizaje. *Cuadernos de docencia universitaria*. ICE de la Universitat de Barcelona y Ediciones Octaedro, 2009.
- [4] Alberto Gómez y Mercedes Marqués Andrés. Primeros resultados de una experiencia conjunta de investigación-acción en autoevaluación y evaluación por iguales. *Actas Simposio Taller JENUUI 2012*, pp. 33-40. Ciudad Real, 2012.
- [5] María Soledad Ibarra Sáiz, Gregorio Rodríguez Gómez y Miguel Ángel Gómez Ruíz. La evaluación entre iguales: beneficios y estrategias para su práctica en la universidad. *Revista de Educación*, n. 359, pp. 206-231, 2012.
- [6] Mercedes Marqués Andrés y Reina Ferrández Berrueco. Investigación práctica en educación: investigación-acción. *Actas de las XVII JENUUI*, pp. 359-365. Sevilla, 2011.
- [7] Riesco, M., Díaz, M. La revisión entre iguales como herramienta de aprendizaje y evaluación en la asignatura de SS.OO. *Actas de las XIII JENUUI*, pp. 277-284. Teruel, 2007.
- [8] Pablo Sánchez. El abogado del diablo como técnica de aprendizaje cooperativo. *Actas de las XVII JENUUI*, pp. 127-134. Sevilla, 2011.
- [9] Miguel Valero-García y Luis M Díaz de Cerio. Autoevaluación y co-evaluación: estrategias para facilitar la evaluación continuada. *Actas del Simposio Nacional de Docencia de la Informática SINDI2005 (AENUUI)*, pp. 25-32, 2005.

# **Mejoras pedagógicas en las asignaturas**



# La experiencia de diseñar una asignatura sin exámenes

David López

Departament d'Arquitectura de Computadors  
Universitat Politècnica de Catalunya, UPC – Barcelona Tech  
Despacho C6-218. C/ Jordi Girona 1-3. 08034 Barcelona  
david@ac.upc.edu

## Resumen

En las asignaturas de los últimos cursos resulta difícil plantear un examen. ¿Cómo evaluar en 2 ó 3 horas a un alumno, si nos hemos planteado como objetivo alcanzar niveles altos en la taxonomía de Bloom? En este trabajo se presentan actividades orientadas a incidir en el aprendizaje en una asignatura tradicional sin ningún tipo de examen. También se describe su implementación en una asignatura. Como experimento, los estudiantes sufrieron un examen sorpresa de tipo tradicional. Los resultados del mismo demuestran que se cumplieron todos los objetivos educativos sin necesidad de usar exámenes, y que probablemente hayan realizado un aprendizaje más profundo.

## Abstract

In some subjects, especially in later years, it is often difficult to design an exam. How to evaluate in 2 or 3 hours a student, if our educational objectives are in high levels of Bloom's taxonomy? This paper discusses the design of activities aimed at learning, for a traditional course without any exam. It also describes the implementation in one subject. To check whether the results were at least comparable to those of a system with exams, students experienced an unexpected traditional exam. The results show that we met our educational objectives without using exams.

## Palabras clave

Aprendizaje profundo, evaluación sin exámenes, actividades formativas.

## 1. Motivación

En las asignaturas de últimos cursos es donde se espera que el aprendizaje de nuestros estudiantes vaya alcanzando niveles cada vez más altos de la taxonomía de Bloom. Por otro lado, tenemos la obligación de evaluar a estos estudiantes, y uno de los sistemas tradicionales han sido los exámenes. Ante esto, nos parece pertinente preguntarnos: ¿Son los

exámenes un buen sistema para evaluar un nivel como el de aplicación?

Existen múltiples implementaciones del sistema de evaluación con exámenes tradicionales<sup>1</sup>, desde el caso en que la nota de los exámenes supone el 100% de la nota final, sea a base de un único examen final o con diversos exámenes parciales; o donde los exámenes sólo son una parte de la nota habiendo otras actividades como prácticas. Sin embargo, en la literatura es difícil encontrar propuestas en que se haya eliminado completamente los exámenes.

Las asignaturas que utilizan el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL por sus siglas en inglés), suelen tener un sistema de evaluación diferente, aunque no se les puede considerar asignaturas “tradicionales”, pues suelen ser rediseñadas para adaptarlas al sistema de trabajo PBL [16]. Aún así, algunas implementaciones de PBL siguen teniendo examen tradicional, a pesar de ser un motivo de decepción [15] y de que haya muchas propuestas de eliminarlo. Para asignaturas “tradicionales” hay propuestas para realizar otro tipo de pruebas, como por ejemplo los exámenes no presenciales [9].

En este último artículo se defiende que los exámenes tradicionales orientan hacia un aprendizaje superficial, más que a un aprendizaje profundo. La diferencia entre aprendizaje superficial y profundo puede encontrarse en el trabajo de Entwistle [5]: cuando un alumno estudia sin un propósito o estrategia definida, trata lo aprendido como bloques de conocimiento no relacionados y memoriza hechos y recetas para resolver problemas, entonces está realizando un aprendizaje superficial. Este estudiante puede aprobar un examen tradicional, pero encuentra difícil cada idea nueva, por lo que suele fracasar ante un examen que resulte novedoso en sus planteamientos (aunque no sea más difícil que el de otros años). Por el contrario, un estudiante que haya realizado un aprendizaje profundo es capaz de relacionar las nuevas ideas con conocimientos y experiencias previas, buscar patrones y teorías subyacentes, buscar evidencias y rela-

---

<sup>1</sup> Definimos los exámenes tradicionales como los que se realizan en una sala vigilada por profesores, con poca o ninguna información que consultar, y en un tiempo limitado de pocas horas.

cionarlas con las conclusiones. Mientras que el aprendizaje superficial es fácilmente olvidado, el aprendizaje profundo se recuerda.

Otro problema añadido de los exámenes es que generan en los estudiantes una gran presión, ya que su éxito depende principalmente de aprobar estos exámenes (de hecho, Sheard y Dick [11] afirman que esta presión es la principal causa de la realización de actos fraudulentos por parte de los estudiantes). Así, los estudiantes orientan su estudio hacia el aprobado y no hacia el aprendizaje. Esta situación, definida por Biggs [2] como *backwash effects*, provoca un aprendizaje superficial que será fácilmente olvidado.

En general, en un examen tradicional resulta difícil evaluar un aprendizaje más allá del nivel de comprensión debido a las limitaciones en el tiempo y en las fuentes a consultar. Por otro lado, sabemos que los estudiantes, presionados por jugarse una parte importante de su nota en unas pocas horas, dedicarán su tiempo a aprender recetas y conceptos básicos que les permitan aprobar, aunque en el fondo no estén aprendiendo. ¿Es esto lo que buscamos en las asignaturas impartidas en cursos superiores? ¿No buscamos ascender en la taxonomía de Bloom?

La respuesta en muchas asignaturas es tener prácticas, debates, discusiones, desarrollo de trabajos o proyectos orientados a desarrollar el aprendizaje a un nivel más alto para compensar las carencias de la evaluación mediante exámenes. Pero no acabamos de eliminar el examen final, quizá debido a que muchas de estas actividades se realizan en grupo, o siendo individuales se realizan en un entorno no controlado, por lo que nos preocupa que un estudiante apruebe la asignatura sin haber aprendido lo suficiente. Sin embargo, ¿acaso el alumno demostrará haber aprendido lo suficiente resolviendo un examen tradicional? Si estos exámenes promueven el aprendizaje superficial, ¿qué sentido tiene realizarlos?

John Lee [8] sostiene que la manera de enseñar y aprender en el siglo XXI debe ser rotundamente diferente de la que ha marcado la segunda mitad del siglo XX. La interactividad, el auto descubrimiento o el aprendizaje activo son términos que se utilizan a menudo al hablar de mejora de la educación superior [13]. La idea tras todas estas técnicas es involucrar a los estudiantes en su propio aprendizaje. Pero, ¿cómo conseguirlo, si al final deben demostrar su aprendizaje ante un examen tradicional? ¿No es el momento de cambiar también el concepto de evaluación?

Estas ideas estaban en nuestra mente cuando diseñamos la asignatura “Centros de Proceso de Datos”, en la que desde el principio decidimos eliminar los exámenes, substituyéndolos por otro tipo de actividades que incidieran en un aprendizaje profundo.

No es la primera asignatura de nuestro centro que no tiene exámenes, sin embargo las otras asignaturas que los han eliminado son de tipo *PBL*, donde los

estudiantes realizan un proyecto a lo largo del semestre, realizando muchas discusiones y entregas al profesor.

Al ser la primera asignatura *tradicional* donde se eliminaban los exámenes, algunos colegas nos expresaron su incomodidad: ¿realmente aprenderán los alumnos? Por ello nos planteamos un experimento: la última actividad del curso, realizada en la última clase, fue un examen sorpresa. Se planteó un examen con preguntas tradicionales sin avisar a los alumnos de que estudiaran para evitar la memorización de datos y recetas. Los resultados han sido muy positivos ya que los estudiantes superaron el examen tradicional sin haber estudiado para ello. Observando los resultados del examen y las otras actividades del curso, concluimos que se alcanzó un buen nivel de aprendizaje.

## 2. La asignatura CPD

### 2.1. Entorno académico

Explicamos aquí el entorno académico de la asignatura, puesto que al hablar de las estrategias utilizadas pondremos ejemplos orientados a la misma. Sin embargo, pedimos al lector que realice una abstracción y tome los ejemplos sólo como lo que son: ejemplos ilustrativos. Las técnicas utilizadas pueden adaptarse a otras asignaturas con otro tipo de condiciones, incluyendo grupos mucho más grandes.

La asignatura en la que se realizó esta experiencia docente es “Centros de Proceso de Datos” (CPD), una asignatura completamente nueva en el plan de estudios de la Facultat d’Informàtica de Barcelona (FIB). Es una asignatura complementaria<sup>2</sup> de dos especialidades del grado en Ingeniería Informática: *Ingeniería de Computadores y Tecnologías de la Información*. El objetivo de la asignatura es que los estudiantes conozcan los elementos básicos de un Centro de Proceso de Datos, desde la infraestructura necesaria para su funcionamiento hasta el cálculo de sus costes, pasando por temas como eficiencia, tipos de centros, tipos de computadores, cargas de trabajo, redes de interconexión, sistemas de seguridad, condiciones de disponibilidad y fiabilidad, etcétera. Además, esta asignatura evalúa las competencias transversales *Comunicación Eficaz y Sostenibilidad*.

Al ser una asignatura de especialidad tiene poca demanda, por lo que se abre un semestre de cada dos (el de primavera), con una matrícula limitada a 20 estudiantes por política del centro. En el semestre de primavera de 2012, la primera edición de la asignatura y sobre la que se realizó esta experiencia, se matri-

<sup>2</sup> En nuestro centro, para aprobar una especialidad deben cursarse seis asignaturas obligatorias de especialidad, más dos complementarias de un grupo de seis, que pueden pertenecer a más de una especialidad.

cularon 12 estudiantes (eran los primeros alumnos de la nueva titulación de grado, iniciada en septiembre de 2009).

## 2.2. Condiciones y organización

Para poder realizar las actividades propuestas necesitamos que el aula disponga de un ordenador con proyector y conexión a Internet, conexión *wireless* para los portátiles de nuestros alumnos (la totalidad de los mismos tienen portátil o tableta), además de que las mesas no estén fijadas al suelo, sino que el aula pueda adaptarse para ser una clase tradicional, una mesa redonda donde participe todo el mundo o varias áreas de trabajo para subgrupos.

El curso se diseñó para 28 sesiones de 2 horas cada una. Al final, 3 de esas sesiones no tuvieron lugar por huelgas y festivos. De las 50 horas restantes, 24 se dedicaron a clase tradicional (el profesor explica conceptos y los alumnos reciben la información de manera pasiva), y el resto a actividades que dividimos en: la primera clase (2 horas), clases relacionadas con las competencias transversales (2 horas), presentaciones por parte de los alumnos (6 horas), puzles (9 horas), visitas y charlas invitadas (5 horas) y examen sorpresa (2 horas).

## 3. Actividades

### 3.1. Empezar motivando: la primera clase

El primer paso imprescindible es implicar a los estudiantes. Buscamos tener a los alumnos motivados, participativos y activos, ya que queremos que aprendan por lo que hagan ellos y no por lo que haga el profesor. Se ha demostrado que cuanto mayor es la interacción de los estudiantes entre ellos y con su instructor, más activamente se implican en el aprendizaje (véase Wang *et al* [17]). Aunque motivar no es fácil, se puede lograr por medio de actividades que han sido ampliamente estudiadas [12].

Normalmente, la primera clase suele dedicarse a explicar de qué va la asignatura, el sistema de evaluación y una visión global de la misma, o simplemente se empieza con la primera lección. Es decir, suele ser una clase pasiva. El problema es que al ser la primera, marca lo que se espera del estudiante a lo largo del curso. Si queremos estudiantes activos, la primera clase debe ser activa [10].

Para implicar a los alumnos desde el principio, en la primera clase de CPD nos limitamos a exponer los objetivos de la asignatura y el método de evaluación en los primeros veinte minutos. A continuación les hicimos preparar el aula para realizar una mesa redonda. Llevamos papeles y un rotulador grueso, para que todo el mundo preparara un cartel con su nombre (incluido el profesor) y nos pudiéramos dirigir los

unos a los otros por el nombre. A continuación, se planteó una pregunta: ¿Cuáles son las vulnerabilidades de mi (mini) CPD? Los alumnos se presentaron a sí mismos y uno tras otro describieron qué máquina o máquinas tenían en casa y analizando sus posibles vulnerabilidades, apareciendo problemas como los picos o caída de tensión, copias de seguridad, peligro de robo, ataques, incendios, etcétera.

El siguiente paso fue preguntar ¿Cómo se extrapolan estos conceptos a un CPD real? ¿Qué elementos debe tener un CPD? Se estableció un diálogo entre todos los participantes, donde el profesor se limitaba a provocar la participación y a desencallar la discusión cuando era necesario.

A raíz de esta discusión, se pidió que cada estudiante elaborara un informe sobre las vulnerabilidades de sus propias máquinas. También se les explicó en qué consistía un mapa conceptual y se pidió que realizaran uno con los elementos que pensaban que debían formar un CPD, así como las relaciones entre estos elementos. El informe y el mapa conceptual formaron el primer entregable de la asignatura.

Con esta actividad, los estudiantes percibieron de buen principio que se iba a discutir mucho y que iban a realizar mucho trabajo personal. Pero también que éramos un grupo de gente que interactuaba, donde todo el mundo era importante y que podíamos discutir sobre cualquier tema. Y también que ya sabían algo de lo que se explicaba en la asignatura, aunque no fueran conscientes de ello.

Para incrementar esta sensación de grupo, el profesor se aprendió el nombre de todos los estudiantes y durante las lecciones magistrales pedía opiniones, provocaba discusiones o contestaba preguntas usando el nombre de cada estudiante, pidiendo al grupo que lo hiciera también. El ambiente de camaradería establecido en la clase fue comentado muy positivamente por los estudiantes.

### 3.2. Los alumnos como profesores

Las clases magistrales siguen siendo la forma de enseñanza predominante. Como toda metodología, tienen sus ventajas y sus inconvenientes: mientras que para muchos sigue siendo la mejor manera de comunicar información objetiva a los estudiantes, suele criticarse que fomenta la pasividad de los mismos. Las teorías cognitivas sugieren que solo el procesado activo de la información, y no la recepción pasiva de la misma, lleva al aprendizaje [4]. Por otro lado, Terenzini *et al* [14] demuestran que se produce un mayor aprendizaje en grupos donde se trabaja el aprendizaje cooperativo. Así que buscamos actividades para aumentar la participación de los estudiantes y su cooperación.

Si analizamos cómo explicamos los profesores un tema nuevo, vemos que los pasos que se suelen dar (al menos en nuestro caso) son:

1. Ideas introductorias: descripción del problema, relación con otros temas tratados anteriormente.
2. Visión general: una descripción del tema, completa, con algún pequeño ejemplo ilustrativo, pero sin entrar en toda la profundidad del tema.
3. Descripción de casos particulares, diferentes algoritmos /arquitecturas/ métodos, ejemplos, ejercicios y otras actividades, con lo que se completa el tema.
4. Visión global: un resumen final, repasando las ideas principales una vez explicadas las particularidades.

Decidimos que el punto 3 se lo explicarían los alumnos entre ellos. El profesor daba las ideas introductorias y la visión general. Luego, los estudiantes trabajarían los casos particulares y ejemplos, finalizando cada tema con la visión global del profesor. Una parte de este trabajo se realizó por medio de clases impartidas por los alumnos, mientras que otra parte se realizó por medio de una variante de la técnica del puzle de Aronson [1].

### 3.3. Clases magistrales impartidas por los alumnos

Los estudiantes substituyeron al profesor en algunas clases. Para implicar al máximo de alumnos, estos debían preparar una parte muy pequeña del temario (un algoritmo determinado, una metodología, una tecnología particular, etcétera). El profesor proveía a cada estudiante de la información necesaria para preparar su lección (aquella que habría usado él mismo si hubiera tenido que preparar la lección) y se estableció un límite de tiempo para la explicación.

En nuestro caso, cada estudiante realizó dos presentaciones y se utilizó la técnica de Pecha Kucha [7], que consiste en una presentación con una herramienta de tipo PowerPoint, limitada a 20 transparencias que avanzan automáticamente cada 20 segundos (ofreciendo un total de 6'40", ni más ni menos, para la presentación).

Antes de la primera presentación por parte de los estudiantes, el profesor dedicó una lección a explicar técnicas para realizar una buena presentación. El profesor también realizó un Pecha Kucha sobre la problemática de los residuos electrónicos.

Como dos horas de clase con el profesor pueden ser muy pesadas, las lecciones se alternaban: en cada sesión de dos horas, durante la primera hora 4 alumnos hacían su presentación, contestaban preguntas y se discutía sobre el tema. La segunda hora era utilizada por el profesor para impartir parte del temario.

Como se ha dicho, cada estudiante realizó dos presentaciones. Mientras que en la primera de ellas se siguieron las reglas del Pecha Kucha a rajatabla (20 transparencias, 20 segundos cada una), en la segunda se limitó el tiempo a 7 minutos y se les dejó libertad para escoger el número de transparencias.

### 3.4. El puzle

Para fomentar el trabajo cooperativo, se usó una variante sobre la técnica del puzle de Aronson: se dividió la clase en grupos de 4 personas (en nuestro caso, 3 grupos) y se escogieron 3 artículos de nivel elevado (encontrados en congresos como SuperComputing e ISCA, y revistas como Computer, Communications of the ACM y ACM Queue), asignando a cada grupo de estudiantes un artículo. El trabajo a realizar por los estudiantes era el siguiente:

- Cada estudiante debía leer el artículo asignado y entregar un resumen de las ideas más importantes (1 ó 2 hojas) antes de la clase en la que se realizaba el puzle.
- En los primeros 45 minutos de la clase dedicada al puzle, los alumnos que habían leído el mismo artículo lo discutían entre ellos y debían plantear un resumen común, aceptado por los cuatro.
- En los últimos 60 minutos de la sesión se dividió la clase en 4 grupos de 3 alumnos, donde en cada grupo había una persona que había leído cada uno de los tres artículos distribuidos. Cada miembro del grupo tenía 20' para explicar el artículo a sus compañeros y contestar las preguntas que le hicieran estos.
- Una semana después de la clase del puzle, los estudiantes debían entregar el resumen consensuado del artículo leído, más los resúmenes de los artículos que les habían explicado.

El profesor no intervino en las discusiones ni en las explicaciones, ni aún cuando se lo pedían los estudiantes al tener dudas o discutir un tema. El objetivo era el proceso de discusión y el profesor no podía ejercer de juez supremo. El profesor estaba para resolver los posibles conflictos que se pudieran dar en las discusiones (afortunadamente, no fue necesaria su intervención en ningún momento).

Para motivar más a los estudiantes, cada uno debía entregar una copia del resumen consensuado, donde además evaluaba la aportación de cada uno de los otros estudiantes a la discusión del trabajo. Se les pidió que repartieran 10 puntos entre sus 3 compañeros de discusión, con la limitación de que sólo se admitían números enteros (para evitar un reparto todos-por-igual). Esta información fue tenida en cuenta a la hora de evaluar el trabajo.

Durante el curso se realizaron 4 actividades de tipo puzle. Tres de ellas fueron de dos horas en una única sesión, tal y como se ha descrito con anterioridad. El otro puzle fue diferente. En este caso no se les dio un artículo a discutir, sino un tema y un artículo por donde comenzar. El objetivo era que buscaran información, además de discutir y explicar. En lugar de durar 2 horas en una única sesión, como los otros puzles, esta actividad duró 3 horas, repartidas en 3 sesiones (ocupando la primera hora de cada una,

mientras que en la segunda hora hubo clase por parte del profesor). En la primera sesión, los estudiantes ponían en común la información encontrada, detectaban las partes en las que había que profundizar y se dividían el trabajo entre ellos. En la segunda parte, cada estudiante explicaba lo que había encontrado en la parte que se le había encomendado, y debían realizar un informe consensuado con todo lo hallado. La tercera parte fue la división en grupos, donde cada miembro del grupo había trabajado en un tema diferente y se lo explicaron entre ellos. Las entregas a realizar fueron similares a las de los otros puzles.

### 3.5. Ver (y oír) es aprender

La suerte en una asignatura como Centros de Proceso de Datos es que se pueden realizar visitas a CPD reales. En el curso realizamos 3 visitas (con un total de 4 horas) a 3 CPD sitios en el Campus donde, en cada uno, un técnico comentaba cómo habían resultado alguno de los conflictos de los que se había hablado en clase, así como de los problemas del día a día de un CPD. Las tres charlas se centraron en: infraestructura del CPD, compromiso de servicios y problemas de almacenamiento y redes.

También tenemos el privilegio de tener entre los profesores de nuestro departamento a uno de los responsables del diseño del supercomputador MontBlanc (<http://www.montblanc-project.eu/>), por lo que lo invitamos a impartir una charla de una hora explicando los problemas (relacionados con un CPD) que se habían encontrado.

No nos extenderemos mucho en este punto, pues puede resultar muy difícil de exportar a otras asignaturas. Sólo queremos añadir que, en nuestra experiencia, si usted puede hacer alguna cosa similar en su asignatura, hágala porque es altamente educativa y apreciada por los alumnos.

## 4. Resultados

### 4.1. Un examen sorpresa

Nuestro objetivo es que los alumnos alcancen el nivel de aplicación de la taxonomía de Bloom. Por esto se plantean las actividades descritas anteriormente implicando a los alumnos.

Algún colega nos ha aplaudido la iniciativa, pero añadiendo: “lo que no entiendo es qué tiene que ver esto con eliminar los exámenes”. La respuesta siempre es la misma: los alumnos se esforzarán en hacer una cosa si saben que será evaluada. Si les proponemos que hagan un trabajo muy costoso en tiempo y luego tienen que aprobar igualmente un examen, no conseguiremos que dediquen el tiempo necesario a las actividades propuestas.

Pero vayamos un paso más allá: si las actividades cooperativas permiten un aprendizaje más profundo que otros métodos y un examen tradicional difícil-

mente puede evaluar el aprendizaje más allá del nivel de conocimiento y comprensión, ¿qué ganamos teniendo exámenes?

De todas formas, y ante la presión por parte de ciertos colegas que opinaban que tener un examen final era imprescindible para que los alumnos aprendieran, nos preguntamos: ¿superarían nuestros estudiantes un examen? Nos planteamos realizar un examen sin avisarles. Se informó a los estudiantes de que la última sesión del curso sería una actividad sorpresa y se les pidió puntualidad. Cuando se describió en qué consistía la actividad hubo un cierto desencanto, pero cuando se explicó a los estudiantes la razón del experimento aceptaron participar con muy buen ánimo. Se informó de que las notas de evaluación continua se publicarían durante la realización del examen sorpresa y que dicho examen subiría nota, pero en ningún caso la bajaría.

El éxito de nuestra propuesta dependía de que los alumnos fueran capaces de aprobar un examen para el que no habían dedicado ni un minuto a estudiar, pues no se lo esperaban. Pero sabíamos que si habían aprendido, superarían la prueba.

El examen consistió en 3 partes:

- La primera parte constaba de 18 sentencias de las que se debía decidir si eran ciertas o falsas, más 21 preguntas en las que tenían que definir conceptos o hablar de las ventajas de unas técnicas o tecnologías sobre otras en unas pocas líneas. Estas preguntas eran claramente de nivel de conocimiento, aunque algunas podrían haberse considerado del nivel de comprensión.
- La segunda parte fue totalmente de nivel de comprensión, y consistió en un ejercicio donde se planteaba un CPD determinado, y se preguntaban las implicaciones de realizar ciertos cambios, o cómo mejorar ciertos aspectos.
- La última parte requería más abstracción, ya que consistió en realizar un mapa conceptual de los elementos de un CPD, indicando cómo cada decisión tomada en una parte puede influir en las otras. Esta parte requería un conocimiento global más profundo.

Como resultados, debemos decir que todos los estudiantes aprobaron el examen, con una nota mínima de 6,2, una máxima de 8, y una media de 7 con una desviación estándar de 0,45.

De los 12 alumnos matriculados, tres mejoraron su nota gracias al examen sorpresa, pero sólo en 20, 50 y 70 centésimas de punto. No hemos encontrado una correlación directa entre la nota del examen sorpresa y la de evaluación continua, aunque era esperable ya que en esta última se evaluaban muchas más cosas que los conocimientos, como la calidad de las presentaciones y la documentación, las fuentes encontradas, la participación en las discusiones o la calidad de las preguntas realizadas al profesor y a los compañeros.

En la primera parte del examen, la que requería recordar cosas, es donde se obtuvieron los peores resultados (como era esperable, por otro lado), siendo la nota más baja un 4,9, la mayor un 7,6 y la media un 6,51 con una desviación estándar de 0,64. Sin embargo, y dado que los estudiantes no sabían que había examen y venían sin haber repasado, es un resultado bastante bueno.

Los mejores resultados se dieron en las preguntas que evaluaban objetivos de mayor nivel. En el caso del nivel de comprensión, las notas mínima y máxima fueron de 6,43 y 8,57 respectivamente, con una media de 7,42 y una desviación estándar de 0,6. Por su parte, la pregunta del mapa conceptual obtuvo una nota mínima de 6,94 y una máxima de 8,33, con media de 7,5 y desviación estándar de 0,65.

Para finalizar, se debe constatar que de las tres personas que mejoraron la nota, dos de ellas eran las más introvertidas del grupo (y les penalizó la calidad de sus presentaciones), y la tercera un estudiante que se había matriculado del curso entero, a pesar de tener un trabajo a tiempo completo, y que comunicó al profesor de buen principio que no dedicaría todo el tiempo que se esperaba a la asignatura.

#### 4.2. Y los alumnos ¿qué opinan?

Para evaluar el impacto de la propuesta, además de los resultados de las actividades y el examen sorpresa, los estudiantes rellenaron voluntariamente una encuesta de 16 preguntas (aunque algunas no las comentaremos pues no tienen relación con este trabajo). Había preguntas abiertas y de elección, donde estas últimas tenían una escala de 1 a 4 (elección forzada). La encuesta no era anónima, pero no evaluaba en ningún momento a los profesores, sino que preguntaba sobre la metodología. Los estudiantes recibieron la encuesta por correo electrónico invitándoles a contestar en una semana y a meditar sus respuestas. Todos los alumnos contestaron y dedicaron tiempo a explicar y razonar sus respuestas.

Entre los resultados, destacaremos los siguientes:

- Ante la pregunta “Creo que si el planteamiento de la asignatura hubiera sido más tradicional – clase magistral, uno o dos parciales y un FINAL YO HUBIERA APRENDIDO MÁS que con el sistema actual (puzles, presentaciones, discusiones)”. Siendo (1) Totalmente de acuerdo con la afirmación y (4) Totalmente en desacuerdo, el 58% de los estudiantes marcaron el 4, el 33% un 3, nadie marcó el 2 y un solo estudiante el 1 (el estudiante con trabajo a tiempo completo que ya dijo que no podría dedicar el tiempo necesario).
- Cuando se les preguntó si les parecía que habían dedicado más tiempo a la asignatura con el planteamiento actual que del que hubieran dedicado caso de tener que estudiar para un examen final, las respuestas se dividieron al 50% entre los que opinaban que habían dedicado más tiempo del que hubieran dedicado ante un examen y los que consideraban que hubieran dedicado más o menos el mismo tiempo. Nadie consideró haber dedicado menos tiempo que el que hubieran dedicado a estudiar para un examen.
- Preguntados sobre la primera clase, donde se establecía una manera de trabajar, el 50% opinó que les había ayudado a implicarse desde el principio, un 33% dijo que la clase marcó una manera de trabajar, pero que no aportó gran cosa, y el resto dijo que sin esa clase se hubiera dado el mismo ambiente. Sobre el hecho de que el profesor se hubiera aprendido el nombre de todos, el 50% opinó que le motivaba para participar más, un 33% que era agradable, pero que tampoco le había motivado especialmente, y el 16% restante que les era indiferente.
- Respecto a la técnica del puzle, se probaron dos sistemas: en uno se proporcionaba el artículo a leer, mientras que en el otro había una parte de búsqueda de información. El 84% prefiere trabajar ambos tipos de puzles (el 60% de los mismos prefieren mayoría de tipo artículo a leer, y otro 40% prefiere mayoría de tipo búsqueda de información). Un 16% prefería puzles sólo de tipo artículo a leer, y nadie quería sólo de tipo búsqueda. También se han quejado de que 20 minutos para la explicación a los compañeros era poco, y que les hubiera gustado tener más tiempo. El 58% opina que ha aprendido más explicando él mismo un tema que si se lo hubiera explicado a él el profesor. Un 68% opina que ha aprendido más explicándolo que si sólo lo hubiera estudiado y el 58% opina que tener que explicar le ha permitido interiorizarlo y cree que lo recordará en el futuro. Respecto que sus compañeros les expliquen los temas, sólo el 33% opina que lo ha entendido mejor que si se lo hubiera explicado el profesor, y el 50% opina que el hecho de que se lo explicara un compañero ha ayudado a entenderlo mejor que si hubiera tenido que estudiárselo por su cuenta.
- Todos los alumnos coincidieron (en una pregunta abierta sobre defectos del curso) en que se requerían más actividades de tipo práctico (laboratorio). Para aumentar estas actividades el 66% sacrificaría uno de los puzles, y el 34% restante clases magistrales del profesor (nadie sacrificaba presentaciones de otros alumnos ni visitas).
- Las visitas a diversos CPD y las conferencias son un éxito, y los alumnos nos recomiendan fervorosamente que continuemos con ellas.
- Centrándonos en las dos presentaciones públicas por alumno, el 58% consideró que era una cantidad adecuada, y el 42% que deberían hacerse más en caso de haber tiempo. Nadie quiso redu-

cirlas. El 100% de los alumnos opinaron que habían aprendido mucho más teniendo que explicar el tema que si se lo hubiera explicado el profesor, sólo un 16% hubiera preferido que se lo explicara el profesor, mientras que el 58% le era indiferente quien lo explicara, y el 25% restante prefería recibir clases de sus compañeros que de su profesor.

- El 66% clasificó la clase sobre “cómo hacer una presentación” como imprescindible, mientras que el 33% restante dijo que había aprendido mucho. Este resultado nos sorprendió gratamente, ya que las 4 opciones eran (1) No me ha influido, (2) He aprendido alguna cosa, (3) He seguido bastantes consejos, y (4) Imprescindible, me será muy útil en el futuro. Pensábamos que poca gente (o nadie) marcaría el 4.
- Respecto a la técnica de Pecha-Kucha (usada sólo en la primera presentación, ya que en la segunda hubo formato libre limitado a 7'), el 25% marcó la casilla de la afirmación “es un reto, pero estresa más que enseña”, un 33% consideró que le había enseñado a organizarse y controlar mejor tiempos y ritmos, y un 42% marcó la opción “Me ha hecho replantearme cómo deben organizarse las presentaciones, haciéndome cambiar mi punto de vista”, otra opción que no esperaríamos que marcara casi nadie.

## 5. Discusión

Los resultados de la experiencia son muy positivos. Todos los estudiantes aprobaron el examen, cuando no era fácil. Le enseñamos el examen a otros profesores para tener más opiniones y lo clasificaron de adecuado, sin considerarlo en ningún momento fácil. Más bien lo consideraron difícil dada la circunstancia de que los alumnos no sabían que lo iban a sufrir, y por tanto no habrían estudiado.

Que los resultados en la parte de conocimiento sean los peores no nos preocupa, pues creemos que lo importante no es el dato, sino haber entendido el concepto. Por ejemplo, se preguntó cual era la temperatura ideal máxima y mínima para el funcionamiento de un CPD, y pocos alumnos dieron la cifra dada en clase, aunque ningún estudiante indicó una temperatura preocupantemente alta o baja. Sin embargo, en el segundo ejercicio (implicaciones de realizar cambios en un CPD) todo el mundo tuvo en cuenta los problemas de temperatura, flujo de aire y humedad, y sus implicaciones en el consumo energético, en el SAI, en la vida de los equipos, etcétera. Es decir, saben cuál es el problema y sus implicaciones, aunque no recuerden un dato que se puede encontrar en manuales técnicos o en internet en cualquier momento.

En el examen se realizaron preguntas de lecciones explicadas por los alumnos, observándose que se

habían aprendido igual que las explicadas por el profesor. El mismo aprendizaje se puede observar en los temas relacionados con los conocimientos que se explicaron en los puzzles. Es decir, no sólo aprendieron aquello que tuvieron que explicar, sino también aquello que les explicaron sus compañeros.

También hemos visto que todo el esfuerzo dedicado a trabajar competencias transversales es muy apreciado y no es considerado como una pérdida de tiempo. Los estudiantes han valorado muy positivamente el trabajo en la competencia comunicación y el profesorado está convencido de que las explicaciones de los estudiantes a sus compañeros han sido un éxito en parte por la calidad de las presentaciones.

Concluimos pues que cumplimos nuestros objetivos educativos, a pesar de que los alumnos saben que no hay un examen final. Pese a todo, somos conscientes que un solo grupo, tan pequeño y en una sola experiencia no es suficiente como para extraer conclusiones. Sin embargo, los resultados nos animan a seguir por este camino, ya que hemos visto que las estrategias para involucrar a los alumnos han funcionado correctamente.

¿Se ha involucrado a todos los estudiantes por igual? Aquí tenemos dudas, dado que hay muchos estilos de aprendizaje [6] y deberíamos hacer que nuestras actividades los cubrieran todos [3]. Trabajamos la conceptualización abstracta (clases magistrales, no importa quien las imparta), la experiencia concreta (estudio de casos, artículos especializados, visitas de campo), la observación reflexiva (mesas redondas, discusiones, debates) pero nos falta trabajar más la experimentación activa (simuladores, talleres prácticos), tal y como nos han recordado los alumnos en la encuesta, en que nos han pedido más actividades de tipo práctico. En la próxima edición del curso pensamos incorporar actividades de laboratorio, lo que implicará rediseñar parte de las otras actividades.

Por último, una pregunta muy importante en este trabajo es: ¿es esta experiencia exportable a otras asignaturas? No tenemos una respuesta clara basada en evidencias. Pensamos que la experiencia es claramente exportable, pero quizá no a todo tipo de asignaturas. Hay dos puntos con los que creemos que se podría asegurar el éxito: pocos alumnos por grupo y alumnos motivados por la asignatura. En nuestro caso, el límite de matrícula es de 20 estudiantes y todos ellos han elegido hacer esta asignatura dentro de una especialidad que también han elegido. Son, por tanto, estudiantes muy motivados.

Harían falta más estudios para ver si estos métodos pueden aplicarse en otros entornos. Sin embargo, nuestra propuesta es diseñar una asignatura orientada a alcanzar un aprendizaje profundo, a niveles de Bloom superiores a conocimiento y comprensión. Es precisamente en las asignaturas de últimos cursos donde debería darse este aprendizaje y en estas asig-

naturas sí es más fácil cumplir las dos condiciones propuestas: grupos reducidos y alumnos motivados.

Lo que no debemos perder nunca de vista es que si diseñamos actividades costosas en tiempo, pero que luego no cuenten nada (o casi nada) en la nota final, los estudiantes no les dedicarán el esfuerzo deseado. Por tanto, si estamos convencidos de que se da un buen aprendizaje con las actividades propuestas, es el momento de dar un paso adelante y eliminar los exámenes.

## 6. Conclusiones

En las asignaturas de cursos superiores se espera un aprendizaje que alcance el nivel de aplicación en la taxonomía de Bloom. Sin embargo, muchas de estas asignaturas siguen evaluándose con exámenes finales, donde es difícil demostrar un aprendizaje más allá de los niveles de comprensión y conocimiento. Para evaluar estos niveles, suelen usarse otras actividades. Nuestra propuesta es dar todo el peso de la nota a estas actividades, eliminando los exámenes.

Hemos discutido una serie de actividades implementadas en una asignatura complementaria de especialidad. Para probar su eficacia, los estudiantes sufrieron un examen sorpresa que superaron, demostrando haber alcanzado los objetivos esperados.

Resultaría interesante ver si esta propuesta es fácilmente adaptable a otros entornos, aunque creemos que en un entorno de pocos estudiantes motivados, el resultado será muy positivo.

Este trabajo se ha llevado a cabo con el apoyo del proyecto MiPLE del Ministerio de Ciencia e Innovación español, código TIN2010-21695-C02-02.8 y el proyecto TRAILER de la Comisión Europea (<http://grial.usal.es/agora/trailerproject>)

## Referencias

- [1] Elliot Aronson, Nancy T. Blaney, Cookie Stephan, Jev Sikes, y Matthew Snapp. *The jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA, Sage Publishing Company, 1978.
- [2] John Biggs. *The reflective institution: Assuring and enhancing the quality of teaching and learning*. Higher Education 41(3):221-238. 2001.
- [3] M. Asunción Castaño, Mercedes Marqués, Rosana Satorre, Antoni Jaume i Capó y David López. *Tengo una respuesta para usted sobre estilos de aprendizaje, creencias y cambios en los estudiantes*. Jenui 2010, pp 275-282. Santiago de Compostela, Julio de 2010.
- [4] Fergus I.M. Craik y Robert S. Lockhart. *Levels of Processing: A Framework for memory Research*. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 11(6): 671-684, 1972.
- [5] Noel J. Entwistle. *Styles of learning and approaches to studying in higher education*. Kybernetes 30(5/6):593-602. 2001.
- [6] Richard Felder. *Reaching the Second Tier: Learning and Teaching Styles in College Science Education*. J. College Science Teaching, 23(5):286-290. 1993.
- [7] Jacqueline Courtney Klentzin, Emily Bounds Paladino, Bruce Johnston y Christopher Devine. *Pecha Kucha: using "lightning talk" in university instruction*, Reference Services Review, 38(1):158 – 167. 2010
- [8] John A.N. Lee. *Teaching and Learning in the 21st Century: The Development of 'Future CS Faculty'*. SIGCSE Bulletin 33(2):25-30. Junio 2001.
- [9] David López, Fermín Sánchez, Josep-Llorenç Cruz, y Agustín Fernández. *Evaluación formativa usando exámenes no presenciales*. Jenui 2012, pp. 89-96, Ciudad Real, julio de 2012.
- [10] Joe Miró Julià. *Sólo la sed nos alumbra*. ReVisión 4(2):10-18, 2011.
- [11] Judy Sheard y Martin Dick. *Computing student practices of cheating and plagiarism: a decade of change*. ITiCSE'11. Darmsadt, Alemania. 2011.
- [12] Keng Siau, Hong Sheng, y F.F.-H. Nah. *Use of Classroom Response System to Enhance Classroom Interactivity*. IEEE Transactions on Education, 49(3):398-403. Agosto 2006.
- [13] Karl A. Smith, Sheri D. Sheppard, David W. Johnson, y Roger T. Johnson. *Pedagogies of engagement: Classroom-based practices*. Journal of Engineering Education, 94(1):87-102. Enero 2005.
- [14] Patrick T. Terenzini, Alberto F. Cabrera, Carol L. Colbeck, John M. Parente y Stefani A. Bjornlund. *Collaborative Learning vs. Lecture/Discussion: Students' Reported Learning Gains*. Journal of Engineering Education 90(1), 123-130. Enero 2001.
- [15] Miguel Valero-García. *PBL (Piénsatelo Bien antes de Liarte)*. ReVisión 5(2): 11-16, 2012 .
- [16] Miguel Valero-García y Javier García Zubía. *Cómo empezar fácil con PBL*. Jenui 2011, pp. 109–116, Sevilla, julio de 2011.
- [17] Margaret C. Wang, Geneva D. Haertel y Herbert J. Walber. *What influences learning? A Content Analysis of Review Literature*. J. Educational Research, 84(1):30-43, Sep-Oct 1990.

# El diseño de una asignatura a partir de principios pedagógicos

Joe Miró Julià

Departament de Matemàtiques i Informàtica  
Universitat de les Illes Balears  
07122 Palma de Mallorca  
joe.miro@uib.es

## Resumen

El avance científico es inductivo-deductivo: desde fenómenos concretos se establecen leyes generales que permiten entender, crear y controlar nuevos fenómenos. Pero, quizá por la mayor complejidad de las ciencias sociales, en educación estamos al principio del proceso inductivo y no hay leyes de aplicación general sino sólo de aplicación restringida. Pero esto es suficiente y se muestra cómo crear con estos principios restringidos un método docente con buenos resultados.

## Abstract

The advance of science is inductive-deductive: from concrete phenomena we establish general laws that helps us understand, create, and control of further phenomena. Perhaps due to the higher complexity of social sciences, in education we are at the beginning of the inductive cycle and the principles are not general and can only be applied restrictively. But this is enough. We show here how to use these restricted-scope laws to create a teaching method that yields good results.

## Palabras clave

Principios didácticos, Métodos pedagógicos, Evaluación.

## 1. El avance inductivo-deductivo

El avance de las ciencias se basa primero en la inducción y después la deducción: a partir de fenómenos concretos se establecen principios y leyes generales que nos permiten entender, controlar o crear fenómenos más complejos. Así, de la observación de la caída de los cuerpos y del movimiento de los astros, Newton dedujo el principio de gravitación universal y las leyes de la mecánica que ahora nos permiten diseñar automóviles y colocar satélites en órbita.

Y esta misma forma de trabajo debiera regir en el avance de la docencia: de fenómenos particulares — sean herramientas [6] o trucos docentes [13]— debiéramos inducir unos principios generales que nos permitieran deducir métodos que mejoren la calidad educativa. Pero esto es sólo la teoría.

En la práctica estamos aún batallando con los principios. Esto es probablemente debido a la complejidad de cualquier actividad social, muy superior la de un fenómeno físico. Es cierto que en 1987 Chickering y Gamson publicaron sus siete principios educativos [4]. Pero no han recibido gran reconocimiento y no ha habido ninguna otra lista posterior. Es ilustrativo que el famoso libro *Lo que hacen los mejores profesores universitarios* de Ken Bain [1], dedicado específicamente al estudio de la actividad de profesores excelentes, no hace explícita ninguna ley o principio. En otros libros de educación incluso se duda de la posible existencia de una lista de principios que pueda aplicarse de forma general [6].

A muchos profesores de informática esta falta de principios nos resulta inquietante. Quizá debido a nuestra formación científica, nos desazona trabajar a partir de ejemplos concretos sin el sostén de unos principios sólidos. Sobre todo cuando esto se combina con la inexistencia de instrumentos de medida precisos y fiables para determinar si el método que estamos siguiendo es mejor que otro o siquiera si es bueno. Acabamos teniendo que desdecirnos de nuestra condición de científicos y fiarnos sobre todo de nuestra intuición y experiencia.

El estudio de libros de educación y aprendizaje y de psicología y comportamiento humano muestra que aunque no existan los grandes principios generales, sí que existen multitud de principios menores, de ámbito más restringido. Y si no hay una corta lista de principios educativos de aplicación universal sí que es posible crear una lista no excesivamente larga, un decálogo razonablemente fácil de aplicar, ajustado a las características y gustos de un profesor determinado y un entorno determinado.

En esta ponencia se muestra cómo se ha creado un método docente partiendo de principios educativos contrastados. Con estos principios se ha creado un método con aspectos fundamentales nuevos que ha servido para favorecer el trabajo de los alumnos y guiar la actuación del profesor. Los principios han servido además para evaluar el resultado obtenido. Este método se ha aplicado a la asignatura Estadística de primero de Ingeniería Informática, con buenos resultados.

## 2. El decálogo

Empezar por el decálogo es en el fondo empezar por el final. El decálogo no fue el inicio del proceso sino uno de los resultados. Los principios usados en general no se han buscado específicamente en un momento dado, sino que, provenientes de docenas de fuentes, se han ido encontrando durante años de labor docente. Y su uso los ha ido reformulando y concentrando a medida que se refinaba el método. La versión final es la que se muestra aquí.

Los principios seguidos provienen de multitud de libros y artículos de docencia [1, 2, 4, 6, 7, 13], de psicología [5, 11] o incluso de diseño de juegos y videojuegos [3]. Y esta lista de referencias es sólo una parte de las fuentes usadas.

El resultado no es una lista concisa y coherente. Los doce principios del decálogo que sigue<sup>1</sup> es lo mejor que se ha conseguido sintetizar. Los enunciados son a veces obtenidos directamente de la fuente, con más frecuencia han sido adaptados y modulados por la experiencia.

Aunque esta lista de principios es particular a este profesor, y por lo tanto no excesivamente importante, es necesario incluirla en esta ponencia. Es necesaria para poder justificar la validez del método que se muestra en la Sección 3 y, además, puede ser útil como punto de partida para cualquiera que quiera utilizar el procedimiento aquí expuesto. Se ha dividido el decálogo en cuatro bloques que marcan cuatro ideas básicas: (a) el trabajo del alumno cuenta más que el del profesor, (b) algunas actuaciones importantes están en la mano del profesor, (c) hay que pasar la responsabilidad y el control del aprendizaje a los alumnos y (d) es bueno que los alumnos sean diferentes.

El primer bloque relativo al *trabajo del alumno*, está formado por dos principios más abstractos que los demás y más que mostrar el camino, sirven de guía. Como curiosidad, el segundo es de los pocos que tienen nombre: es el principio de alineamiento constructivo de Biggs [2].

1. Es el trabajo del alumno, y no el del profesor, el que establece el aprendizaje.
2. Se ha de conseguir que lo que el alumno debe hacer para *aprender* la asignatura sea lo mismo que lo que debe hacer para *aprobar* la asignatura.

El segundo bloque son cuestiones que están bajo el *control del profesor*, es decir, dependen sólo de su voluntad y no del centro, los estudiantes, etc.

3. Involúcrate personalmente en el aprendizaje de tus estudiantes. Relaciónate no con *todos* tus alumnos sino con *cada uno* de tus alumnos.
4. Indícales con rapidez lo que hacen bien y cómo mejorar lo que hacen mal.
5. Estima el tiempo que van a dedicar a cada actividad y hazles dedicar más tiempo a lo más importante.
6. De los errores se aprende a menudo más que de los aciertos. Si errar es positivo en el aprendizaje debe serlo también en la calificación.

El tercer bloque trata sobre el *traspaso de la responsabilidad y el control del aprendizaje* a los alumnos.

7. Cada alumno debe tener un conjunto de objetivos a corto y largo plazo y debe poder medir su progreso.
8. Los alumnos deben tener flexibilidad para decidir cuándo quieren trabajar y en qué quieren trabajar.
9. Haz que tus alumnos interactúen y cooperen.

Y el último bloque reconoce que *cada alumno es diferente*, con sus propias necesidades y talentos, y que esta diversidad es buena.

10. Dales oportunidad para que desarrollen sus propias habilidades y talentos.
11. No los limites: establece mínimos que deben superar, no máximos que deban alcanzar.
12. Cualquier actividad relacionada con la asignatura que hagan, incluso si no es lo previsto por ti, es buena y debe ser valorada.

Vemos que el método tradicional de la clase expositiva seguido de un examen final rompe de forma necesaria los principios de trabajo del alumno, los de traspaso de responsabilidad y los de diversidad e incluso puede romper *todos* ellos. Los métodos de evaluación continua mal planteados limitan, incluso más que antes, la responsabilidad y control del alumno. Y, dado que la educación universitaria tiene una fuerte tendencia a sólo trabajar los aspectos académicos [12], casi todos los métodos fomentan la uniformidad del alumno.

Si se acepta este decálogo es obligado realizar cambios en la educación. Estos principios son el fundamento del nuevo método creado y que se explica a continuación.

<sup>1</sup>Según el diccionario de la RAE, un decálogo es "Conjunto de normas o consejos que, aunque no sean diez, son básicos para el desarrollo de cualquier actividad."

### 3. El Método

Ya que lo más importante es lo que hacen los alumnos (principio 1) y lo que hacen debe estar directamente relacionado con la evaluación (principio 2), describiremos el método docente desarrollado —y que debido a la falta de imaginación del autor se llamará simplemente “el Método”— a través de la estructura y actividades de la evaluación.

La asignatura para la que se creó el Método es Estadística de primero de ingeniería. Es una asignatura de primer curso compartida entre los estudios de grado de informática, electrónica industrial y matemáticas. Se imparte simultáneamente en varios grupos por varios profesores. Más que coordinada, la docencia es concertada: los objetivos, competencias son los mismos y estructura general de la evaluación es la misma, pero cada profesor utiliza el método docente y temario que le parece más adecuado.

Los bloques de evaluación y los porcentajes estaban predefinidos: la evaluación vino dividida en participación (10 %), trabajo ordinario (40 %) y exámenes (50 %). Formalmente se aceptó pero se hicieron dos “triquiñuelas contables”: por un lado se eliminaron los parciales y su 15 % se pasó al bloque de trabajo ordinario, subiendo este al 55 %; y por otro el 35 % que otros consideran un único examen final, aquí se divide entre dos pruebas: una prueba de mínimos (10 %) y una prueba al final (que no es lo mismo que un examen final) y que, siguiendo la analogía del Tour de Francia de Miguel Valero [14], es llamada Prueba Campos Elíseos (25 %).

El bloque de participación se mide sobre todo por la actividad del alumno en los foros de cooperación existentes en el CMS (Moodle) de la asignatura. La misión de los foros es que los alumnos se hagan y respondan preguntas e intercambien información. Tanto los alumnos que hacen las preguntas como las que los responden reciben reconocimiento.

Muchos profesores exigen una nota umbral en el examen final para asegurar que el alumno tiene los conocimientos mínimos exigibles. Pero una nota umbral realmente no asegura esto. Aquí se ha hecho explícito cuáles son estos conocimientos mínimos y se ha creado un examen apostado. El examen de mínimos es una prueba corta de 10 preguntas en las que se pide cuestiones muy básicas: calcular la media y la mediana de un conjunto de valores, saber interpretar un histograma o los valores de un contraste de hipótesis. Cada alumno debe demostrar individualmente que los conoce *todos*: necesita sacar bien 9 de los 10 problemas para superar esta parte. Los alumnos que lo necesitan tienen hasta 3 oportunidades para superar la prueba y disponen de ejercicios de ejemplo que se resuelven cooperativamente en los foros.

Finalmente está la prueba de Campos Elíseos. Esta tiene lugar al final del curso, aunque no puede considerarse un examen final. Cuenta un 25 % de la nota final de la asignatura pero no tiene una exigencia mínima y un alumno puede superar la asignatura sin siquiera presentarse a esta prueba. Como veremos en la Sección 3.4 la existencia del examen ayuda a flexibilizar la planificación del alumno.

En las tareas ordinarias es donde se realiza la mayor parte del aprendizaje y es por tanto la parte más cuidada. Está diseñada para obligar al alumno a trabajar de forma continuada, permitirle establecer objetivos personales a corto, medio y largo plazo y permitirle una flexibilidad en su planificación. La novedad y el punto clave para conseguir esto es la disociación entre el trabajo realizado y la calificación obtenida.

#### 3.1. Tareas ordinarias y la disociación entre trabajo y corrección

Las tareas ordinarias están formadas por tareas muy variadas que se proponen prácticamente a diario y que el alumno puede escoger resolver o no. Los alumnos pueden también proponer sus propias tareas. En general están disponibles durante sólo una semana para que un alumno no pueda ir dejando para “más adelante” el ponerse a trabajar y resolver a final de curso problemas que son de principio de curso. Para asegurar la diversidad las tareas se dividen en cuatro categorías: problemas, programas, divertimento y proyecto. Los problemas son preguntas teóricas y prácticas, típicas de cualquier asignatura de estadística. Los programas son tareas en las que los alumnos deben mostrar capacidad de utilizar y programar el programa estadístico que se utiliza en la asignatura (en nuestro caso R) y su lenguaje de programación asociado. Las tareas del tipo divertimento se salen de lo que habitualmente se realiza en un aula y pretenden desarrollar ciertos aspectos, como por ejemplo la creatividad, que es más difícil desarrollar en problemas y programas. También pretende que los alumnos se diviertan, que vean la estadística (y la universidad) como algo que no es tedioso y aburrido. En estas tareas se buscan errores de prensa, se explican chistes (véase <http://xkcd.com/882/>) o se escriben versos y canciones de estadística. Finalmente está el proyecto, que puede considerarse una *tarea magna*, que debe realizarse en equipo y del que hablaremos más adelante.

La novedad y aspecto principal de estas tareas es que se disocia el trabajo hecho y la calificación. Cada tarea tiene asignados unos *puntos* que indican el trabajo necesario para resolverlo (un punto corresponde a un trabajo estimado de una hora) y cada respuesta se corrige y recibe una *nota* que indica la corrección del resultado. La calificación final del apartado de tareas ordina-

rias es el producto de los puntos acumulados y la nota media obtenida.

Un resultado de este cambio fundamental es que permite distinguir entre el que ha realizado el trabajo y se ha equivocado ( $p$  puntos y una nota baja) y el que ni siquiera lo ha intentado (0 puntos y sin nota). Además el trabajo a realizar y parte de la compensación recibida está completamente bajo control del alumno: el alumno puede establecer un objetivo de curso de 25 puntos y decidir una semana concreta que quiere acumular 2.5 puntos y conseguirlo está completamente en su mano. Como hay una evaluación rápida, el alumno puede saber en todo momento si está cumpliendo o no sus objetivos de calificación.

Esta disociación permite establecer unos mínimos cuyo cumplimiento está en manos de los alumnos. En particular, para aprobar la asignatura un alumno debe obtener al menos 4 puntos de cada categoría y 20 puntos en total. Cumplirlos o no depende únicamente del trabajo que cada alumno quiera hacer. Esto es mucho mejor que proponer mínimos que dependen de la calificación: a menos que los criterios de calificación sean públicos y perfectamente objetivos —y raramente lo son— el alumno puede en justicia considerar que cumplir con los mínimos es algo arbitrario que depende más del profesor que de él.

Esta disociación de puntos y calificaciones es un elemento fundamental para trasladar al alumno la responsabilidad y el control de su propio aprendizaje. Y los resultados demuestran que si su destino está en sus manos, el alumno responde con dedicación y trabajo.

### 3.2. El proyecto

Aunque contablemente el proyecto esté englobado en las tareas ordinarias, por su importancia en el Método merece una sección propia. Desde el punto de vista de los objetivos de aprendizaje, el proyecto sirve para integrar los conocimientos parciales obtenidos y practicados mediante las tareas ordinarias y practicar el trabajo cooperativo.

El proyecto debe realizarse en equipo y empieza hacia la semana 8. Pero desde el principio de curso hay actividades en donde se ejercita el aprendizaje cooperativo. En el proyecto se demuestra que se han obtenido estas habilidades.

Cada equipo debe buscar una pregunta que les importe, del que quieran saber la respuesta y que, idealmente, no esté respondida ya. El objetivo es que haya un conocimiento que les importe, que realmente quieran obtener y que la *única* manera en que lo puedan conseguir es obteniéndolo ellos con las herramientas expuestas en clase o algunas nuevas que deban estudiar por su cuenta. Si quieren saber si la liga española es la mejor de Europa, cuál es la carrera con alumnos más “frikis”, si el acceso a Internet se ha desplazado

de los ordenadores a los teléfonos y tabletas, si se puede leer una “cara de póquer” o si se ha incrementado el número de mujeres en las carreras tecnológicas sólo lo sabrán si trabajan en su proyecto<sup>2</sup>. Esto, que es tratar a los alumnos como adultos capaces y no como niños [10], se ha demostrado un poderoso motor de aprendizaje.

En el proyecto también se disocia el trabajo a realizar de la calificación obtenida. Tras una semana cada equipo debe negociar con el profesor el alcance del proyecto y los puntos que obtendrán. Hay unas condiciones mínimas pero cada grupo puede extenderse en el proyecto tanto como quiera. Esto permite también diferenciar dos situaciones con la misma contribución a su nota final pero muy diferentes: un proyecto moderado, pero muy bien hecho (5 puntos, nota de 10) o un proyecto muy ambicioso pero mal completado (10 puntos, nota de 5). Aunque contribuya lo mismo, los equipos buscan la nota alta. El mensaje es claro: “Vosotros decidís qué queréis hacer, pero debéis hacerlo bien”.

### 3.3. Otras cuestiones

El proceso de evaluación explica la mayor parte de las maneras en las que se han implementado los principios elegidos, pero no todas. En esta sección explicaremos algunas más.

Para ayudarles a establecer los objetivos a corto y largo plazo se usó durante todo el curso la analogía del Tour de Francia de Miguel Valero [14]. Se les estableció el objetivo ambicioso de llegar a París, que era un objetivo accesible para todos, y se les explicó que la labor del profesor era ayudarles a llegar. Es cierto que a diferencia del Tour real, el profesor tiene en su mano acercar París o eliminar alguna etapa dura, pero hacerlo así restaría valor a la gesta: todo el mundo podía llegar al pueblo de al lado; ellos, con su esfuerzo, llegarían a París. Este objetivo se fue recordando y manteniendo vivo a lo largo del curso. Además cada semana se proponía a los alumnos establecer objetivos “de etapa” y periódicamente se mostraba una “clasificación” con los puntos acumulados.

El trabajo continuado es como rodar en pelotón: si el alumno es parte del grupo avanzará rápido, pero si se queda atrás al principio, le costará mucho volver a enganchar. Por ello a principio de curso los objetivos semanales son sugeridos por el profesor, explicitando el tiempo que se debe dedicar a cada tarea y está atento ante alumnos que se descuelgan.

<sup>2</sup>He aprendido de mis alumnos que no hay diferencias significativas entre las mejores ligas; Los informáticos son los más frikis (y orgullosos de ello); los ordenadores están perdiendo su primacía frente a teléfonos y tabletas; unos pocos privilegiados pueden leer la cara de póquer y hay un leve incremento en toda Europa en las mujeres que cursan carreras tecnológicas.

Otra cuestión a la que se prestó atención fue al ritmo de la clase: raramente hubo más de 20 minutos de explicación por hora de clase. El resto se dedicaba a ejercicios y otras actividades. Estas actividades eran a veces individuales, pero más a menudo eran en grupos. Esta actitud activa y cooperativa se marcó muy claramente la primera semana de clase. Al empezar un curso es más importante preocuparse del método que del contenido: si las primeras 3 semanas los alumnos sólo se sientan y escuchan no es de extrañar que a la cuarta semana sigan siendo pasivos. No se puede cambiar de pasivo a activo de forma instantánea [9].

Finalmente, dado que el Método se basa en el trabajo continuado y cooperativo, no tiene mucho sentido el que los alumnos dispongan de un segundo periodo de evaluación: poner a su disposición el camino de un examen final en septiembre es negar los principios de buena educación que han servido de base al método. Además, este segundo periodo no aumenta su posibilidad de aprendizaje, sino que lo disminuye [8]. Como en el Tour, sólo hay una oportunidad cada año de llegar a París.

### 3.4. Algunos escenarios

En la mayoría de los métodos sólo hay un escenario posible, quizá con algunas variaciones. El profesor establece el objetivo, que es el 10, y una nota inferior implica que el alumno, a juicio del profesor, no ha alcanzado el objetivo. Esto a los profesores nos parece adecuado supongo que porque el 10 era nuestro objetivo natural cuando éramos alumnos. Desde el punto de vista pedagógico esto presenta varios inconvenientes.

El primero es que todo lo que no sea obtener el 10 trae consigo una cierta sensación de fracaso: no es que se haya obtenido un objetivo menos ambicioso, es que se ha fallado el objetivo de curso. El segundo es que es muy difícil saber si se está cumpliendo el objetivo ya que depende del criterio del profesor<sup>3</sup>. El tercero es que un objetivo de conocimiento parcial no establece un plan de trabajo. El cuarto es que una nota de 5 en general no garantiza un conocimiento mínimo: a veces es que ha hecho bien sólo una parte o unas actividades del curso y apenas nada de lo demás. Y el último es que limita por arriba lo que el alumno puede llegar a hacer: el alumno debe poderse poner objetivos incluso más ambiciosos que los que hubiera planteado el profesor.

Veremos a continuación cómo el Método permite a alumnos con diferentes aspiraciones establecerse objetivos diferentes y saber si los va cumpliendo. Además le permite a cada uno crear su propia vía para conse-

<sup>3</sup>Doloroso recuerdo del pasado: tuve en un curso las asignaturas de cuántica y óptica. Yo estimé que sabía más y había hecho un mejor examen de cuántica. Cuando me llegaron las papeletas con las notas me llevé dos sorpresas: un sobresaliente de óptica que no me esperaba y un aprobado de cuántica que me esperaba aún menos.

guirlos. Para poderlo explicar en un espacio reducido vamos a mostrar casos simplificados: el Método permite mucha más flexibilidad que la que mostramos a continuación.

**Objetivo: sobresaliente.** En el primer caso supongamos un alumno que aspira a obtener un sobresaliente. Esto significa que tiene que hacerlo todo bien o muy bien. Pero aún así dispone de cierta flexibilidad.

Este alumno debe ser participativo en los foros, ya sea contestando a las dudas de compañeros, aportando material nuevo o animando las discusiones existentes. La parte de tareas ordinarias es la que más puntúa y puede decidir por ejemplo acumular 32 puntos con una nota media superior a 8. Esto significa tener que entregar cada semana unos 5 problemas, algunos de ellos complejos. Aunque debe hacer de todo, sigue teniendo cierta flexibilidad a la hora de escoger qué tipo de tareas quiere hacer: las más creativas, las más teóricas, las de programación. Si es muy brillante en ciertos aspectos, no es de gran importancia que no lo sea en otros.

El alcance del proyecto es algo que deberá negociar con el resto de su equipo. Si no quiere, o sus compañeros no aceptan, hacer un proyecto muy ambicioso deberá dedicar más tiempo a resolver tareas individuales. Lo importante es que la calidad del proyecto sea alta.

Y finalmente deberá superar con facilidad el examen de mínimos y obtener una nota superior a 7 en la prueba de Campos Elíseos.

En resumen, para obtener un sobresaliente debe trabajar mucho desde principio a fin de curso y, aunque puede elegir el tipo de tareas que le gustan más, debe entregar muchas y demostrar un dominio al menos alto en todas las categorías.

**Objetivo: notable.** Con un objetivo más modesto la flexibilidad aumenta. Si un alumno tiene como objetivo obtener un notable puede permitirse una calificación media o baja de participación. Si le gusta participar en los foros puede obtener así hasta un 10 % de su calificación final, pero también puede permitirse estar alejado de ellos si así lo desea.

También puede decidir si quiere o no presentarse a la prueba de Campos Elíseos. Si le gustan los exámenes y tiene confianza en obtener una nota de 6 o superior, puede establecerse como objetivo acumular unos 25 puntos (3–4 problemas a la semana), o incluso menos si tiene una nota media alta. Pero si no le gusta la idea de hacer un examen al final, tiene el camino de aumentar su participación en los foros y acumular alrededor de 30 puntos con una nota media de alrededor de 8. Naturalmente, superar la prueba de mínimos es ineludible.

También tiene más flexibilidad a la hora de establecer el alcance del proyecto: incluso un proyecto de dificultad mínima le puede bastar para alcanzar su objetivo

si es de la calidad adecuada.

Es decir, que un alumno con este objetivo puede ir trabajando algo menos que uno que aspira al sobresaliente o trabajar lo mismo durante el curso y evitar la prueba final.

**Objetivo: aprobado.** Para algunos alumnos obtener notas medias o elevadas en todas las asignaturas, sobre todo en primer curso, es muy difícil. Por lo tanto es para ellos un objetivo razonable simplemente superar la asignatura. Y el Método les facilita establecer y conseguir este objetivo.

Para un alumno con esta meta su primer objetivo es cumplir con los mínimos: 20 puntos de tareas, con 4 puntos por categoría y superar la prueba de mínimos. Esto significa alrededor de 2 tareas por semana. Una vez asegurado esto puede plantearse si quiere realizar la prueba de Campos Elíseos o si prefiere realizar más tareas. En este segundo caso deberá conseguir alrededor de 25 puntos, o más si su calificación media de las tareas es baja. Al igual que sus compañeros puede ajustar el alcance del proyecto con las tareas individuales que debe hacer.

Un caso que merece la pena estudiar es el del alumno que en vez de aspirar al aprobado se *conforma* con el aprobado: es aquel que trabaja bien la primera mitad del curso, y una vez asegurado el aprobado, deja a un lado la asignatura. El Método no permite esta actitud. Aunque un alumno obtenga 22 puntos con una muy buena nota en la primera mitad del curso —lo que casi suma el mágico 5— no puede desentenderse de la asignatura: en la segunda mitad obligatoriamente tiene que realizar el proyecto y superar la prueba de mínimos. Puede reducir su ritmo si así lo desea, pero no puede dejarlo completamente.

En resumen, un alumno puede establecerse los objetivos que le parezcan más ajustados a sus posibilidades y puede escoger el camino que más le guste para alcanzar su meta. Pero sea cual sea el objetivo y camino elegidos, el Método le obliga a tener que trabajar todo el curso, desde el principio hasta el final, y tener que demostrar un conocimiento y habilidades mínimas en todas las áreas y temas.

## 4. Resultados

### 4.1. A partir de los principios

En docencia es difícil establecer una medida de calidad. El porcentaje de aprobados indica la adecuación o no de la evaluación al aprendizaje, pero no si el aprendizaje es elevado. La satisfacción del alumno tampoco mide el aprendizaje. Dado que la hipótesis de partida es que los principios usados garantizan una educación de buena calidad, la forma más coherente de establecer

la validez del Método es medir, en lo posible, si se han cumplido estos principios.

**Trabajo del alumno.** Como se ha explicado en la Sección 3.4, el Método obliga a todos los alumnos, independientemente de su objetivo, a trabajar durante todo el curso. Y a trabajar en serio: en los dos cursos completados los alumnos han entregado una media de cerca de 3 problemas semanales, algunos de envergadura. Una rápida medición indica que estas tareas, junto al proyecto, la participación, la asistencia a clase y las pruebas ha obligado a la mayoría de los alumnos a trabajar alrededor o por encima de las 150 horas asignadas por el plan de estudios.

En cuanto al alineamiento entre estudiar para aprobar y estudiar para aprender, es instructivo saber que alumnos de cursos superiores, que son los que más saben como aprobar una asignatura, no recomiendan atajos a los novatos, sino que les instan a seguir el Método tal y como está planteado.

**Cuestiones bajo el control del profesor.** Un profesor que asume el Método seguirá estos principios. El problema es el coste, que se detallará en la Sección 5.

**Paso de control al alumno.** Es triste ver que los alumnos no están en general acostumbrados a responsabilizarse de su aprendizaje. Esto dio lugar a problemas, a veces graves, la primera vez que se aplicó el Método. Algunos alumnos esperaban del profesor una supervisión que les correspondía a ellos, como por ejemplo, asegurarse de cumplir los mínimos. Y también se vio que tienen dificultad en establecerse objetivos. A partir de la segunda aplicación del Método se trabaja las cuestiones de objetivos y responsabilidad durante las primeras semanas explicándoles cómo establecerse objetivos, cómo saber si los cumplen, qué caminos disponen para cumplirlos, etc. Esto se ha mostrado necesario y efectivo. La cooperación es aún un punto a mejorar y se están buscando actividades para hacerlo.

**Diversidad del alumnado.** Del centenar de tareas disponibles ninguna fue elegida por todos los alumnos pero tampoco ninguno quedó desierto. Algunos escribieron sonetos, otros tutoriales del lenguaje de programación; unos definieron funciones estadísticas, otros dibujaron gráficas complejas; algunos obtuvieron sus datos del INE y Eurostat, otros crearon y pasaron su propia encuesta; unos estudiaron para el examen, otros acumularon muchos puntos, y en particular los proyectos mostraron la inventiva, la capacidad y variedad de los alumnos.

### 4.2. A partir de los hechos y actas

Aunque, como hemos dicho antes, el porcentaje de aprobados en sí mismo no es una buena medida de calidad, si el porcentaje de presentados y aprobados fuese

muy bajo, sí que indicaría la existencia de problemas y por lo tanto es necesario presentar algunos datos de los dos cursos en el que se ha utilizado.

El primer curso en el que se aplicó el Método fue el 2010-11. Fue un curso problemático pues hubo una situación de sobresaturación: en una clase indicada para un máximo de 80 alumnos se matricularon 117. Quizá debido a esto muchos desaparecieron casi inmediatamente: 23 no hicieron actividad alguna pasada la primera semana. Lo interesante es ver lo que sucedió con los 94 restantes.

De los 94 llegaron hasta el final 89 (95 %) y aprobaron 79 (un 84 %). La mayoría de los que no aprobaron fue por la falta de responsabilidad indicada anteriormente: a pesar de que cada dos semanas iba saliendo un lista con los puntos acumulados por cada alumno, y que se codificaba en colores (naranja y rojo) los que estaban en peligro, no se dieron cuenta hasta que faltaban dos semanas que les iba a ser prácticamente imposible alcanzar los mínimos. Esto dio lugar a incidentes, a veces desagradables, que se subsanaron el año siguiente.

En el curso 2011-12 el número de alumnos fue mucho más reducido: hubo 62 alumnos matriculados, y de estos 6 desaparecieron antes de la segunda semana. De los 56 restantes 55 llegaron hasta el final (98 %) y aprobaron 52 (93 %) y no hubo ninguna de las situaciones desagradables del año anterior. Son unos resultados alentadores.

## 5. ¿Pero esto cuánto cuesta?

Un método diferente requiere una labor del profesor también diferente. La cuestión no es si se trabaja más que el profesor que habla en clase durante 4 horas semanales usando los mismos apuntes y transparencias año tras años, y sólo realiza un examen final: este profesor trabaja menos de lo que debe. Lo que queremos saber es si el Método puede seguirse trabajándose lo que se debe. ¿Pero cuánto debiera trabajar el profesor para esta, o cualquier otra, asignatura?

Un dato que se maneja es que un profesor de media debiera dividir su dedicación en 16 horas semanales para docencia, 16 para investigación y 4 para administración y otras tareas. Si consideramos que el profesor, eliminando vacaciones y otras fiestas, trabaja 45 semanas completas al año, esto quiere decir que debe dedicar 720 horas anuales a docencia. Si se le adjudican 24 créditos, entonces debe dedicar 30 horas de trabajo por crédito. Este trabajo incluye las horas lectivas, preparación de material, evaluación, gestión y burocracia.

En el caso concreto de esta asignatura, teniendo en cuenta desdoblamientos y número de alumnos, se le asignan al profesor 5 horas lectivas y 8.3 créditos. Esto significa que debe dedicarle 250 horas al cabo del año. Si asignamos, arbitraria y generosamente, 42 ho-

ras fuera del periodo lectivo (preparación de guías docentes, estudio de posibles libros de texto y métodos pedagógicos, reuniones, etc.) entonces quedan 208 horas para el periodo lectivo. Dado que, incluida la semana de exámenes, este es de 16 semanas esto representa una media de 13 horas semanales. De estas 13 horas 5 son lectivas y las otras 8 quedan para otras actividades. Con un planteamiento adecuado, este tiempo es suficiente.

Lo primero que llama la atención del Método es la gran cantidad de tareas que hay que corregir. Dependiendo del número de alumnos, en cada curso se han entregado entre 1500 y 2500 tareas ordinarias. Es decir, entre 100 y 150 tareas semanales. Si el profesor dedica 5 minutos a descargar, leer, evaluar, realimentar y gestionar cada tarea, le debería dedicar unas 10 horas semanales, algo inaceptable. Por lo tanto para poder aplicar este método el profesor debe poder hacer esto en mucho menos que 5 minutos. Esto es posible si tenemos en cuenta algunas cuestiones. Por un lado, aunque tiene una componente sumativa, lo importante de la corrección de las tareas ordinarias es su componente formativa. En este caso la precisión de la calificación puede disminuir sin que sufra el aprendizaje del alumno [15]: basta decidir si la tarea está muy bien, bien, regular, mal o desastroso. Y esto es rápido.

Por otro lado, la realimentación tampoco tiene por qué llevar mucho tiempo. Tras cada tarea se hizo pública la mejor solución de las presentadas. Esto lleva mucho menos tiempo que escribirla y además tiene dos aspectos positivos: le da un “subidón” al alumno al que se le ha escogido la respuesta y da lugar a un objetivo alcanzable para los demás. Puede que consideren imposible crear ellos algo como lo que les presenta el profesor, pero sí se ven con ánimos para hacer algo tan bueno o mejor que lo que ha hecho Laura o Pedro.

En cuanto a los comentarios de realimentación ante cada tarea, por suerte los errores que los alumnos cometen suelen pertenecer a un conjunto pequeño. Los comentarios de realimentación pueden ser suficientemente detallados sin que haya que escribirlos cada vez si se va creando una lista de la que ir copiando y pegando. En el caso que algún error requiera un comentario extenso, entonces basta hacer una breve anotación y hablar con el alumno personalmente a la primera ocasión. Y si el error es muy frecuente, en vez de comentarios escritos, es conveniente tratarlo en la siguiente clase.

Finalmente, es imprescindible elegir bien las preguntas que se van a realizar. Por ejemplo, el primer año se pidió a los alumnos que buscaran una noticia de prensa y que analizaran el razonamiento estadístico del periodista. A la hora de corregir esto obligó a leer y analizar todas las noticias —algunas bastante extensas— que los alumnos habían elegido. Al año

siguiente la tarea se convirtió en “Elige una de las tres noticias adjuntas y *brevemente* analiza el razonamiento estadístico del periodista”. Esta tarea requiere prácticamente las mismas habilidades del alumno y es muchísimo más rápido de corregir. Con un poco de habilidad y experiencia, es posible diseñar tareas adecuadas y que se corrijan prácticamente a golpe de vista. La corrección se convierte más en una cuestión de reconocimiento de patrones que de investigación analítica.

El tiempo relacionado con las tareas se midió con cuidado durante el curso 2011–2012. El tiempo habitual para corregir una tarea era de unos 40 segundos. El tiempo necesario para revisar y corregir los enunciados de las tareas existentes, crear algunas nuevas, evaluarlas, realimentar a los alumnos y gestionar todo fue de media de unas 3 horas semanales.

Por lo tanto, durante el periodo lectivo se dedicaron 5 horas a las clases, 3 a evaluar y realimentar, y quedaron 5 para preparación de clases, tutorías y otras cuestiones. Tiempo más que suficiente.

## 6. Conclusión

Aunque no existen leyes generales de la docencia, al estilo de las Leyes de Newton o los Principios de la Termodinámica, a partir de leyes de ámbito más restringido un profesor puede crear un método docente propio basado en principios contrastados. Este método le permitirá entender mejor su actividad educativa y avanzar en su práctica docente.

Se ha mostrado en esta ponencia una experiencia en la que a partir de un decálogo se ha creado un método que alienta a los alumnos a trabajar continuamente en la asignatura y a hacerse responsable de su propia educación. Los principios junto con los resultados académicos han validado la calidad del método diseñado.

Y quizá este sea un paso en el camino inductivo-deductivo del avance de las ciencias: un conjunto de decálogos y métodos particulares pueden ayudar a crear principios y métodos más generales.

## Referencias

- [1] Ken Bain. *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Universitat de València, 2006.
- [2] John Biggs y Catherine Tang. *Teaching for quality learning at university*. McGraw-Hill, 4ª ed., 2011.
- [3] Tom Chatfield. 7 ways games reward the brain. TED talk disponible en [http://www.ted.com/talks/tom\\_chatfield\\_7\\_ways\\_games\\_reward\\_the\\_brain.html](http://www.ted.com/talks/tom_chatfield_7_ways_games_reward_the_brain.html).
- [4] Arthur W. Chickering y Zeld F. Gamson. Seven principles for good practice in undergraduate education. *American Association of Higher Education Bulletin*, 39(7):3–7, 1987. Disponible en <http://teaching.uncc.edu/articles-books/best-practice-articles/instructional-methods/7-principles>.
- [5] Mihaly Csikszentmihalyi. *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper Perennial Modern Classics, 2008.
- [6] Barbara G. Davis. *Tools for teaching*. Wiley, 2009.
- [7] H. Fry, S. Ketteridge, y S. Marshall. *A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice*, 3a. ed. Routledge, 2009.
- [8] Joe Miró Julià. Reflexiones acerca del potencial de la convocatoria única. *ReVisión*, 4(1), 2011. Disponible en <http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revision&page=article&op=view&path%5B%5D=80>.
- [9] Joe Miró Julià. Sólo la sed nos alumbra. *ReVisión*, 4(2), 2011. Disponible en <http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revision&page=article&op=view&path%5B%5D=94&path%5B%5D=139>.
- [10] Edwin H. Land. Generation of greatness. The idea of a university in an age of science, 1957. MIT Arthur Dehon Little Memorial Lectureship. Disponible en <http://groups.csail.mit.edu/mac/users/hal/misc/generation-of-greatness.html>.
- [11] Donald A. Norman. *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*. A William Patrick Book. Basic Books, 1993.
- [12] Ken Robinson. *Out of our minds. Learning to be creative*. Capstone, 2001.
- [13] M.D. Svinicki y W.J. McKeachie. *McKeachie's teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers*, 13a ed.. Wadsworth, Cengage Learning, 2011.
- [14] Miguel Valero-García. ¿Cómo nos ayuda el Tour de Francia en el diseño de programas docentes centrados en el aprendizaje? *Novática*, (170), julio - agosto 2004.
- [15] Miguel Valero-García and Luis M. Díaz de Cerio. Evaluación continuada a un coste razonable. Jenui 2003, Cádiz, Julio 2003.

# Innovaciones andragógicas<sup>1</sup> graduales y reflexionadas

M. Asunción Castaño  
Dpto. de Ingeniería y Ciencia de los Computadores  
Universitat Jaume I  
Castellón  
castano@uji.es

## Resumen

Este artículo recoge las innovaciones que he introducido en los últimos cursos en la metodología docente y evaluadora de la asignatura «Sistemas Operativos II», de tercer curso de Ingeniería Informática de la Universitat Jaume I (UJI): metodologías activas, estilos de aprendizaje, autoevaluación y retroalimentación bidireccional entre estudiantes y profesor. La incorporación gradual de estas innovaciones y la reflexión derivada de sus resultados han permitido mejorar progresivamente el rendimiento académico de los estudiantes y mi evaluación docente, así como el nivel de satisfacción personal y profesional.

## Abstract

This paper presents the innovations that I have carried out during the last years in the teaching and evaluation methodology of the course «Operating Systems II», taught to third-year students of the bachelor in Computer Science at the Jaume I University. The innovations are focused on active methodologies, learning styles, self-assessment and bidirectional feedback between the students and the teacher. The gradual incorporation of these innovations and the meditation on the observed results have progressively improved the academic performance of the students and my teacher assessment, as well as the level of personal and professional satisfaction.

## Palabras clave

Estilos de aprendizaje, retroalimentación, autoevaluación, metodologías activas, Sistemas Operativos.

## 1. Motivación

En este artículo se describen las actividades e innovaciones docentes y evaluadoras llevadas a cabo en

la asignatura «Sistemas Operativos II» de la titulación de Ingeniería Informática de la UJI, perteneciente al plan de estudios iniciado en el curso 2001/02. Todas ellas giran en torno a cuatro elementos: estilos de aprendizaje, aprendizaje activo, retroalimentación y autoevaluación.

Uno de los siete principios de la docencia de calidad según Chickering y Gamson [3] consiste en respetar las diferentes formas de aprendizaje de los estudiantes. Cada persona tiene un *estilo de aprendizaje*, aprende de manera diferente [4]. Y en nuestras aulas tenemos aprendices de todos los tipos [1], por lo que debemos planificar y desarrollar actividades pensando en todos ellos. Ahora bien, muchos de nuestros estudiantes universitarios de Informática, al igual que la mayoría de estudiantes, son aprendices visuales [1]. Por tanto, deberíamos incorporar en nuestras explicaciones elementos que favorezcan especialmente a este tipo de aprendices.

Chickering y Gamson plantean la estimulación del *aprendizaje activo* como otro de los principios de la docencia de calidad. Esto está relacionado también con los estilos de aprendizaje, ya que los aprendices activos están contemplados en diferentes taxonomías de los tipos de aprendizaje [4, 10]. La docencia práctica en el laboratorio, por ejemplo, favorece a este tipo de aprendices. Pero la participación del estudiante en la resolución y discusión de ejercicios también le convierte en un sujeto activo. De esta manera se estimula, además, el *contacto entre profesor y alumnos*, otro de los siete principios de la docencia de calidad.

Otro de estos principios es proporcionar *realimentación* al estudiante, o sea, información sobre su progreso (o falta de progreso) en el plan de aprendizaje. Pero, para que la realimentación sea efectiva en el aprendizaje ha de cumplir una serie de características [7]. Una manera rápida y poco costosa para el profesor de dar realimentación es la *autoevaluación*.

Siguiendo el consejo que hace años me dio Miguel Valero, fui incorporando las diferentes actividades llevadas a cabo en la asignatura en cursos sucesivos y, por lo tanto, «innovando y reflexionando poco a poco». Y las iba mejorando en base a los resultados

<sup>1</sup> Pedagogía, atendiendo a su etimología griega, es la ciencia que se ocupa de educar y enseñar a los niños. Por lo tanto, la ciencia relacionada con la enseñanza de los adultos debería llamarse Andragogía.

académicos que se obtenían y a los comentarios que realizaban sobre ellas los estudiantes en unas encuestas de satisfacción con la asignatura que elaboraba cada curso. Si es importante la retroalimentación que el profesor proporciona a los estudiantes sobre su progreso, también lo es la realimentación que ellos puedan dar a los profesores sobre la organización y el desarrollo de la asignatura.

Cabe matizar, no obstante, que el artículo no pretende evaluar qué actividades docentes utilizadas en la asignatura han sido más eficientes.

El artículo se estructura de la siguiente forma: En el apartado 2 se describe una posible taxonomía para los estilos de aprendizaje. El siguiente apartado plantea las características que ha de tener la retroalimentación para que sea efectiva. En el apartado 4 se detallan los aspectos formales de la asignatura en la que se centra este artículo, así como la metodología evaluadora seguida en ella. Los apartados 5 y 6 presentan la forma de trabajar en el aula de teoría y en el laboratorio de prácticas, respectivamente. El siguiente apartado plantea un estudio sobre los estilos de aprendizaje a los que van dirigidos las estrategias didácticas de la asignatura. El apartado 8 presenta los resultados académicos y la evaluación docente obtenidos. Y, finalmente, en el apartado de conclusiones resumo aquellos aspectos relacionados con las innovaciones planteadas en este artículo que considero más relevantes para el aprendizaje de los estudiantes.

## 2. Estilos de aprendizaje

Felder y Silverman [4] clasifican los estilos de aprendizaje a partir de cuatro dimensiones: la forma en la que se percibe la información (sensitivo o intuitivo), el tipo de información que se prefiere (visual o verbal), la forma de procesar la información que se percibe (activo o reflexivo) y la manera de adquirir el conocimiento (secuencial o global). El estilo de aprendizaje de una persona vendrá dado por la combinación de las características que posea en las cuatro dimensiones anteriores.

Los estudios realizados sobre estilos de aprendizaje revelan que cada persona tiene un estilo diferente de aprendizaje en función de sus capacidades individuales. Y cada estilo de aprendizaje requiere distintas estrategias didácticas. La tarea del profesor será conocer qué estrategias didácticas son más adecuadas para cada tipo de aprendiz. Si los docentes conociésemos el perfil general del estilo de aprendizaje de nuestros alumnos sería posible primar aquellas actividades que estuviesen orientadas a dicho perfil. Ahora bien, el análisis, presentado en [1] reveló que no existe un perfil general del estudiante universitario de Informática estadísticamente hablando. Por lo que, el docente en Informática no puede orientar sus actividades únicamente hacia ciertos tipos de aprendices.

Debe planificar las asignaturas teniendo en cuenta que en su aula hay aprendices de todos los tipos.

Con el fin de cubrir la forma en la que los diferentes estudiantes de un aula captan y procesan la información, Felder también propone actividades y técnicas que el profesor puede utilizar enfocadas a cada estilo de aprendizaje concreto [4, 5, 6]. La idea no es utilizar todas las técnicas en cada clase. Felder plantea que un número relativamente pequeño de técnicas en el repertorio del instructor sería suficiente para alcanzar las necesidades de la mayoría de los estudiantes de un aula. Así, por ejemplo, podría relacionar el material que se va a ver con lo que ya se ha visto y con lo que se verá más adelante en el curso y en otras asignaturas (favoreciendo así a los aprendices globales), utilizar gráficas, esquemas y diagramas (visuales) antes, durante y después de la presentación de material verbal (verbales), proporcionar ejemplos concretos del tema que se está tratando (sensitivos), dejar tiempo para que piensen sobre lo que se ha dicho o escrito (reflexivos), plantear actividades de análisis (secuenciales) que podrían ser resueltas de forma colectiva en grupos de 3 o 4 estudiantes en el aula (activos).

## 3. Retroalimentación

El sistema sajón, referente en la docencia universitaria, se ha caracterizado por ofrecer realimentación personalizada y detallada sobre las actividades y trabajos de curso de manera frecuente. Por otro lado, en [7] se menciona una revisión de 87 análisis de investigaciones sobre qué es realmente significativo para conseguir buenos resultados de aprendizaje, que reveló que la retroalimentación era el factor más importante. Y Chickering y Gamson también plantean la retroalimentación como uno de los siete principios de una docencia de calidad [3].

La retroalimentación puede tener distintas funciones como, por ejemplo, detectar y corregir errores, mejorar la comprensión a través de las explicaciones, generar más aprendizaje al sugerir tareas de estudio subsiguientes, desarrollar habilidades genéricas y motivar a los estudiantes para que sigan estudiando.

Pero, para que la retroalimentación sea realmente efectiva, ha de cumplir una serie de características [7]:

- La retroalimentación ha de ser clara y darla con suficiente frecuencia y con el suficiente nivel de detalle. Esto no significa necesariamente indicarle al estudiante los errores que ha cometido y por qué los ha cometido. Proporcionarle indicios sobre el error para que él mismo detecte los errores derivará en un aprendizaje más significativo [8].
- La retroalimentación hay que ofrecerla a tiempo para que sea recibida cuando todavía le importa a los estudiantes y puedan recibir ayuda a tiempo

y utilizarla en un aprendizaje posterior. Si damos retroalimentación de una práctica cuando ya hemos evaluado en un control los contenidos que se abordan en ella, la retroalimentación es irrelevante.

- La retroalimentación no ha de tener nota. En [7] se referencian unos estudios que relatan que, cuando a los estudiantes se les devuelve el trabajo corregido, echan un vistazo a la nota final y después simplemente lo tiran a la papelera, junto con toda la realimentación.
- La realimentación ha de implicar al estudiante, debe actuar ante la realimentación. Si la realimentación sobre una práctica permite que el estudiante detecte sus errores y utiliza esa información para rectificarla, el aprendizaje será mayor y más duradero.
- La calificación hay que realizarla tras la retroalimentación y sobre el trabajo rectificado en base a esta última. El objetivo es que los estudiantes aprendan, aunque unos pueden necesitar más ayuda que otros.

Un mecanismo que proporciona retroalimentación a tiempo y a bajo coste para el profesor es la *autoevaluación* [12, 9]. Con esta estrategia es el propio alumno el que detecta sus errores, recapacita sobre ellos y determina en qué medida su trabajo está bien o mal, siguiendo las instrucciones y/o los criterios de corrección establecidos por el profesor. De esta manera el estudiante interioriza los principios de calidad y puede mejorar las entregas posteriores. La autoevaluación también contribuye a la formación del estudiante relacionada con la capacidad de aprender de forma autónoma.

#### 4. La asignatura «Sistemas Operativos II»

«Sistemas Operativos II» es una asignatura de tercer curso de la titulación de Ingeniería Informática de la UJI, perteneciente al plan de estudios que entró en vigor el curso académico 2001/02. Se estuvo impartiendo docencia presencial de dicha asignatura desde el curso 2003/04 hasta el curso pasado, 2011/12. Se trataba de una asignatura anual de carácter troncal y tenía asignados 9 créditos no ECTS (6 teóricos y 3 de laboratorio). En ella se abordaban aspectos de diseño e implementación de Sistemas Operativos.

La asignatura se evaluaba mediante dos posibles itinerarios. En el primero se tenía en cuenta la realización de las prácticas y de dos exámenes parciales o de un examen final. Los exámenes suponían el 80% de la nota final y las prácticas, el 20%. El segundo itinerario, que incluía un planteamiento de evaluación continua, se especifica a continuación:

- *Ejercicios entregables en el aula*, que suponían el 15% de la nota final. Para ello debía realizarse al menos el 80% de las entregas. Más adelante se explica qué son estos entregables.
- *Controles de objetivos formativos básicos*, con los que se alcanzaba el 20% de la nota final. Para tener en cuenta la nota de estos controles la media de sus calificaciones en cada semestre tenía que ser superior a 7 puntos sobre 10. Más adelante se comenta en qué consisten estos controles.
- *Dos exámenes parciales* que suponían el 45% de la nota final (entre los dos). En cada uno de los parciales debía obtenerse una nota superior a 4 sobre 10.
- *Prácticas*, con las que se obtenía el 20% de la nota final.

Si no se alcanzaba el mínimo exigido en alguno de los tres primeros ítems anteriores, dicho ítem no conllevaba nota. Por otro lado, no era obligatorio presentarse al examen parcial si la nota acumulada en el semestre con los entregables, los controles y las prácticas era superior a 2,5 sobre 5.

Desde el inicio de la asignatura impartí su docencia teórica y al menos uno de los grupos de laboratorio, a excepción de un año y dos medios cursos.

El número de alumnos matriculados en la asignatura fue oscilando a lo largo de los cursos entre 39 y 109. Y el último curso en el que se impartió docencia en ella, en el que se centra principalmente este artículo, la asignatura tuvo 49 estudiantes matriculados. Estos se organizaban en un grupo de docencia teórica y dos grupos de laboratorio.

A continuación se detalla la metodología docente seguida en el aula de teoría y en las prácticas.

#### 5. ¿Qué hacíamos en el aula de teoría?

##### 5.1. Entregables

Para los asistentes habituales al JENUI la palabra *entregable* es conocida. Un entregable es un documento que explica una actividad que debe realizar y entregar un estudiante [2]. El desarrollo de las clases de teoría de la asignatura «Sistemas Operativos II» giraba básicamente en torno a entregables individuales. Estos tenían una frecuencia semanal. Al inicio de un bloque temático los entregables individuales incluían cuestiones de asimilación de contenidos y ejercicios sencillos. Los siguientes entregables contenían ejercicios de análisis y reflexión más complejos y problemas abiertos. Muchos de estos últimos eran ejercicios propuestos en exámenes de cursos anteriores. En el siguiente apartado comentaré la importancia que creo que tienen este tipo de ejercicios.

Todos los entregables comenzaban con una pregunta en la que el alumno indicaba las dos o tres cosas surgidas en torno a la clase anterior que consideraba que eran más importantes y que no debía olvidar. Esto permite al estudiante reflexionar sobre los contenidos que ha de asimilar y al profesor, detectar errores conceptuales si los hubiese.

Y los entregables finalizaban preguntando al alumno las dudas que le habían surgido al leer la documentación que se recomendaba en él y al hacer los ejercicios, así como el tiempo que había dedicado a leer la documentación y a realizar el entregable. Esto permite al profesor conocer los problemas que encuentran los estudiantes con la materia abordada y con los ejercicios puntuales de cada entregable.

El alumno entregaba sus ejercicios al inicio de la clase y, a continuación, los resolvíamos y comentábamos entre todos. Si un alumno no podía asistir un día a clase (o ninguno), me enviaba antes de la clase su resolución por correo electrónico. Y, para que le contabilizase como entregado, pedía a un compañero que había asistido a clase la solución corregida y enviaba un pequeño informe indicando qué fallos había cometido en su entregable y por qué. De esta manera seguimos manteniendo las dos finalidades que creo que tienen los entregables. En primer lugar, que el alumno se prepare la asignatura poco a poco y de forma progresiva a lo largo del curso. Este aspecto es importante, sobre todo, en una asignatura anual. Y, en segundo lugar, que el alumno compruebe los fallos que ha cometido en la resolución de su entregable.

La eficiencia del sistema de entregables se incrementa si el alumno participa durante su resolución y discusión en el aula. Para ello es imprescindible mantener un clima de confianza que invite y permita al alumno preguntar. De hecho, en la encuesta de satisfacción con la asignatura que rellenó el alumnado me llamó especialmente la atención que lo más les gustaba de la asignatura era la «participación del alumno», «el ambiente relajado de clase», que «se podía preguntar y resolver dudas sin presión» y que «la profesora se había aprendido sus nombres».

Las dudas y errores que surgían a raíz de la primera y últimas preguntas de cada entregable individual las comentaba en el campus virtual de la asignatura. Los alumnos manifestaron en la encuesta de satisfacción con la asignatura que estos comentarios les resultaron muy útiles ya que les permitían, además de aclarar dudas puntuales, identificar cuestiones importantes en el temario, ayudar a hacer el siguiente entregable y las prácticas, recordar fallos que no debían cometer y consolidar el conocimiento adquirido.

¿Y podía un alumno dejar preguntas en blanco o a medias en un entregable? Sí, siempre que se indicase una razón *acceptable* por la que lo hacía. Es preferible que no contesten una pregunta si no saben hacerla o si han tenido una semana con carga de trabajo excesiva,

antes que la copien. Si copian no aprenden y el profesor no es consciente de los problemas que tiene un alumno en particular y la clase en general. Pero no se aceptaba que un alumno dejase varias preguntas sin contestar de forma injustificada en dos entregables.

El tiempo que tardaba en supervisar un entregable resuelto por los alumnos era aproximadamente de media hora. Cada entregable solía constar de unas 7 preguntas y a clase asistían sobre los 30 alumnos. Pero tengamos en cuenta que los ejercicios centrales del entregable no era preciso mirarlos en profundidad, ya que eran resueltos en clase. Y solo era necesario leer con más detenimiento la primera y últimas preguntas de cada entregable para detectar fallos conceptuales, dudas y dificultades.

Al finalizar un bloque temático se realizaba un ejercicio grupal en clase que se entregaba al finalizar dicha clase y que corregía yo fuera del aula. Cada grupo constaba de tres o cuatro personas. Si la solución no era correcta, los alumnos lo rectificaban teniendo en cuenta las consideraciones que yo había realizado sobre él. El entregable grupal solo se consideraba válido cuando estaba bien resuelto.

La gestión de los entregables que realizaba cada estudiante se llevaba a cabo mediante la aplicación informática descrita en [2]. El alumno accedía a ella y marcaba sus entregas. De esta manera el tiempo que el profesor dedicaba a la gestión de las entregas era prácticamente irrelevante.

Cabe notar finalmente que, con el sistema de entregables arriba descrito, se fomenta el uso de las metodologías activas, el aprendizaje autónomo y la capacidad de análisis y reflexión del estudiante, así como la comunicación y retroalimentación entre alumno y profesor. Además, permite tener en cuenta los diferentes tipos de aprendices, tal y como veremos más adelante.

## 5.2. Resolución de exámenes

Se sabe que la manera de evaluar determina poderosamente qué, cómo y cuánto estudian los alumnos [7]. Los estudiantes, como nosotros cuando lo éramos, toman los exámenes que se han realizado en años anteriores en una asignatura como referencia para estudiar en dicha asignatura. Pero los exámenes también son un referente de lo que los profesores queremos que estudien. ¿Por qué no incorporar entonces las preguntas de exámenes anteriores como ejercicios de aula o de entregables?

Si los estudiantes disponen, además, de la resolución que el profesor ha dado a algunos de estos exámenes, ven qué y cómo está esperando este que responda. Con lo que puede mejorar la calidad de la resolución de entregables, prácticas y exámenes.

Por otro lado, que el alumno tenga acceso a la resolución de un examen justo tras la realización de este resulta muy útil en la revisión del examen, ya que el

estudiante sabe antes de acudir a la revisión qué debía haber respondido. Además, el profesor no tiene que repetir una y otra vez cómo resolver el examen. También se reduce el número de alumnos asistentes a la revisión y esta gana considerablemente en agilidad.

### 5.3. Explicaciones que favorecen a los aprendices visuales

Nuestros estudiantes de Informática, al igual que la mayoría de las personas [4], son aprendices visuales [1]. Sin embargo, las lecciones magistrales, tan frecuentes en la docencia universitaria, no ayudan a este tipo de aprendices. Y las transparencias cargadas de información textual, tampoco. Para favorecer el aprendizaje visual en nuestras explicaciones deberíamos incluir más información visual: videos, imágenes, diagramas, mapas conceptuales... Y, si conseguimos amenizar nuestra explicación con algún ingrediente original que llame la atención del alumno, mejor.

Por estas razones decidí incorporar en algunas explicaciones de la materia de la asignatura mapas conceptuales, montajes hechos con cajas de cartón en las que pego y despego información, perchas, carteles e incluso «representaciones teatrales» en las que participan los alumnos. Como un ejemplo, a continuación comentaré el procedimiento que suelo utilizar para explicar los mutex.

Un mutex es una herramienta de sincronización de hilos que permite que estos accedan de forma exclusiva a recursos compartidos. Supongamos que nuestro recurso es una habitación donde sólo puede haber una persona y, en concreto, el W.C. de un avión. Cuando un hilo (persona) quiere acceder a un recurso de forma excluyente (W.C. en el que solo cabe una persona) tiene que hacer la operación *pthread\_mutex\_lock*. Con esta operación, si el recurso está bloqueado (la puerta del W.C. está cerrada con llave), el hilo (persona) se bloquea y espera (fuera del W.C.) en una cola asociada a ese mutex. Si ve que el recurso está desbloqueado (la puerta del W.C. está abierta) adquiere el control del mutex y lo bloquea (entra en el W.C. y cierra la puerta con llave). Cuando el hilo que tenía el mutex (persona dentro del W.C.) quiere liberar el mutex (salir del W.C.) tiene que hacer la operación *pthread\_mutex\_unlock* (salir del W.C., dejar la puerta abierta y la llave fuera). Además de liberar el mutex, la operación *pthread\_mutex\_unlock* desbloqueará a uno de los procesos bloqueados para acceder al mutex (una de las personas esperando fuera en la cola para entrar al W.C.). Y el hilo desbloqueado tomará el control del mutex a partir de ese momento (dejará de esperar y entrará en el W.C., cerrando la puerta con llave).

Para la «representación teatral» de la explicación utilizaba una llave de gran tamaño recortada en un cartón y contaba con tres alumnos que salían a la

tarima de forma progresiva. Al llegar el primero de ellos al W.C. (recurso), llamaba a la puerta haciendo «toc-toc» (para asemejarlo acústicamente a la operación *pthread\_mutex\_lock*). Como el W.C. (recurso) estaba libre, entraba y cerraba con llave. Al llegar al W.C. los otros dos estudiantes (hilos) debían esperar en la cola del mutex (representada con un cartel que la identificaba) porque el W.C. (recurso) estaba ocupado. Cuando el primero salía del W.C. (realizaba la operación *pthread\_mutex\_unlock*), daba la llave a una de las personas (hilos) que esperaba en la cola del mutex para entrar en el W.C. La persona seleccionada entraba en el W.C. y cerraba con llave.

### 5.4. Informes de autocorrección

El alumno generalmente ve una actividad con evaluación sumativa como una manera de conseguir puntos para su nota final. De hecho, nosotros estamos fomentando esa creencia cuando corregimos sus actividades y les damos simplemente una nota. Si añadimos a las actividades mecanismos de autoevaluación o co-evaluación podemos conseguir, como hemos comentado con anterioridad, que el estudiante, al detectar sus propios errores, aprenda con la actividad [7, 9, 12]. Y, además, su aprendizaje será más significativo y duradero.

En la asignatura se realizaban cuatro controles de objetivos formativos básicos. Se consideran objetivos básicos aquellos que asumimos que un estudiante debe haber asimilado para aprobar la asignatura. Obviamente, la lista de estos objetivos básicos debe estar accesible a los alumnos. En todos los controles el estudiante tenía que realizar un informe de autocorrección similar al propuesto en [11]. Para ello, justo al finalizar el control, fotocopiaba la resolución que acababan de dar los estudiantes y repartía a cada uno la suya. Después, publicaba la solución oficial del control teniendo en cuenta, si procedía, diferentes alternativas posibles para cada ejercicio. A continuación, el alumno debía realizar un informe en el que indicaba las variaciones entre su solución y la solución oficial, identificar aquellas que correspondían a errores y justificar aquellas que eran variaciones admisibles. Pero los estudiantes no ponían nota numérica a sus controles. Esto lo realizaba yo una vez que los había corregido y que había finalizado el plazo de entrega de los informes de autocorrección. Recordemos que, tal y como comentamos en el apartado 3, es importante que el estudiante realice el informe antes de tener la nota. Hay estudios que revelan que el estudiante presta más atención a la retroalimentación que recibe sobre sus correcciones si esta no tiene calificación [7].

También es importante que el alumno elabore el informe cuando la actividad está aún reciente, ya que así puede recordarla mejor. En uno de los cuatro informes que realizaron los estudiantes en la asigna-

tura, el límite de entrega se estableció tres semanas después de la fecha del control. La calidad de los informes fue notablemente inferior que en los otros tres controles, en los que la fecha de entrega se estableció cinco días después del control.

En la encuesta de satisfacción con la asignatura también pregunté a los alumnos su opinión sobre los informes de autocorrección. Prácticamente todos los consideraban positivos. También indicaron que era «un buen método para aprender de los errores», que «ver los fallos permitía saber que tenían que mejorar» e incluso confesaban que «aunque hubiesen tenido la solución oficial, probablemente no la habrían comparado con la suya si no se lo hubiesen pedido». Solo uno de los quince estudiantes que cumplimentaron la encuesta mostró su desacuerdo con los informes de autocorrección.

## 6. ¿Qué hacíamos en las prácticas?

Los 3 créditos prácticos de la asignatura se impartían a lo largo de todo el curso y se distribuían en 6 prácticas. Cada práctica tenía una duración de 2 o 3 semanas y cada semana se dedicaban a ella 2 horas presenciales en un laboratorio informático. Las prácticas se realizaban en grupos de dos estudiantes.

La asistencia al laboratorio no era obligatoria. Por esta razón, al final de cada semestre, aquellos estudiantes que no asistían habitualmente al laboratorio o para los que el profesor no tenía clara su participación en el grupo al que pertenecía, defendían las prácticas en una entrevista con el profesor de prácticas.

Las prácticas son un marco muy adecuado para proporcionar retroalimentación a los estudiantes. La metodología docente empleada en prácticas, que explicamos a continuación, se basa en el hecho de que corregir una práctica a un estudiante y comunicarle simplemente su nota, no suele contribuir a su aprendizaje [8]. Si le damos indicios de dónde ha fallado su práctica y, además, tiene la opción de rectificarla, el aprendizaje es mayor y más duradero. Por otro lado, la retroalimentación que daremos al estudiante cumple las características que Gibbs y Simpson indican que ha de tener para que sea efectiva [7], y que comentábamos en el apartado 3.

Junto al boletín de una práctica publicábamos también una tabla con los criterios que utilizaríamos para su corrección, sin incluir puntuaciones. Es decir, indicábamos qué tendríamos en cuenta los profesores al corregir la práctica. Por ejemplo, en la práctica en la que tenían que elaborar un mini-intérprete de comandos de Linux, uno de los criterios de corrección era que «al introducir desde teclado una secuencia de comandos enlazados mediante tuberías, todos los procesos creados para ejecutar dicha secuencia debían ejecutarse en paralelo».

Los alumnos dejaban en el campus virtual la resolución de la práctica e indicaban también si esta cumplía o no con cada uno de los criterios de corrección que habíamos establecido para ella. La semana siguiente a la fecha de entrega los profesores corregíamos la práctica e indicábamos a los estudiantes los criterios de corrección en los que habían fallado el diagnóstico. Pero, en la medida de lo posible, dábamos indicios de los fallos en lugar de explicitarles dónde estaban los fallos en el código. Les preguntábamos, por ejemplo, «¿qué pasaría en tu código si se diese esta situación: ...?». Como hemos indicado más arriba, cuando el alumno detecta sus propios fallos aprende más. También proporcionábamos ayuda cuando el estudiante indicaba que no había sabido resolver algún aspecto concreto de la práctica. El estudiante disponía de una semana más para rectificar la práctica en base a la retroalimentación recibida. Tras ella, el profesor calificaba la práctica.

Este sistema no supone tanto coste para el profesor como puede parecer en un principio. Las entregas correctas no necesitan rectificación. Y la revisión de las que no son completamente correctas está muy focalizada en los fallos cometidos en la entrega anterior.

En la encuesta de satisfacción con la asignatura los estudiantes manifestaron que les resultaba de gran utilidad disponer de los criterios de corrección de los ejercicios de las prácticas. Les permitía detectar fallos, mejorar las entregas, «saber qué pedía el profesor al evaluarlas» y, consecuentemente, «sacar más nota». También mostraron gran satisfacción respecto a recibir retroalimentación y tener la posibilidad de rectificar las prácticas. De hecho varios indicaron que era «lo mejor de este método de aprendizaje».

## 7. Estilos de aprendizaje abordados en la asignatura

Puesto que no existe un perfil general del estudiante universitario de Informática estadísticamente hablando [1], el docente en Informática debe planificar las asignaturas teniendo en cuenta que en su aula hay aprendices de todos los tipos. Para averiguar si las estrategias didácticas que utilizábamos en la asignatura tenían en cuenta a los diferentes tipos de aprendices del modelo de Felder y Silverman [4], en primer lugar revisé qué materiales y actividades se recomiendan en la bibliografía para cada uno de estos tipos de aprendices [4, 5, 6]. El siguiente paso fue identificar los tipos de aprendices a los que pensaba que iban dirigidos cada uno de los materiales y actividades que usábamos en la asignatura. El resultado puede verse en el Cuadro 1. De este se deduce que las estrategias didácticas diseñadas a partir de estos materiales y actividades cubrían en mayor o menor

	Medios y Actividades	Forma de percepción		Tipo de información		Procesamiento		Adquisición conocimiento	
		Sens	Int	Vis	Verb	Act	Ref	Sec	Glob
<b>Explicaciones teóricas</b>	Exposición oral de contenidos				X			X	X
	Explicación/Demostración visual de contenidos	X		X		X		X	X
<b>Entregas individuales: realización</b>	Lectura documentación textual (apuntes, libros, etc.)				X				
	Lectura documentación visual (transparencias, videos, etc.)	X		X					
	Preguntas de asimilación	X							
	Preguntas de reflexión						X		X
	Ejercicios de análisis	X					X	X	
	Problemas abiertos	X	X				X		X
	Problemas cerrados (solución/método único)	X					X	X	
<b>Entregas individuales: corrección</b>	Discusión de la solución					X			
<b>Entregas individuales: retroalimentación</b>	Aprendizaje del alumno a partir de retroalimentación del profesor				X				
<b>Entregas en grupo y prácticas</b>	Desarrollo de programas	X	X	X	X	X	X	X	X
	Retroalimentación	X			X		X		
<b>Exámenes escritos</b>	Informe de autoevaluación del alumno	X			X	X	X		
	Retroalimentación	X			X		X		

Cuadro 1: Caracterización, medios y actividades para aprendices sensitivos, intuitivos, verbales y visuales

medida todos los posibles tipos de aprendices. De hecho, la estrategia seguida con los entregables tiene en cuenta por sí sola ya los diferentes estilos de aprendizaje. Por tanto, aunque siempre se podían mejorar las estrategias que utilizaba en la asignatura, constaté que no era preciso rediseñarlas para que tuviesen en cuenta a los diferentes tipos de aprendices.

Este análisis lo realicé junto con mis compañeros de departamento José Manuel Badía y Juan Carlos Fernández en el marco de un proyecto de mejora educativa financiado por la UJI (con código 2366/11).

## 8. Resultados

La Figura 1 muestra el porcentaje de los alumnos que se presentaron al examen final de la asignatura desde el curso 2005/06 hasta que finalizó la impartición de la docencia de la asignatura en el curso 2011/12. También recoge la tasa de éxito (aprobados respecto a presentados) y la tasa de rendimiento (aprobados respecto a matriculados) durante esos cursos. Y en la figura se presenta también el resultado (sobre 100) que obtuvo en la evaluación docente institucional durante ese periodo.

Aunque muchas de las actividades llevadas a cabo durante el último curso fueron introducidas y mejoradas sucesivamente en cursos anteriores, el artículo no pretende evaluar qué actividades docentes utilizadas

en la asignatura han sido más efectivas. No tengo suficientes datos ni herramientas de juicio objetivas para hacerlo. Lo que sí puede deducirse de la gráfica es que la utilización de todas las actividades en su conjunto ha supuesto a lo largo de los cursos un incremento moderado de las tasas de éxito y rendimiento de los estudiantes y un incremento considerable de mi evaluación docente.

## 9. Conclusiones

Este artículo recoge las innovaciones docentes y evaluadoras llevadas a cabo en la asignatura «Sistemas Operativos II», de la titulación de Ingeniería Informática de la UJI correspondiente al plan de estudios del 2001. Dichas innovaciones han permitido mejorar a lo largo de los cursos tanto el rendimiento académico de los estudiantes como la evaluación que estos han realizado sobre mi actividad docente. A continuación resumo los aspectos relacionados con estas innovaciones que considero que son más relevantes para el aprendizaje de los alumnos.

La mayoría de nuestros estudiantes universitarios de Informática son aprendices visuales [1]. La inclusión de información visual en nuestras explicaciones favorecerá este tipo de aprendizaje. Ahora bien, no deberíamos olvidar que es necesario planificar y desarrollar actividades teniendo en cuenta que en el aula hay aprendices de todos los tipos.

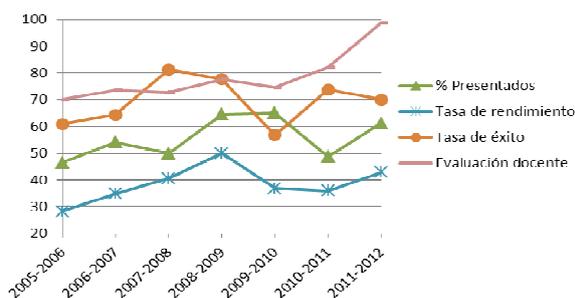


Figura 1: Estudiantes presentados, tasas de éxito y rendimiento y evaluación docente

Hacer evaluación continua consiste en que el estudiante obtenga información que contribuya a su aprendizaje en el momento [7, 9, 12]. Para ello es necesario que dicha información (retroalimentación) le llegue a tiempo y que no tenga calificación. También sería deseable permitir al alumno rectificar su entrega a partir la retroalimentación recibida. En este caso, la nota debería emitirse en base a dicha entrega.

Una forma rápida y poco costosa para el profesor de que el alumno consiga realimentación es mediante la autoevaluación. Está demostrado que cuando el estudiante detecta por sí solo sus propios errores aprende más y durante más tiempo [7, 9, 12].

En los entregables es interesante preguntar al estudiante las dos o tres cosas surgidas en torno a la clase anterior que considera que no debe olvidar, así como las dudas que le han aparecido sobre los ejercicios del entregable y sobre la materia abordada en él. Esto permite al profesor detectar errores conceptuales, dudas y dificultades que encuentran los alumnos. También es importante incluir en los entregables preguntas de exámenes anteriores, ya que son un referente de lo que queremos que sepan los estudiantes.

Fomentar la participación del alumno en clase, convirtiéndolo en un sujeto activo, suele estimular y fomentar el aprendizaje. Pero es muy importante para ello propiciar un clima de confianza en el aula que no cohiba al estudiante.

Por otro lado, la retroalimentación alumno-profesor debería ser bidireccional. Los estudiantes nos pueden proporcionar información muy valiosa sobre la organización y el desarrollo de la asignatura.

Y, para finalizar, como empezaba sugiriendo en el título del artículo, creo que es muy importante introducir cambios e innovaciones en nuestras asignaturas poco a poco, así como reflexionar sobre los resultados que obtenemos y sobre las opiniones y sugerencias que nos proporcionan los estudiantes.

Agradezco desde estas líneas la aportación realizada por mis compañeros José Manuel Badía, Sergio Barrachina y Juan Carlos Fernández.

## Referencias

- [1] José Manuel Badía, Sergio Barrachina, M. Asunción Castaño, Juan Carlos Fernández. ¿Cómo aprenden los estudiantes de Informática? En *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2011*, pp. 195 – 202, Sevilla, julio 2011.
- [2] Sergio Barrachina, Asunción Castaño, Maribel Castillo, Germán León, Rafael Mayo, Enrique Quintana. Gestión de entregables con grupos grandes. En *Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2008*, pp. 249 – 256, Granada, julio 2008.
- [3] Arthur W. Chickering, Zel da F. Gamson. Seven principles for good practice in undergraduate education. *American Association for Higher Education Bulletin*, marzo 1987.
- [4] Richard M. Felder, Linda K. Silverman. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, 78 (7), pp. 674 – 681, 1988.
- [5] Richard M. Felder. Matters of style. *ASEE Prism*, 6 (4), pp. 18–23, diciembre 1996.
- [6] Richard M. Felder, Rebeca Brent. Understanding the students differences. *Journal of Engineering Education*, 94 (1), pp. 57 – 72, 2005.
- [7] Graham Gibbs y Claire Simpson. Condiciones para una evaluación continuada favorecedora del aprendizaje. En *Cuadernos de docencia universitaria* del ICE de la Universitat de Barcelona. Ediciones Octadro, 2009.
- [8] Chris Glover, Evelyn Brown. Written feedback for students: too much, too detailed or too-incomprehensive to be effective? *Bioscience Education E-journal*, vol. 7, 2006.
- [9] Alberto Gómez, Mercedes Marqués Andrés. Primeros pasos de una experiencia conjunta de investigación-acción en autoevaluación y evaluación por iguales En *Actas del Simposio-Taller de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2012*, pp. 10 – 13, C. Real, julio 2012.
- [10] David A. Kolb. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall, 1984.
- [11] Miguel Valero-García, Luis M. Díaz de Cerio. Evaluación continuada a un coste razonable. En *Actas de las VII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2001*, pp. 183 – 190, Palma de Mallorca, julio 2001.
- [12] Miguel Valero-García, Luis M. Díaz de Cerio. Autoevaluación y co-evaluación: estrategias para facilitar la evaluación continuada. En *Actas del I Simposio Nacional de Docencia en la Informática, SINDI 2005*, pp.25 – 32, 2005.

## Mentores a distancia: un refuerzo próximo entre iguales

Josep Maria Marco-Simó  
Estudis d'Informàtica, Multimedia i  
Telecomunicació  
Universitat Oberta de Catalunya  
Barcelona  
jmarco@uoc.edu

Jaume Medeiros Vaz  
Estudis d'Informàtica, Multimedia i  
Telecomunicació  
Universitat Oberta de Catalunya  
Barcelona  
jmedeiros@uoc.edu

### Resumen

El programa Enginycat, promovido por la Generalitat de Catalunya en el periodo 2009-2012 ofrecía becas para estudiantes de últimos cursos que realizaran la función de mentor para estudiantes recién llegados a una ingeniería. En este artículo se explica la experiencia en la aplicación de este programa de mentoría durante 5 cuatrimestres en las Ingenierías Técnicas y el Grado de Informática de nuestra universidad, experiencia que ha involucrado a 351 estudiantes de nueva incorporación. Exponemos el rediseño del rol del mentor que planteamos con el fin que se ajustara a las especificidades de nuestro contexto (centrado en la formación a distancia) y recogemos los aspectos que han resultado más relevantes para nosotros en el despliegue del programa. Resumimos también los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento, que ya confirman su impacto positivo, así como los referidos a las percepciones más cualitativas. Finalmente sugerimos algunas propuestas de viabilidad para dar continuidad al rol, una vez finalizado el programa de becas.

### Abstract

Enginycat program promoted by the Generalitat de Catalunya (2009-2012) offered scholarships for final year students in order to perform the role of mentor to new students. This paper explains the experience in applying this mentoring program during 5 semesters in the Computer degrees from our University. That experience has involved 351 new students. We present the redesign made of the role of mentor (made in order that fit the specifics of our distance learning context). The paper also collects the aspects that have been most important for us in the deployment of the program. We also summarize the results in terms of performance, which confirms its positive impact, as well as in terms of quality perception. Finally, we suggest some proposals in order to continue the role, once the scholarships are ended.

### Palabras clave

Mentoría, e-mentoría, educación a distancia, orientación universitaria, educación superior, Enginycat.

### 1. Introducción: la mentoría y el programa Enginycat

Ante la falta de profesionales de los ámbitos de Ingeniería, a finales de 2008 la Generalitat de Cataluña impulsó un programa para la promoción de las ingenierías, denominado Enginycat. Este programa tenía por objetivo “atraer más jóvenes a los estudios técnicos –en especial a mujeres–, mejorar los resultados académicos de los estudiantes de ingenierías (...) además de perfeccionar la educación científico-técnica en el ámbito preuniversitario” [2].

Una de sus actuaciones fueron las becas Enginycat que se orientaban a crear una figura de mentor (desarrollada por el beneficiario de la beca: un estudiante de últimos cursos de ingeniería) que apoyaría a los estudiantes recién incorporados a dichos estudios, los mentorizados. El objetivo era doble: por un lado “acoger con mecanismos de apoyo y orientación a los estudiantes recién llegados para contribuir a la mejora de los resultados académicos, especialmente a la reducción del abandono inicial” [3] (abandono cifrado en un 25% los dos primeros años [2]); por el otro ayudar económicamente a los estudiantes veteranos para que no retardaran sus estudios al deber compaginarlos, por temas económicos, con una actividad laboral convencional (en algunas ingenierías no sólo se retrasa el momento de la titulación por este motivo, sino que llega a darse que algunos estudiantes no entreguen el proyecto final de carrera por haberse incorporado plenamente al mercado laboral)

La mentoría entre iguales es una función habitual en países anglosajones. Existen también experiencias desarrolladas en universidades españolas: como mínimo, podemos citar el pionero Proyecto SIMUS de la Universidad de Sevilla [7] y el influyente Proyecto Mentor de la UPM [6] que generó su Red de

Mentoría Universitaria. En el contexto de la educación superior a distancia, [9] recoge el caso de la UNED. Si además consideramos las experiencias donde el acompañamiento no se hace entre iguales sino entre profesores y estudiantes, a partir de programas de tutoría, el volumen de casos existentes que siguen este planteamiento se incrementa. Por ejemplo, en [1] el taller de orientación al estudiante y las actividades de apoyo recogen muchos de los aspectos que se incluyen en los programas de mentoría. Propuestas similares se presentan en [4, 5].

Nuestra contribución se centra en una experiencia de mentoría a distancia (e-mentoría), a partir del programa Enginycat, de la que se han beneficiado 351 estudiantes de los estudios de ingeniería informática de nuestra universidad. Exponemos el diseño del programa de mentoría, los aspectos de aplicación más relevantes, los resultados de rendimiento y las percepciones de satisfacción, y sugerimos algunas propuestas de viabilidad para dar continuidad al rol, más allá de las becas públicas.

## 2. Aplicación en la UOC

El programa Enginycat, en su diseño, preveía que el *tipo de acompañamiento* podía ser: a) *personalizado*, es decir, de tipo *tutoría*: transversal a los diferentes aspectos de la llegada y acogida del nuevo estudiante a la universidad (en [8] se desarrolla esta modalidad); y b) de *asignatura*, es decir, para ayudar a encarar una materia concreta, habitualmente entre las más complejas o con peores ratios de superación.

Adicionalmente, se establecía la figura del profesor-tutor encargado de acompañar a los mentores, asesorándolos, monitorizando y evaluando su tarea. El programa también preveía la existencia de la figura del responsable de coordinación de las becas del centro y del responsable de coordinación de las becas de la universidad. Estas figuras, junto con los propios mentores y los mentorizados, tenían que responsabilizarse de preparar también la documentación de seguimiento que debía entregarse a los responsables del programa en la Generalitat. En el caso de la *Universitat Oberta de Catalunya* (UOC), el equipo académico que lideró la aplicación del programa de becas se reducía a dos personas: un *profesor-tutor* (que también desarrollaría los otros dos roles previstos de coordinador de las becas en el centro y en la universidad) y un *profesor-ayudante* (que ejercía normalmente el rol de tutor en la UOC, uno de los roles docentes en nuestra universidad).

Este programa de becas tuvo tres ediciones (cursos 09-10; 10-11 y 11-12). La financiación de la beca se repartía entre la Generalitat y la propia universidad: en las dos primeras era del 50% por cada parte; en la última el porcentaje iba del 35 al 65%, en base a la

implicación demostrada en el programa durante el curso anterior.

La UOC se sumó al programa de becas a partir del segundo semestre del curso 2009-2010. Optó por la modalidad de acompañamiento de asignatura, pero entendiendo que debería combinarla con algunas tareas más transversales de apoyo a los recién llegados. El objetivo principal era sobre todo evitar el abandono y no tanto incidir en el rendimiento académico de la asignatura. En el Cuadro 1 se resumen los datos de aplicación del programa en la UOC.

### 2.1. Selección de las asignaturas

La selección de asignaturas respondió en cada momento a tres criterios:

- Que fueran de inicio, es decir, de las que usualmente matriculaban estudiantes recién incorporados. Estas determinan muchas veces la percepción, la actitud y, en definitiva, el futuro del estudiante en la ingeniería.
- Que fueran consideradas de clara complejidad.
- Que concentraran un elevado nivel de abandono o de rendimientos mejorables.
- Que concentraran suficientes estudiantes.

Como se observa en el Cuadro 1, la experiencia se ha centrado en asignaturas del ámbito de la programación. Durante los dos primeros cuatrimestres de aplicación de las becas se incluyó la asignatura POO de ITIG precisamente porque todavía tenía bastantes estudiantes en comparación con la recién desplegada FP del GII. En el segundo cuatrimestre, y hasta el último, ya se incorporó FP del GII. Puntualmente durante el tercer cuatrimestre se incorporó FC, precisamente ante la falta de estudiantes de FP.

### 2.2. Selección de mentores

La selección de mentores se hizo atendiendo los siguientes criterios (algunos exigidos por la propia universidad, otros exigidos por el propio programa de becas):

- Estar matriculado en ITIG, ITIS, II o GII durante el periodo de la beca.
- Tener pendiente de cursar un máximo de 65 créditos y un mínimo de tres asignaturas durante el periodo de la beca.
- Haber cursado y aprobado en la UOC la asignatura POO.

Verificados estos requisitos mínimos de entrada, los candidatos que los cumplían recibían una puntuación numérica (en una escala de 10) según unos baremos públicos respecto: a) la nota media de su expediente (hasta 4 puntos); b) la nota de la asignatura POO (hasta 1 punto); y c) el número de asignaturas pendientes de cursar para finalizar la ingeniería (hasta 1,5 puntos). En función del número de plazas de mentor disponibles, se preseleccionaba a los candidatos con mejor puntuación y a estos se les convocaba a

Cuatrimestre	Asignaturas con mentor	Ingeniería implicada*	Número de mentores	Total matriculados	Mentorizados	
					Núm.	%
2010, primavera	POO - Programación Orientada al Objeto	ITIG/ITIS	9	301	89	29,6
2010, otoño	FP - Fundamentos de programación	GII	4	140	39	27,9
	POO - Programación Orientada al Objeto	ITIG/ITIS	4	228	50	21,9
2011, primavera	FP - Fundamentos de programación	GII	5	116	56	48,3
	FC - Fundamentos de computadores		2	195	19	8,7
2011, otoño	FP - Fundamentos de programación	GII	4	164	53	32,3
2012, primavera	FP - Fundamentos de programación	GII	5	125	45	36,0

\* ITIG/S: Ingeniería técnica en informática de gestión/sistemas; GII: Grado en Ingeniería Informática

Cuadro 1: Resumen de la aplicación del programa de becas Enginycat en la UOC.

una entrevista presencial que incluía una pequeña prueba objetiva de nivel sobre el contenido de las materias objeto de la beca, así como una valoración subjetiva a partir de una conversación informal para poder recabar una mínima información de sus motivaciones y de sus capacidades comunicativas, de empatía, docentes y de trabajo en equipo. Toda esta evaluación personal (prueba de nivel y conversación) la realizaba el profesor-tutor y significaba hasta 35 puntos. Sumada con la puntuación obtenida en los otros criterios, determinaba la puntuación total y la priorización de los candidatos que serían finalmente elegidos según las plazas disponibles.

### 2.3. El plan de mentoría

Siguiendo las sugerencias del programa de becas, las de [8], así como la experiencia propia de la universidad, el equipo académico de la UOC responsable de la aplicación del programa, desarrolló un plan de mentoría específico. Este plan debía servir a los mentores como guía de sus tareas y funciones. Caracterizaba su rol tanto en general como respecto a las diferentes etapas del curso y definía dos tareas principales: una de conocimiento y una de apoyo.

#### I. Tarea de conocimiento:

Se orientaba al conocimiento mutuo (mentor-mentorizado) y debería concentrarse en el periodo previo al inicio del curso. Por un lado el mentor tendría que conseguir tener una idea de cuáles eran los conocimientos (respecto a los contenidos) y los condicionantes de entorno (familiares, laborales y de nivel de dedicación a los estudios y de disponibilidad temporal) de cada uno de sus mentorizados para poder adaptar su acción, dentro de lo posible, a los mismos (en cualquier caso, un mentorizado podía ser

muy celoso de su privacidad y podía preferir no dar esta información a su mentor). Por otro lado, el mentorizado debía familiarizarse con su mentor, su trayectoria y experiencia en la ingeniería, y su estilo de interacción personal, a fin de entender su rol y la ayuda que podía esperar de él, así como para poder establecer una relación de confianza entre iguales. Queremos dejar constancia aquí que la figura de la mentoría era desconocida en el entorno de las ingenierías de la UOC, donde los otros roles ya están claramente institucionalizados y apoyados por la universidad, hecho que percibía claramente el estudiante recién llegado.

#### II. Tarea de apoyo:

Esta es la tarea que debe desarrollarse durante el curso. En primer lugar incide en las *pautas de organización del trabajo del mentorizado*, visualizando esta organización como un elemento central del éxito en unos estudios en general, y en una ingeniería (y además a distancia) en particular. Entre las pautas de organización se daba especial importancia a la gestión del tiempo, tanto en la planificación semanal, como en la planificación cuatrimestral (por ejemplo, los fines de semana disponibles y reservados para el estudio, y la conciliación de estos tiempos con el ocio o las responsabilidades familiares o laborales).

La segunda componente de la tarea de apoyo recogida al plan de mentoría era la de *motivación*, que es posiblemente una de las acciones más relevantes y más características del rol de mentor. La motivación tiene que ser una constante durante el cuatrimestre pero sobre todo tiene que afrontar los momentos de desaliento, de frustración, de contratiempo o de pérdida de focalización del mentorizado. Se puede sustentar mucho en la relación entre iguales que busca la mentoría, donde la confianza con el mentor

así como la experiencia previa del mismo puede ser clave para el mentorizado como ejemplo y reflejo de su situación. En estos momentos el mentor tiene que poder ayudar no sólo en los contenidos de la asignatura, sino en el replanteamiento de la organización y planificación temporal que se hubiera marcado el mentor, o incluso en el uso o la localización de otros recursos de la universidad o de fuera de ella que puedan ayudar al mentorizado.

La tercera componente de la tarea de apoyo es la de *seguimiento*: además de velar por el estado de ánimo del mentor, hay que conocer su nivel de actividad respecto la materia (medido, por ejemplo, en su grado de conexión al entorno del campus), su cumplimiento con los entregables de la evaluación continua, los resultados que va obteniendo y su preparación respecto a las pruebas finales. En ese mismo sentido, el plan de mentoría localizaba también los puntos rojos o críticos del curso, donde tradicionalmente se concentran los abandonos en nuestra universidad: en el inicio de semestre, al enfrentarse al primer entregable, en las vacaciones de Navidad o Semana Santa, y en los exámenes finales. Con el seguimiento, el mentor tendría que intentar evitar que el mentorizado perdiera el hilo de las exigencias temporales de la asignatura.

## 2.4. Selección de mentorizados

La selección de mentorizados, al tratarse de un programa de becas considerado puntual y que no estaba integrado en los circuitos habituales de gestión de la universidad, se ha ido realizando a partir de una explotación de datos ad hoc. Se acordó seleccionar alrededor de 10 mentorizados por mentor, que es la ratio que se ha ido confirmando como la más óptima a lo largo de la experiencia (atendiendo a la dedicación prevista del mentor). A partir del listado de todos los estudiantes de nueva incorporación que se habían matriculado en las asignaturas objeto de beca, se aplicaban algunos criterios adicionales, si es que su número era superior a los que podían asumir el conjunto de mentores. Así, en la primera edición no se descartó prácticamente a nadie porque había un grupo de mentores suficientemente numeroso. En la segunda se consideró que tuvieran una residencia cercana a la de los mentores para facilitar posibles encuentros presenciales. A partir de la tercera, el criterio de exclusión básico era el de residir lejos de la zona de influencia de la UOC (por la misma razón de intentar asegurar la asistencia a actos presenciales). La aplicación óptima de estos criterios ha resultado fundamental, y ha influido en los resultados obtenidos, como veremos en 3.1.

## 2.5. Recursos implicados

Los recursos necesarios para la mentoría eran muy pocos:

- Entre mentores y equipo académico del profesor-tutor: un espacio virtual de la UOC (área de debate y de intercambio de ficheros) para la comunicación asíncrona y el intercambio de documentos.
- Entre mentores y mentorizados: un conjunto de herramientas para el intercambio de documentos y para la comunicación síncrona y asíncrona que eran elegidos por cada mentor y por cada grupo de mentorizados en función de sus preferencias personales (para no condicionar y no obligar a utilizar los que ofrece el campus de la UOC). Entre estas herramientas estaban las aplicaciones de Google, Skype o Messenger entre otras.

## 2.6. Comunicaciones síncronas

La introducción de las comunicaciones síncronas entre mentor y mentorizado fue otro de los principios de la aplicación de las becas en la UOC. En un entorno donde la gran mayoría de las actividades son asíncronas en el tiempo y en el espacio, en esta mentoría se quería buscar espacios para encuentros síncronos, como mínimo en el tiempo, para compensar el impacto o facilitar la transición hacia un entorno esencialmente asíncrono. La libertad con que se eligieron las herramientas (fundamentalmente *chat* y, en menor medida, videoconferencia) y la programación semanal de actividades de resolución de dudas o de desarrollo de ejercicios, resultaron ser muy bien recibidas, un elemento clave en la fidelización de la relación mentorizado-mentor, y una vía para encontrar casos de estudiantes que estaban en riesgo de abandonar la asignatura.

## 2.7. Las jornadas-taller

En esta misma línea se plantearon las jornadas-taller, unas reuniones presenciales de todos los mentores con sus mentorizados en una de las sedes de la universidad. Desde el segundo curso de las becas se programaban dos jornadas-taller por cuatrimestre y se organizaban en dos partes: una primera parte dedicada a que cada mentor estuviera con sus mentorizados para profundizar en el conocimiento mutuo y en el del grupo; y una segunda parte plenaria en la que, en forma de taller práctico, los mentores hacían un repaso de la teoría necesaria para enfocar ejercicios prácticos y resolvían algunos de estos ejercicios. Debemos insistir que para los estudiantes de la UOC estas son oportunidades que no se dan habitualmente y por este motivo los niveles de asistencia a estas jornadas (que ocupaban la mañana de un sábado) eran muy elevados respecto a otras experiencias en la UOC (de hecho a alguna de estas jornadas llegaron a asistir el 50% de los mentorizados). Con estos encuentros también se quería facilitar que los estudiantes se conocieran presencialmente entre ellos y así fomentar la formación espontánea de grupos de

trabajo. Por este motivo las jornadas-taller acabaron incorporando ratos de descanso en un ambiente relajado (que incluía un pequeño refrigerio) que intentaba facilitar esta interrelación. Parte del éxito de estas jornadas-taller, perfeccionadas paulatinamente en las sucesivas ediciones, se debía a que, en primer lugar, se planificaban desde el inicio del curso (es decir, los estudiantes podían, con suficiente antelación, intentar compatibilizarlas con su agenda personal o familiar), y, en segundo lugar, se proponían en momentos clave del aprendizaje y orientadas a una entrega de evaluación continua o de un aspecto de compleja comprensión.

### 3. Resultados

#### 3.1. De superación

En el Cuadro 2 se resumen los resultados de abandono y superación obtenidos en cada edición de la mentoría, diferenciando los del grupo completo y los del subgrupo con mentor.

La hipótesis de que disponer de mentor tendría que mejorar los ratios de superación, se confirma en cinco de los siete casos. La mejora oscila entre un modesto 3,57% en el caso de FP de primavera de 2011 hasta el 13,62% del caso de POO de otoño de 2010, pasando por el 10,50% de FP en otoño de 2011 y el 5,00% de primavera de 2012. En los dos casos que no se confirma esta hipótesis la oscilación también es considerable: del 2,21% de FC a primavera de 2011 al 13,96% de FP de otoño de 2010.

Además del azar en la distribución y de la actitud de los mentorizados, una razón que explica estas diferencias es que, en las ocasiones en que ha habido

resultados positivos (las cinco promociones donde el resultado de los mentorizados fue mejor que el del grupo), la selección de los mentorizados incluía, casi en su totalidad, estudiantes matriculados al principio del periodo de matrícula, es decir, estudiantes con una decisión madurada. Los resultados negativos (las dos promociones donde el resultado de los mentores fue peor que el del grupo) se han dado cuando los mentorizados han sido, casi en su totalidad, estudiantes que se han matriculado en el momento de ampliación de matrícula, es decir, posiblemente estudiantes con una decisión menos meditada.

En cualquier caso, estos resultados, considerados en la media total de las seis ediciones de la mentoría, son positivos en hasta un 10,29% según se ve en el Cuadro 3.

#### 3.2. Cualitativos

A pesar de que los resultados de superación han resultado ser claramente positivos y son muy importantes (sirven a los responsables de la Generalitat para evaluar la experiencia), entendemos igualmente importante considerar otros indicadores de orden más cualitativo que también justifican la experiencia.

En el Cuadro 4 resumimos los resultados obtenidos en la encuesta sobre la percepción de los mentorizados respecto a la acción de la mentoría que se ha realizado al final de cada edición. En las tres últimas ediciones los resultados son muy positivos: la valoración general ronda el 100%, y más del 65% de los encuestados entienden que la acción del mentor ha contribuido a que aprueben la asignatura, y más del 80% a que se mantengan en la asignatura. También la contribución del mentor en la comprensión del mentorizado de los contenidos se reconoce como muy

			Estu- dian- tes	%	No present.	%	Sus- pensos	%	Supe- ran	%
2010, primavera	POO	Sin mentor	212	70,43	82	38,68	38	17,92	92	43,40
		Con mentor	89	29,57	20	22,47	10	11,24	59	<b>66,29</b>
2010, otoño	FP	Sin mentor	101	72,14	37	36,63	24	23,76	40	<b>39,60</b>
		Con mentor	39	27,86	16	41,03	13	33,33	10	25,64
	POO	Sin mentor	178	78,07	61	34,27	38	21,35	79	44,38
		Con mentor	50	21,93	8	16,00	8	16,00	34	<b>68,00</b>
2011, primavera	FC	Sin mentor	176	90,26	61	34,66	37	21,02	78	<b>44,32</b>
		Con mentor	19	9,74	6	31,58	5	26,32	8	42,11
	FP	Sin mentor	60	51,72	24	40,00	6	10,00	30	50,00
		Con mentor	56	48,28	17	30,36	9	16,07	30	<b>53,57</b>
2011, otoño	FP	Sin mentor	111	67,68	42	37,84	24	21,62	45	40,54
		Con mentor	53	32,32	20	37,74	6	11,32	27	<b>50,94</b>
2012, primavera	FP	Sin mentor	80	64,00	33	41,25	19	23,75	28	35,00
		Con mentor	45	36,00	16	35,56	11	24,44	18	<b>40,00</b>

Cuadro 2: Resultados de superación.

		Estu- dian- tes	%	No present.	%	Sus- pensos	%	Supere- ran	%
<b>Total casos 2010-12</b>	<b>Sin mentor</b>	918	72,34	340	37,04	186	20,26	392	42,70
	<b>Con mentor</b>	351	27,66	103	29,34	62	17,66	186	<b>52,99</b>

Cuadro 3: Resultados de superación: total de casos.

importante (por encima del 85%).

En las dos primeras ediciones los resultados son más modestos, a pesar de que la valoración general está por encima del 77%. Con todo no es despreciable que más del 42% considere que ha contribuido a aprobar la asignatura o que más del 36% piense que los ha ayudado a no abandonarla. Las diferencias respecto a los resultados con las tres últimas promociones las explicamos por: a) la falta de experiencia en la acción de la mentoría; b) por el tipo de estudiantes mentorizados, algunos de los cuales, a pesar de ser nuevos en las asignaturas y en la carrera, ya tenían conocimiento de la materia; y c) por el hecho que se había ofrecido la mentoría a los mentores sin exigirles a cambio una implicación concreta y sin preguntarles si consideraban que les sería útil.

A estos datos debemos añadir el sentido de los comentarios abiertos que se les permitía incluir a los encuestados: de 85 comentarios recogidos, 79 eran positivos, 4 eran neutros y 2 eran negativos. En definitiva, de todos estos datos podemos extraer que la mayoría de mentorizados agradecen la mentoría, que, como era de esperar, siempre suma o ayuda. Y que tener mentor es una buena inversión para conseguir que los estudiantes se mantengan en la asignatura a pesar de que la hayan suspendido.

En cuanto a la percepción de los mentores sobre su propia experiencia (extraída de reuniones de síntesis y de las encuestas que también ellos debían responder) la resumimos en los siguientes puntos:

- Muy satisfechos con la experiencia docente, tanto con sus mentorizados (sobre todo al recibir mensajes de agradecimiento), como también con el profesor-tutor y el profesor-ayudante de la UOC que coordinaron todas las ediciones (con los que han tenido otra visión de proximidad y del funcionamiento de la universidad)
- Percepción que la relación entre iguales era fundamental en el éxito de la mentoría: se presentan y actúan ante sus mentorizados como compañeros, y no como profesores.
- Su nivel personal de implicación se detecta en el uso de frases como “salvar a mi mentorizado del suspenso o el abandono”. Desaliento ante el bajo nivel de respuesta de muchos mentorizados. En cada promoción, un volumen importante de

mentorizados no respondía a las propuestas del mentor y esto les hacía dudar de la bondad de su tarea.

Se ha confirmado también que la mentoría tiene un inesperado efecto de *control de la calidad de las asignaturas*, dado que los mentores se enfrentan, por ejemplo, a los enunciados de los entregables de la asignatura con antelación a su fecha de publicación y esto permite detectar problemas en estos enunciados antes de entregarlos. Además, como se mantuvo un espacio virtual de discusión entre los mentores y el profesor responsable de la asignatura (diferente del profesor-tutor y el profesor-ayudante) ha sido posible ir avisando a éste de los problemas que iban apareciendo, así como de otros comentarios que se recibían de los mentorizados, como por ejemplo sobre las dificultades en la utilización de un software, sobre los problemas en la comprensión de contenidos concretos, o incluso sobre la calidad de la acción docente del profesor asignado a una aula concreta.

#### 4. Otros aspectos prácticos

Entre los otros aspectos clave y aprendizajes prácticos que se han detectado durante el desarrollo de la tarea de mentoría, destacamos las siguientes:

- La Ley Orgánica de Protección de Datos hacía muy difícil compartir con los mentores información académica de sus mentorizados: su vía de acceso, el número de asignaturas matriculadas, su participación en los espacios del aula o las notas que iban obteniendo en los diferentes entregables, por ejemplo. Esta información era de utilidad al mentor para ubicar las limitaciones y el progreso de su mentorizado. La única opción para poder obtenerla era que el mentor la pidiera directamente al mentorizado y éste accediera a darla, cosa que casi siempre sucedía.
- La falta de soporte institucional ha implicado siempre que aspectos de selección de mentores y mentorizados, así como aspectos logísticos de organización de las jornadas-taller, o administrativos, o incluso trámites durante la formalización de la beca, se hayan debido realizar a partir del voluntarismo del profesorado implicado.

	2012, primavera	2011, otoño	2011, primavera	2010, otoño	2010, primavera
% de respuestas respecto num. mentorizados	44,4%	43,4%	41,10%	41,2%	24,7%
¿Crees que la actitud de tu mentor ha contribuido a que profundices mejor en la asignatura?	95%	91,30%	80%	65,70%	50%
¿Crees que la actitud de tu mentor ha contribuido a que te mantengas a la asignatura?	85%	91,30%	80%	48,60%	36,36%
¿Si has aprobado, crees que la actitud de tu mentor ha contribuido a que apruebes?	65%	78,30%	73,30%	42,90%	45,45%
¿En general crees que ha sido positivo contar con un mentor?	100%	100%	96,70%	88,60%	77,27%

Cuadro 4: Resultados de percepción de los mentorizados.

- Se constata la necesidad de asegurar, como mínimo, la comunicación del mentor con el profesor responsable de la asignatura. Óptimamente debería contarse con su implicación directa con el programa.
- La disponibilidad de los enunciados, antes de ser entregados a los alumnos, así como de sus soluciones oficiales. Para el mentor resultaba básico conocer con suficiente tiempo los ejercicios concretos con que se estaba enfrentando su mentorizado a fin de poder dar respuesta a sus posibles dudas.
- Los cambios en el calendario programado de la asignatura, no siempre se comunicaban a los mentores. Así, por ejemplo, podía darse el caso que la fecha de un entregable se hubiera retrasado y que los mentores no lo supieran, con lo cual no podían tampoco reorganizar su propio calendario de atención a los mentorizados.
- Es muy conveniente pedir un cierto compromiso al mentorizado. En las últimas ediciones se ha incorporado un mensaje del profesor-tutor a los posibles mentorizados explicando la función del mentor, el número limitado de estudiantes que se beneficiaban de la mentoría, así como de la existencia de las jornadas-taller. Y en este mismo mensaje se pedía a los candidatos a ser mentorizados si creían que la aprovecharían o si preferían renunciar y ceder la plaza a algún otro estudiante con más necesidad o que la pudiera aprovechar mejor.
- La tarea del mentor implica necesariamente calcular y establecer un límite a sus explicaciones respecto a un entregable. El mentor puede llegar a explicar demasiadas cosas y facilitar que los mentorizados no trabajen suficientemente el ejercicio. Ahora bien, posiblemente con esto se ayuda al estudiante a entender la materia, y a afrontar el examen. En todo caso, las asignaturas objeto de la mentoría no se aprueban directamente a partir de los entregables de la evaluación continua, sino a que requieren también que el mentorizado se enfrente a un examen final presencial.
- Dado que el apoyo individual entre el mentor y el mentorizado da mejor resultado que el apoyo grupal del mentor hacia todos sus mentorizados, la mentoría corre el riesgo de convertirse en una suerte de clases particulares.
- Los grupos de mentorizados pueden ser muy activos o muy pasivos, lo que hace difícil calcular el trabajo del mentor y, sobre todo, puede generarle puntas de trabajo que lo perjudiquen en sus propios hitos académicos.
- El rendimiento académico del mentor puede quedar afectado por el desarrollo de su tarea en la mentoría. Este riesgo ya está previsto en el diseño del plan Enginycat que calculaba una dedicación máxima de los mentores de 12 horas semanales durante el período de Octubre a Mayo. En nuestro caso, los mentores afirman que las han excedido a menudo. Es por ello que se deben minimizar las puntas de trabajo y ayudar a planificar las tareas y la dedicación del mentor.
- La primera jornada-taller del cuatrimestre maximiza la fidelización de los mentorizados, es decir, el uso de la mentoría así como la confianza con el mentor. Por su ubicación en el calendario del curso, acostumbra a ser fácil que los estudiantes se esfuercen en asistir. Por estas razones hay que promocionarla vivamente y con suficiente antelación.

## 5. Propuesta de continuidad

Finalizado el programa de becas de la Generalitat, y comprobada la bondad de la experiencia, la continuidad de la mentoría en nuestra universidad se está planteando en los siguientes términos:

1. La contraprestación para el mentor puede ser:
  - Reconocer los “*créditos de participación en la vida universitaria*” previstos en los programas EEES.
  - Conceder matrícula gratuita a alguna o a algunas asignaturas pendientes de matricular (de hecho, económicamente, si la acción del mentor asegura la continuidad de uno o dos mentorizados, este coste quedaría compensado).
  - Entrega de un certificado de la universidad.
2. La estructura del equipo de mentores y el profesorado-tutor:
  - Establecer una red de colaboraciones que asegurara la sostenibilidad del trabajo: los mentores veteranos se podrían encargar de formar a los nuevos mentores entrantes, con periodos de solapamiento entre veteranos y noveles para garantizar la transferencia de conocimiento.
  - Profundizar en la interacción del mentor con los otros roles docentes: profesor del aula y tutor del mentorizado (el tutor es el profesor de referencia que tiene el estudiante en la UOC mientras se matricula en una oferta formativa y que lo acompaña en todos los aspectos que van más allá de una asignatura concreta).
3. Generalizar la experiencia a otras asignaturas iniciales, no necesariamente técnicas (matemáticas, por ejemplo)
4. Ampliar el plan de mentoría, intentando que se pudiera ofrecer en el momento de la matrícula del nuevo estudiante y no sólo unas semanas antes del inicio del curso. Con esto se agilizaría la asignación de los mentorizados al mentor y se conseguiría que este tuviera más tiempo para la etapa de conocimiento prevista en el plan de mentoría.

## 6. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos en esta experiencia, parece claro que también en un entorno de educación a distancia, una estrategia de mentoría entre iguales consigue resultados positivos. Y esto tanto desde la perspectiva del rendimiento de los estudiantes, como desde la de otros resultados menos tangibles: la satisfacción de los mentorizados, pero también la de los mentores, que incrementan su vinculación con la universidad y, en general, se muestran claramente orgullosos de su posiblemente primera *experiencia docente*.

Además, la experiencia de mentoría en formación puramente a distancia puede ser la vía para introducir elementos de presencialidad. En la actualidad la hibridación presencial-virtual (en diferente medida según el punto de partida de cada universidad) se está confirmando como clave para aportar valor añadido a las ofertas formativas.

En definitiva, dado que existen alternativas de bajo coste económico para poder incorporar este tipo de prácticas, creemos que es una opción a tener en cuenta en titulaciones de informática donde los altos niveles de abandono y los problemas de rendimiento son habituales.

## Referencias

- [1] Diego Cazorla, Pedro Cuenca, Mere Macià, J.Pascual Molina y J.Miguel. Puerta. Plan de acogida para los alumnos de nuevo ingreso en el grado de Ingeniería Informática en la ESII (UCLM). En *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2011.
- [2] Comisionado para Universidades e Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalitat de Catalunya. *Guia dels Estudis d'Enginyeria a Catalunya*, 2008.
- [3] Comisionado para Universidades e Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalitat de Catalunya. *Presentació del programa Enginycat*, 2009
- [4] Coromoto León. Actividades de orientación y tutoría en el grado de Informática. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2010.
- [5] Alberto Gómez, Julia González y Carmen Ortiz. EMPATÍA: Implantación de un plan de acción tutorial para enseñanzas técnicas. En *Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2008.
- [6] C. Sánchez, A. Almendra, F. Jiménez, M. Melcón y J. Macías. Proyecto Mentor en la Universidad Politécnica de Madrid: un sistema de mentoría para la acogida y orientación de alumnos de nuevo ingreso. *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática*, vol. 6, nº 2, 2009.
- [7] Marifé Sánchez, Nuria Manzano, Angélica Rísquez y Magdalena Suárez. Evaluación de un modelo de orientación tutorial y mentoría en la Educación Superior a distancia. *Revista de Educación*, 356. Septiembre-diciembre 2011, pp. 719-732
- [8] Isabel Solà y Remei Calm. *Pla de mentors. Modalitat personal* (para el Comisionado para Universidades e Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalitat de Catalunya), 2009.
- [9] Andrés Valverde, Eduardo García y Soledad Romero. Una experiencia de orientación en la Universidad a través de la formación de estudiantes mentores (Proyecto SI.M.U.S.), 2003.

# Formación de equipos en función de la extroversión de sus integrantes: un experimento replicado

José A. Cruz-Lemus\*, Marcela Genero\*, Marta N. Gómez\*\*, Silvia T. Acuña\*\*\*  
\*Escuela Superior de Informática    \*\*Escuela Politécnica Superior    Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Castilla-La Mancha    Universidad CEU San Pablo    Universidad Autónoma  
Ciudad Real    Boadilla del Monte, Madrid    Madrid  
{JoseAntonio.Cruz,  
Marcela.Genero}@uclm.es    mgomez.eps@ceu.es    silvia.acunna@uam.es

## Resumen

Durante los cursos académicos 2010/2011 y 2011/2012 se han llevado a cabo un experimento y una réplica del mismo en el marco de la asignatura de bases de datos. La característica más destacable de estos estudios radica en que los equipos se han formado en función de un factor de personalidad de los miembros de los mismos, en concreto la extroversión. El objetivo de ambos estudios empíricos consiste en comprobar si el grado de extroversión del equipo (en función de la extroversión de los miembros del mismo) afecta, por un lado, a la calidad final de los productos software desarrollados y, por otro lado, a la satisfacción de los miembros del equipo durante el desarrollo de dichos productos. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la réplica y la agregación de los resultados de ambos estudios. Como principal conclusión, cabe destacar que tanto la réplica como la agregación de resultados afianzan los resultados del experimento original, que establecían que a la hora de formar equipos, si el docente equilibra el número de estudiantes con carácter extrovertido y no extrovertido, conseguirá un alto nivel de satisfacción durante la realización de los proyectos sin que la calidad de los productos software desarrollados se vea mermada.

## Abstract

A controlled experiment and a replication of it have been carried out during the academic courses 2010/2011 and 2011/2012 in the context of a databases subject. The most remarkable characteristic of these studies relies on the fact that the work-teams were set according to a personality factor of their members (extroversion). The goal of the studies is to check whether the extroversion degree of the teams (accordingly to the extroversion degree of their members) affects, on one hand, the global quality of the software products developed and, on the other hand, the satisfaction perceived by the members of the

teams while developing those products. In this work, we present the results of the replication and the aggregation of both studies. As a main conclusion, all these results strengthen the conclusion obtained in the original controlled experiment. This conclusion states that balancing the number of extroverted and non-extroverted students in a team-work, makes the overall satisfaction level achieved to be the highest while the quality of the software products developed is not reduced.

## Palabras clave

Factores de personalidad, extroversión, satisfacción, calidad, experimento controlado, réplica, formación de equipos.

## 1. Introducción

La realización de proyectos teórico-prácticos por parte de equipos es una práctica común del aprendizaje basado en proyectos y es una herramienta ampliamente utilizada en cualquier grado universitario implantado dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Los equipos suelen formarse según la conveniencia de los estudiantes, que eligen a sus compañeros por razones de afinidad, experiencias positivas previas o, simplemente, por compatibilidad de horarios. A pesar del amplio uso de estos factores, cabe pensar que pudieran ser insuficientes para asegurar una alta calidad en los resultados obtenidos por parte del equipo y en la satisfacción de sus componentes durante el desarrollo del proyecto.

Algunos estudios previos [9, 10] han mostrado cómo ciertos factores de personalidad, tales como la responsabilidad o adaptación al cambio, afectan al rendimiento de los estudiantes a la hora de desarrollar software. Esta influencia de la personalidad de los estudiantes afecta, por ende, en la actuación global del equipo y no sólo hace que sea necesario que los equipos planifiquen sus proyectos, realicen un seguimiento de su progreso y coordinen su trabajo, sino

que también deban ponerse de acuerdo en sus objetivos, tenga un método de trabajo común, se comuniquen libre y frecuentemente para crear un clima adecuado para llevar a cabo su actividad.

Siguiendo la línea de investigación de los factores de personalidad y su impacto en el desarrollo de software aplicado al mundo educativo, se diseñó y se llevó a cabo un experimento controlado en la asignatura de bases de datos de tercer curso de Ingeniería Informática y las Ingenierías Técnicas en Informática de Gestión y de Sistemas, en la Escuela Superior de Informática (ESI) de Ciudad Real (Universidad de Castilla-La Mancha - UCLM), durante el curso 2010-2011 [5]. El experimento controlado consistió en formar equipos con diferentes composiciones a nivel de un factor de personalidad concreto, la extroversión (ver Cuadro 1), y analizar y comparar las relaciones existentes entre dicho factor y la calidad del desarrollo completo de una base de datos y la satisfacción de los componente durante el desarrollo del proyecto.

Grado de extroversión	Composición
Extrovertido (EXT)	4 estudiantes extrovertidos 2 estudiantes extrovertidos
Mixto (MIX)	y 2 estudiantes no extrovertidos
No Extrovertido (NO-EXT)	4 estudiantes no extrovertidos

Cuadro 1. Equipos según el grado de extroversión de sus miembros

Los resultados de este experimento controlado indicaban, de manera preliminar, que equilibrar el número de integrantes extrovertidos y no extrovertidos en un equipo (equipos MIX) hacía que la percepción de la satisfacción de los integrantes de los equipos fuera la más positiva de todas las opciones sin que la calidad de los desarrollos software se viera afectada negativamente.

La replicación de trabajos empíricos es fundamental para conseguir un mayor poder confirmatorio en los resultados obtenidos [1], por lo que en este trabajo se presenta una réplica de este experimento controlado, realizada en el mismo contexto, pero con una diferencia temporal de un curso académico (2011-2012). Con ella se pretende confirmar los hallazgos del experimento original, para así obtener conclusiones robustas sobre las relaciones extroversión-calidad y extroversión-satisfacción en equipos de desarrollo de software y confirmar las repercusiones académicas que, en relación a la formación de equipos, se obtuvieron como conclusiones preliminares.

El resto del trabajo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 describe el experimento original que se ha replicado. Todos los detalles relativos a la

réplica constituyen la sección 3. La sección 4 se utiliza para discutir los resultados obtenidos. La sección 5 señala las principales amenazas a la validez experimental. La sección 6 resume una experiencia de implantación de las conclusiones de este trabajo. Para finalizar, la sección 7 resume las principales conclusiones obtenidas.

## 2. Experimento original

El experimento original se llevó a cabo durante el curso académico 2010/2011 con los 76 estudiantes de la asignatura de bases de datos de las distintas titulaciones de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real (Universidad de Castilla-La Mancha).

Se formaron 19 equipos que, como parte de la evaluación de la asignatura, debían realizar el desarrollo de una base de datos, desde la especificación de requisitos, pasando por el diseño conceptual y finalizando con la implementación y el acceso a la misma a través de consultas SQL. Cada uno de los estudiantes realizó previamente un test de personalidad (basado en [4]) que lo caracterizaba como extrovertido o no extrovertido en función de las respuestas dadas a una serie de preguntas sobre la actitud de cada individuo en reuniones, su comportamiento en actos sociales, etc. Después los estudiantes se distribuyeron en 3 tipos de equipos (ver Cuadro 2).

Tipo	Equipos
EXT	6
MIX	7
NO-EXT	6

Cuadro 2. Distribución de estudiantes en equipos (experimento)

Respecto a la relación de la extroversión de los miembros de un equipo y la calidad del proyecto que desarrollaban, los resultados que se obtuvieron no eran estadísticamente significativos y, además, no mostraban una tendencia favorable a ninguno de los tipos de equipo.

En lo relativo a la satisfacción de los miembros de los distintos equipos, sí que se obtuvo una tendencia que favorecía a los grupos en los que el número de miembros extrovertidos y no extrovertidos estaba equilibrado (equipos MIX). En el contraste de hipótesis asociado a esta variable, se llegaron a encontrar algunos casos en los que esta tendencia favorable era incluso estadísticamente significativa.

Todos estos resultados parecían establecer una tendencia favorable a equilibrar el número de miembros extrovertidos y no extrovertidos en un equipo. Al tratarse de resultados preliminares, se consideró oportuno replicar el experimento con el fin de obtener unos resultados más robustos. Las siguientes seccio-

nes del trabajo describirán la réplica realizada, así como la agregación de los datos obtenidos en ambos estudios con el fin de confirmar y fortalecer los resultados preliminares obtenidos en el experimento.

### 3. Réplica del experimento

En las siguientes sub-secciones se proporcionan todos los detalles relativos al diseño de la réplica según las líneas guía propuestas en [3].

#### 3.1. Motivación de la réplica

Como se ha venido comentando en el trabajo, los resultados obtenidos en el experimento original mostraban indicios favorables a la presencia equilibrada de miembros extrovertidos y no extrovertidos (equipos MIX) en equipos de desarrollo, si bien dichos resultados no habían sido estadísticamente significativos.

Así pues, el objetivo principal de esta réplica consistirá en confirmar si, como ocurrió en el experimento original, los equipos MIX permiten que los miembros del equipo consigan una mayor satisfacción durante el desarrollo del proyecto sin que la calidad final de los productos que se desarrollen se vea afectada negativamente.

#### 3.2. Contexto y selección de sujetos

Durante la réplica, un total de 78 estudiantes han participado como sujetos experimentales, todos ellos matriculados en la asignatura de bases de datos de la Ingeniería en Informática y las Ingenierías Técnicas de Informática de Gestión y de Sistemas, impartidas en la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real (Universidad de Castilla-La Mancha).

De nuevo, como en el experimento original, los estudiantes tenían que desarrollar una base de datos completa, desde su especificación de requisitos en lenguaje natural hasta su implementación y acceso en SQL, pasando por el diagrama E/R correspondiente y la transformación de éste al Modelo Relacional. Al ser los propios miembros de los equipos quienes elegían el dominio del sistema a desarrollar y con el fin de homogeneizar la complejidad de todos los sistemas y equilibrar la carga de trabajo de los diferentes equipos, se establecía como restricción que el diagrama E/R asociado tuviera entre 15 y 20 entidades.

Como ya se hizo en el experimento original, todos los estudiantes realizaron un test de personalidad previo con el fin de que se les pudiera categorizar como extrovertidos o no extrovertidos. En función del resultado obtenido en el test, se caracterizaban como extrovertidos a aquellos que estuvieran por encima de la mediana y no-extrovertidos al resto. Para la formación de los equipos se tuvieron en cuenta otros criterios como el grupo de teoría al que asistían a clase,

con el fin de favorecer la compatibilidad de horarios. En este caso se les distribuyó en 20 equipos (18 de 4 personas y 2 de 3 personas), según se muestra en el Cuadro 3.

Tipo	Equipos
EXT	6
MIX	8
NO-EXT	6

Cuadro 3. Distribución de estudiantes en equipos (réplica)

El resto de características de la réplica son muy similares, o incluso idénticas, a las del experimento original y se irán comentando en las siguientes sub-secciones.

#### 3.3. Diseño de la réplica

El diseño experimental elegido es, como en el experimento original, un diseño inter-sujetos con un único factor (extroversión del equipo) con los tres posibles tratamientos que ya se han comentado con anterioridad (EXT, MIX y NO-EXT).

#### 3.4. Variables seleccionadas

La réplica, como ya ocurriera en el experimento original, contiene una única variable independiente, la extroversión del equipo, ya que se pretende estudiar es si esta variable afecta, por un lado, a la calidad de los productos software desarrollados y, por otro, a la satisfacción de los miembros de los equipos de desarrollo. Se trata de una variable con escala nominal que, como ya se ha comentado, puede tomar tres posibles valores en función de la extroversión de los miembros de sus componentes (ver Cuadro 1). Además, también se cuenta con dos variables dependientes:

- Calidad de los entregables ( $CEnt$ ): variable en escala de ratio calculada dividiendo el número de defectos de cada entregable (calculados según la lista de comprobación propuesta en [2]) por el tamaño del mismo, según la siguiente fórmula:

$$CEnt = \frac{\#defectosDelEntregable}{\#entidadesDelSistema} \quad (1)$$

- Satisfacción: variable en escala ordinal que se utiliza para capturar la percepción de los estudiantes al trabajar en los distintos equipos. Se obtiene a través de un test, basado en [6], con afirmaciones que deben ser valoradas en una escala Likert de 5 puntos.

#### 3.5. Formulación de hipótesis

Las hipótesis experimentales que se plantean en la réplica, idénticas a las del experimento original, son:

- $H_{10}$ : No hay diferencia en la calidad de los productos software desarrollados entre equipos con diferente tipo de extroversión.
- $H_{20}$ : No hay diferencia en la satisfacción de los miembros de equipos con diferente tipo de extroversión.

A través del análisis estadístico que se presentará más adelante se comprobará si se pueden rechazar las hipótesis nulas que se han planteado en la investigación a través de los datos recolectados.

### 3.6. Preparación, ejecución y análisis de datos

El proyecto a desarrollar por parte de los estudiantes era parte de la evaluación de la asignatura de bases de datos y constituía una parte imprescindible para poder aprobarla, por lo que no se consideró necesario ningún tipo de motivación adicional para que la llevaran a cabo correctamente.

Durante la realización de todos los entregables, los estudiantes podían asistir a las tutorías de sus profesores responsables en cualquier momento para resolver cuantas dudas y cuestiones les fueran surgiendo.

El envío de los trabajos y de los tests de satisfacción se realizó mediante la plata-forma de campus virtual de la Universidad de Castilla-La Mancha, basada en moodle, y los plazos de entrega se publicaron con varios meses de antelación.

Tras la recolección de todo el material se utilizó el programa estadístico SPSS (v.19) para realizar todos los cálculos relativos al análisis de los datos. En concreto, para la calidad de los entregables se llevó a cabo un análisis descriptivo de los estadísticos. Para analizar la satisfacción se realizó un análisis de frecuencias acumuladas para cada una de las preguntas del test. Por último, al tratarse de una réplica, se ha podido realizar un estudio de meta-análisis de todos los resultados obtenidos en ambos experimentos para poder agregar los datos y contrastar las hipótesis experimentales.

Los resultados obtenidos y su interpretación se detallan en la siguiente sección.

## 4. Resultados

En esta sección se comentan los resultados de la realización del análisis estadístico de la réplica y de la agregación de los datos obtenidos en el experimento original y en la réplica. Con el fin de un mejor entendimiento del artículo, esta sección se ha estructurado en dos sub-secciones: la primera explora la relación entre la extroversión y la calidad de los entregables mientras que la segunda se centra en la relación entre la extroversión y la satisfacción de los miembros de los equipos.

### 4.1. Relación extroversión-calidad

En las Cuadros 4, 5, 6 y 7 se muestran los datos generados por los equipos participantes en la réplica al estudiar la calidad del proyecto realizado, medida a través de la calidad de los distintos entregables desarrollados (variable *CEnt*).

En cada tabla se puede observar el grado de extroversión del equipo, el número de equipos de ese tipo determinado, la media aritmética y la desviación típica obtenidas por cada uno de ellos en cada uno de los entregables.

Cabe recordar que, según la fórmula (1), cuanto menor sea el número obtenido, mayor calidad tendrá el entregable en cuestión.

En el caso del primer entregable (Cuadro 4) se observa como los equipos que obtienen unos mejores resultados son los equipos MIX, con unas diferencias de resultados del 32,03% respecto de los NO-EXT y del 107,59% respecto de los EXT.

Tipo	n	Media	Desv. Tip.
EXT	6	1,6410	1,591
MIX	8	0,7905	0,664
NO-EXT	6	1,0437	1,056

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de *CEnt* para el entregable 1.

Para el segundo entregable (Cuadro 5), los equipos que obtienen unos mejores resultados son los equipos EXT, en concreto un 26,73% mejor que los MIX y un 69,12% mejor que los NO-EXT.

Tipo	n	Media	Desv. Tip.
EXT	6	0,9491	0,712
MIX	8	1,2028	0,813
NO-EXT	6	1,6051	1,093

Cuadro 5. Estadísticos descriptivos de *CEnt* para el entregable 2.

Los resultados obtenidos para el tercer entregable (Cuadro 6) muestran una mejor actuación para los equipos MIX, que mejoran los resultados de los equipos EXT en un 60,51% y la de los equipos NO-EXT en un 59,63%.

Tipo	n	Media	Desv. Tip.
EXT	6	0,4215	0,386
MIX	8	0,2626	0,238
NO-EXT	6	0,4192	0,362

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos de *CEnt* para el entregable 3.

Por último, el entregable 4 (Cuadro 7) muestra unos resultados similares entre el grupo EXT y el MIX (un 7,56% mejores para los primeros) y una gran diferencia (121,06%) respecto del grupo NO-EXT.

Tipo	n	Media	Desv. Tip.
EXT	6	0,0622	0,070
MIX	8	0,0669	0,070
NO-EXT	6	0,1375	0,245

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos de *CEnt* para el entregable 3.

Puede apreciarse que, como ya ocurrió en el experimento original no hay una tendencia clara que establezca que la calidad del proyecto desarrollado por ninguno de los tipos de equipo sea claramente mejor que la del resto.

Al contar con los datos de los entregables de los dos experimentos, se ha podido realizar un estudio de meta-análisis para realizar el contraste de hipótesis. Para ello, se ha utilizado la métrica *g de Hedges* [7, 8] basada en una comparación de medias. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 1 y 2.

Puede apreciarse como en ambos casos se obtiene un tamaño del efecto global pequeño (valor de la métrica *g* inferior a 0,40) y estadísticamente no

significativo (*p-Value* superior a 0,05). Así pues, aunque en ambos casos la comparación de los tipos de equipo favorece a los equipos MIX y, según parece, es este tipo de equipo el que parece producir unos desarrollos software de mayor calidad, los resultados obtenidos no nos permiten rechazar la hipótesis nula ( $H_{10}$ ) que establecía que *no hay diferencia en la calidad de los productos software desarrollado entre equipos con diferente tipo de extroversión*.

## 4.2. Relación extroversión-satisfacción

En esta sub-sección se comentan los resultados obtenidos en el análisis de frecuencias acumuladas para cada una de las preguntas del test de satisfacción personal que cada estudiante debía entregar tras la realización del proyecto. A modo de ejemplo, en el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos para la pregunta 3 (*¿Estás satisfecho con tus compañeros de trabajo actuales?*) del primer entregable. El cuadro muestra el número total de respuestas para cada opción (columna FAbs.), el porcentaje relativo (columna %), y la frecuencia acumulada expresada en porcentaje (columna FAcum.), además del número de respuestas procesadas en cada tipo de equipo. Hay que puntualizar que no todos los estudiantes respondieron el test.

## Meta-Analysis Quality (EXT vs MIX)

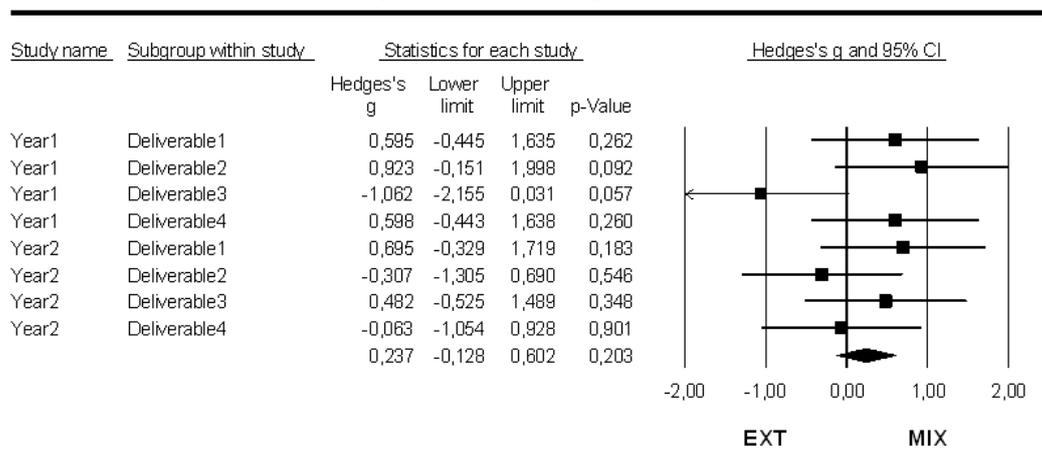


Figura 1. Meta-análisis de la variable *CEnt* (equipos EXT vs equipos MIX)

## Meta-Analysis Quality (NO-EXT vs MIX)

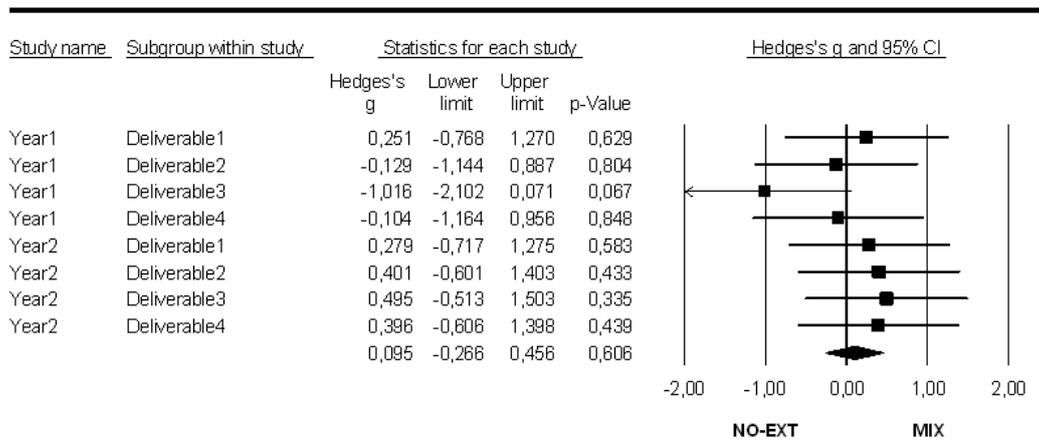


Figura 2. Meta-análisis de la variable *CEnt* (equipos EXT vs equipos MIX)

Valoración	EXT (n=20)			MIX (n=30)			NO-EXT (n=19)		
	FAbs.	%	FAcum.	FAbs.	%	FAcum.	FAbs.	%	FAcum.
Totalmente de acuerdo	8	40,0	40,0	11	36,7	36,7	5	26,3	26,3
De acuerdo	5	25,0	65,0	14	46,7	83,4	10	52,6	78,9
Ni acuerdo ni desacuerdo	5	25,0	90,0	4	13,3	96,7	2	10,5	89,4
Desacuerdo	0	0,0	90,0	1	3,3	100	0	0,0	89,4
Totalmente en desacuerdo	2	10,0	100	0	0,0	100	2	10,5	100

Cuadro 8. Satisfacción para la pregunta 3 del entregable 1

En este caso se observa como la frecuencia acumulada de las respuestas que indican una percepción positiva (*de acuerdo y totalmente de acuerdo*) alcanza su valor máximo en los equipos MIX. De los 12 tests de valoración de la satisfacción que se han evaluado (generados al hacerse 3 preguntas en cada uno de los 4 entregables) esta misma circunstancia se produce en la mitad de ellos. En el resto de casos, la valoración de máxima satisfacción viene dada por los grupos EXT.

Una vez más, a través de un estudio de meta-análisis se han podido agregar los datos de ambos estudios empíricos para comprobar la hipótesis nula relativa a la satisfacción ( $H_{20}$ ). De nuevo se ha utilizado la métrica *g* de Hedges, pero esta vez basada en acumulación de frecuencias.

Al confrontar los equipos MIX con los otros tipos, en todos los casos, es decir, en todas las preguntas de todos los entregables, el resultado favorecía a los primeros. Además siempre con valores estadísticamente significativos y con tamaños del efecto global medianos (por encima de 0,4) o pequeños, pero muy cercanos a este valor. A modo de ejemplo se muestran las figuras 3 y 4.

A la vista de estos resultados, en este caso sí que se puede rechazar la hipótesis nula ( $H_{20}$ ) que establecía que *no hay diferencia en la satisfacción por los*

*miembros de equipos con diferente tipo de extroversión.*

### 4.3. Discusión de los resultados

Respecto de la satisfacción de los miembros de los equipos, los hallazgos que se esbozaron en el experimento original se han visto corroborados y, gracias al estudio de meta-análisis realizado se han obtenido resultados estadísticamente significativos, por lo que se puede afirmar que al equilibrar el número de estudiantes extrovertidos y no extrovertidos en un equipo de desarrollo, la satisfacción que se percibe es mayor que en cualquiera de las otras configuraciones propuestas.

En lo relativo a la calidad de los entregables producidos por los equipos, tal y como ya ocurría en el experimento original, se ha encontrado que los equipos MIX, en los que se equilibra el número de miembros extrovertidos y no extrovertidos, obtienen, en general, desarrollos de mayor calidad, aunque los resultados no son estadísticamente significativos ni ocurre siempre. Por tanto, parece que hay una cierta tendencia que indica que equilibrar el número de miembros extrovertidos y no extrovertidos en un equipo hace que produzcan resultados de mayor calidad, aunque no se puede afirmar con rotundidad.

## Meta-Analysis Satisfaction Q2 (EXT vs MIX)

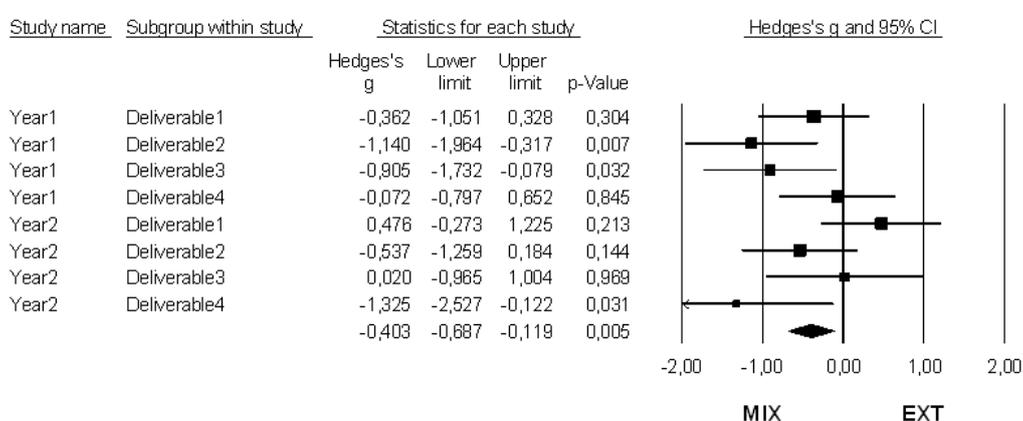


Figura 3. Meta-análisis de la satisfacción (pregunta 2, equipos EXT vs MIX)

## Meta-Analysis Satisfaction Q3 (NO-EXT vs MIX)

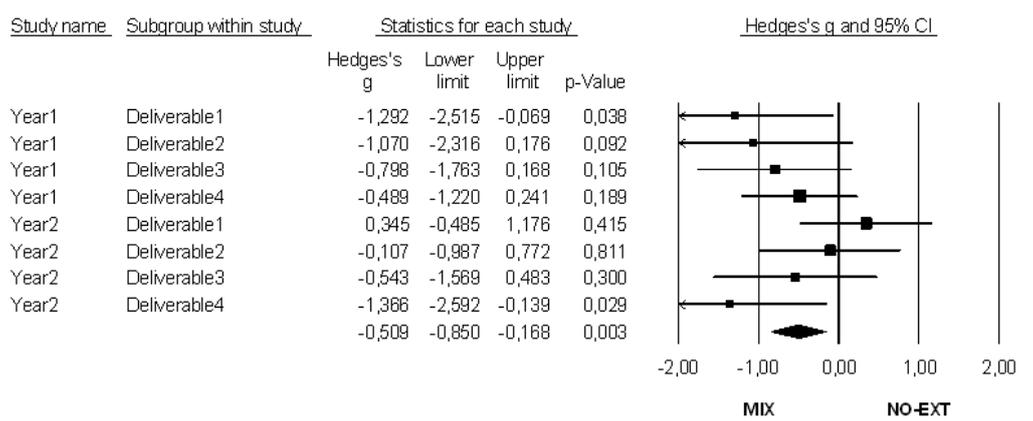


Figura 4. Meta-análisis de la satisfacción (pregunta 3, equipos EXT vs MIX)

## 5. Amenazas a la validez

Las amenazas a la validez experimental son exactamente las mismas que se produjeron en el experimento original, por lo que se han mitigado, o incluso eliminado, de la misma forma que se hizo en dicho experimento:

- Heterogeneidad de los dominios del proyecto a desarrollar: controlada exigiendo un tamaño similar en todos los desarrollos y asumiendo que el dominio, al ser de libre elección, era bien conocido por los alumnos.
- Falta de experiencia previa: todos los alumnos estaban en el mismo curso, por lo que tiene sen-

tido asumir que su formación previa debe ser similar.

- Corrección vertical de los entregables: a pesar de que cada profesor involucrado corregía los entregables de sus grupos de teoría, el uso de guías y otros materiales propuestos en la literatura [2] permite caracterizar el tipo y el número de defectos encontrados de manera homogénea.

## 6. Experiencia de implantación

A la luz de los resultados obtenidos en el experimento original y en paralelo a la réplica que se ha presentado en este trabajo, se ha llevado una prueba piloto de implantación del método de asignación de estudiantes a equipos, en el que todos los estudiantes de la misma asignatura se asignaron a equipos del

tipo MIX, en el marco de la asignatura de bases de datos de 2º curso del nuevo Grado en Ingeniería Informática de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real (Universidad de Castilla-La Mancha).

Al haber un único tratamiento, no se han podido contrastar los niveles de calidad de los desarrollos entregados, sino que simplemente se han utilizado los tests de satisfacción que ya se han comentado con anterioridad en este mismo trabajo.

Los principales resultados obtenidos son:

- Tasa de abandono del 0% de los grupos.
- Valoración positiva para las diferentes preguntas de satisfacción en niveles del 76%, 71,2% y 76,67% respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los expresados durante la exposición de este trabajo y, junto con la percepción recibida por los estudiantes, hacen que la implantación de este nuevo método de asignación de estudiantes a equipos pueda considerarse muy interesante.

## 7. Conclusiones

Este trabajo presenta una réplica de un experimento presentado en [5].

Los resultados obtenidos en la réplica confirman los obtenidos en el experimento original e indican que equilibrar el número de integrantes extrovertidos y no extrovertidos en un equipo hace que la percepción de la satisfacción de los integrantes de estos equipos sea altamente positiva mientras la calidad de los productos software desarrollados no se ve afectada negativamente.

Además, se presenta una experiencia de implantación del método de formación de equipos utilizado, cuyos resultados están en sintonía y corroboran los presentados durante el trabajo.

A nivel educativo, estas conclusiones nos permiten aconsejar a los docentes que para formar equipos, realicen previamente el test de personalidad utilizado en este trabajo y, en base a los resultados obtenidos, formen los equipos equilibrando el número de miembros con carácter extrovertido y no extrovertido. De esta forma, se conseguirá maximizar la satisfacción por los integrantes de los equipos sin que se vea mermada la calidad de los productos software desarrollados.

## Agradecimientos

Esta investigación se ha financiado gracias a los siguientes proyectos: MEDUSAS (CDTI-MICINN y FEDER IDI-20090557), ORIGIN (CDTIMICINN y FEDER IDI-2010043(1-5)), PEGASO/MAGO (MI-

CINN y FEDER, TIN2009-13718-C02-01), GEODAS-BC (MINECO y FEDER, TIN2012-37493-C03-01), Tecnologías para la Replicación y Síntesis de Experimentos en IS (MICINN TIN2011-23216) y Go Lite (MICINN TIN2011-24139).

## Referencias

- [1] Brooks, A., Rooper, M., Wood, M., Daly, J., Miller, J. Replication's Role in Software Engineering. Shull, F., Singer, J., Sjberg, D. (eds.) Guide to Empirical Software Engineering (Chapter 14) Springer, Heidelberg (2008)
- [2] Carver, J.C., Nagappan, N., Page, A. The impact of educational background on the effectiveness of requirements inspections: an empirical study. IEEE Transactions in Software Engineering 34(6), 800–812 (2008)
- [3] Carver, J., Towards Reporting Guidelines for Experimental Replications: A Proposal. 1st International Workshop on Replication in Empirical Software Engineering Research (2010)
- [4] Costa Jr., P.T., McCrae, R.R. NEO Personality Inventory-Revised. Psychological Assessment Resources, Odessa, FL (1992)
- [5] Cruz-Lemus, José A., Genero, Marcela, Gómez, Marta N. y Acuña, Silvia T. Formación de equipos de trabajo basada en factores de la personalidad de los integrantes: un estudio empírico. XVIII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2012), pp. 97-104 (2012)
- [6] Gladstein, D.L. Groups in context: a model of task group effectiveness. Administrative Science Quarterly. 29(4), 499–517 (1984)
- [7] Hedges, L. V. and I. Olkin. Statistical Methods for Meta-Analysis, Academia Press (1985)
- [8] Kampenes, V., T. Dybå, J. E. Hannay and D. I. K. Sjøberg. A Systematic Review of Effect Size in Software Engineering Experiments. Information and Software Technology 49(11-12): 1073-1086 (2007)
- [9] Salleh, N., Mendes, E., Grundy J.C. Empirical Studies of Pair Programming for CS/SE Teaching in Higher Education: A Systematic Literature Review. IEEE Transactions on Software Engineering 37(4): 509–525 (2011)
- [10] Salleh, N., Mendes, E., Grundy, J.C., Burch, G.St.J. The Effects of Neuroticism on Pair Programming: An Empirical Study in the Higher Education Context. ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (2010)

# La influencia del orden de las preguntas en los exámenes de primer curso

David López<sup>1</sup>, Jordi Cortés<sup>2</sup>, Montse Fernández<sup>1</sup>, Joan-Manuel Parcerisa<sup>1</sup>, Ruben Tous<sup>1</sup>, Jordi Tubella<sup>1</sup>

1: Dep. d'Arquitectura de Computadors, 2: Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Universitat Politècnica de Catalunya, UPC – BarcelonaTech  
Campus Nord. Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona.

{david, montsef, jmanel, rtous, jordit}@ac.upc.edu, jordi.cortes-martinez@upc.edu

## Resumen

El orden de las preguntas en un examen no debería tener influencia en sus resultados. Sin embargo, los autores tenemos la sensación de que los estudiantes de primero suelen ser secuenciales a la hora de resolver los exámenes. ¿Lo son realmente?, y si lo son ¿afecta esta manera de contestar los exámenes a los resultados finales? En este artículo analizamos estas cuestiones con un experimento realizado en la asignatura Estructura de Computadores, de primer curso del grado en Ingeniería Informática.

## Abstract

The order of the questions on a test should have no influence on the final results. However, the authors had the feeling that students often solve the exam sequentially. Is this assumption true? If so, how does it affect the final results? In this paper we analyze the results of an experiment we designed to answer these questions. The experiment took place in the Computer Organization subject, a first-year course in the Computer Science Degree.

## Palabras clave

Organización de los exámenes, costumbres de los estudiantes.

## 1. Introducción

### 1.1. Motivación

¿Influye el orden de las preguntas de un examen en las notas de los estudiantes? La respuesta debería ser que no. Sin embargo, la intuición nos dice que los alumnos de primero, que es donde se centra la mayor parte del fracaso en la Ingeniería Informática, suelen resolver el examen de manera secuencial: no planifi-

can el orden en que contestan sus preguntas, sino que empiezan por la primera pregunta, y así continúan hasta llegar a la última.

La mayoría de los profesores experimentados saben, cuando diseñan un enunciado, qué preguntas tendrán más respuestas correctas, bien por la dificultad inherente de los conceptos preguntados, por la dificultad de la pregunta en sí o porque tradicionalmente este es un tema que “se les da mal” a los alumnos (básicamente, porque muchos alumnos no se estudian algunos temas al percibir que no aparecen casi nunca en el examen, o cuando aparecen, valen muy pocos puntos).

Sin embargo, a pesar de que sabemos que en nuestro enunciado hay preguntas que contestarán bien muchos alumnos y otras que sabemos que pocos serán los que la contesten correctamente, muchos profesores no solemos tener en cuenta esta información a la hora de ordenar las preguntas. El orden de las preguntas suele hacerse para una mejor edición del examen (por ejemplo, para evitar que los estudiantes tengan que estar continuamente girando la hoja del enunciado al tener información relevante para una pregunta en ambas caras) o para simplificar el proceso de evaluación (en exámenes que se contestan en el mismo enunciado, que no haya en la misma hoja preguntas que deban corregir dos profesores). No solemos plantearnos el orden de las preguntas en función de otros parámetros porque asumimos que el orden no debería influir en la nota. Sin embargo, ¿podemos estar seguros de ello? Este punto es particularmente importante cuando hablamos de primer curso, donde el nivel de fracaso académico es muy alto.

En este trabajo presentamos un experimento llevado a cabo en una asignatura de primero de Ingeniería Informática, en la que quisimos estudiar si los alumnos tenían una tendencia a contestar los exámenes de manera secuencial y las implicaciones de hacerlo.

## 1.2. Trabajo relacionado

No hay mucha literatura respecto a la influencia del orden de las preguntas de un examen en un entorno de informática o de ingeniería en general. Básicamente hay trabajos dentro del ámbito de la psicología y con exámenes de tipo respuesta múltiple.

Pettjohn y Sacco [4] estudian la influencia de hacer las preguntas en orden secuencial respecto al temario, orden inverso y orden aleatorio. Respecto a los resultados en la nota no encuentran diferencias, aunque el orden aleatorio es percibido como más difícil y estresante por los alumnos, por lo que aconsejan el orden secuencial para estudiantes con problemas de estrés, de aprendizaje u otras circunstancias especiales. En Tal *et al* [6] se estudia la influencia del orden de las preguntas y del color de las hojas de examen en el resultado. Tampoco encuentran diferencia entre un orden u otro, pero sí demuestran que los estudiantes que contestan en papel blanco tienen mejores resultados que los que contestan en papeles de colores primarios no pastel, dándose los peores resultados en los exámenes contestados en papel azul. Togo [7] afirma que si el temario del curso evoluciona de manera que los últimos temas son los más abstractos y generales, los resultados en aprobados y notas de un examen secuencial superan a los de uno en orden aleatorio. Perlini *et al* [3] afirman que ordenar un examen de fácil a difícil, difícil a fácil o de manera aleatoria no influye en la nota final. Sin embargo, Conejo *et al* [1] demuestran que los profesores no somos buenos jueces de qué es difícil y qué no, por lo que nuestra clasificación fácil / difícil no es fiable.

Todos los estudios anteriores son sobre exámenes de respuesta múltiple, donde difícilmente los estudiantes tendrán problemas de tiempo para acabarlo, como pasa en algunos exámenes de problemas, que son mayoría en los cursos de ingeniería. Jaspers *et al* [2] realizan un estudio sobre problemas de matemáticas en alumnos de primaria, concluyendo que la ordenación más-corto-a-más-largo, más-largo-a-más-corto o aleatorio no influye en la nota, pero sí influye en la percepción de dificultad del examen. Symanzik *et al* [5] realizan un estudio sobre exámenes *on-line* de estadística con preguntas de respuesta múltiple (RM) y preguntas de respuesta escrita corta (REC) concluyendo que hay alumnos secuenciales, alumnos que contestan primero las RM, otros las RC y otros que son aparentemente aleatorios, sin concluir nada respecto a si ello influye en la nota final.

Parece pues que en exámenes de respuesta múltiple el orden no influye. Sin embargo los problemas de los exámenes de ingeniería son diferentes: de desarrollo y más complejos en su respuesta. Además, en ciertas ocasiones no todos los alumnos acaban los exámenes dentro del tiempo asignado, lo que no pasa en los casos estudiados en la bibliografía encontrada. Estamos pues en terreno desconocido.

## 2. Hipótesis

La pregunta que nos planteamos es: *¿Los estudiantes de primero contestan las preguntas del examen secuencialmente?*

Caso de ser cierto, el orden de las preguntas podría tener una influencia en los resultados finales, aunque hay otros factores que pueden influir:

- La decisión de cómo ordenar. Se nos ocurren dos maneras de ordenar para influir en las notas finales: 1) Ordenar las preguntas según el nivel de dificultad y 2) Ordenar las preguntas según la nota de cada pregunta. Ambas ordenaciones están muy relacionadas, dado que se suele dar más puntuación a las preguntas más difíciles. El problema de ordenar según el nivel de dificultad está en que, como ya se dijo, los profesores no somos buenos juzgando qué es difícil y qué no.
- La cantidad de preguntas contestadas. Si los estudiantes tienen suficiente tiempo para contestar todas las preguntas del examen, entonces la ordenación no debería influir. Sin embargo, un examen donde los alumnos vayan justos de tiempo y no puedan contestar todas las preguntas, el orden sí puede ser un factor clave.
- La puntuación de cada pregunta: si hay gran dispersión en la puntuación de las preguntas, entonces contestar pocas preguntas de muchos puntos podría ser más eficiente para el estudiante que contestar muchas de pocos puntos.

El objetivo primordial de este trabajo es ver si los estudiantes de primero contestan secuencialmente a las preguntas y, en función de ello, presentar una discusión sobre las implicaciones que puede tener.

## 3. Metodología

### 3.1. Entorno académico

La asignatura sobre la que se realizó el experimento es “Estructura de Computadores”, ubicada en el segundo semestre del primer curso de Ingeniería Informática de la Facultat d’Informàtica de Barcelona (UPC – BarcelonaTech).

En nuestro plan de estudios, hay 8 asignaturas de 7,5 créditos ECTS en primero. Cuando un estudiante se matricula por primera vez, debe matricularse de cuatro de estas asignaturas (Fundamentos Matemáticos, Física, Programación 1 e Introducción a los Computadores), que consideramos del primer semestre. Las cuatro asignaturas del segundo semestre son: Matemáticas 1, Matemáticas 2, Programación 2 y Estructura de Computadores.

No hay ningún tipo de prerrequisito entre las asignaturas de primero, más allá de la obligación de matricularse de las 4 de primer semestre en la primera

matricula. Las ocho asignaturas se imparten tanto en el semestre de primavera como en el de otoño.

La nota de la asignatura Estructura de Computadores (de ahora en adelante EC) se obtiene a partir del examen final (un 60% de la nota), la nota de laboratorio (un 20%) y la nota del examen parcial (que cuenta un 20%, pero este porcentaje es el máximo entre la nota del parcial y la obtenida en el examen final).

El experimento se llevó a cabo en el semestre de otoño del curso 2012-2013. En la asignatura EC teníamos 135 estudiantes matriculados (119 hombres, 16 mujeres), 67 de los cuales eran repetidores. Se realizaron sendas experiencias en el parcial y en el final. En ambas ocasiones se prepararon dos versiones del enunciado con las mismas preguntas, pero con diferente ordenación. Ambos exámenes podrían considerarse como “tradicionales”, ya que no incluían ninguna pregunta novedosa, sino más bien eran similares a los exámenes de semestres anteriores. Los alumnos disponían tanto del enunciado como de la solución de los exámenes de cursos anteriores.

### 3.2. Elaboración de los enunciados

Nuestra política a la hora de preparar enunciados es la siguiente: se distribuyen los temas por profesores, y cada profesor genera un número de ejercicios que cubran el temario que se le ha sido asignado (aunque puede cubrir más temario). Los profesores resolvemos todos los enunciados generados y hacemos una reunión para pulir estos enunciados (si los datos son suficientes, si hay algún error, si hay partes del enunciado que pueden mover a confusión a los alumnos, etcétera). Los ejercicios que son aceptados se modifican de acuerdo a los comentarios recibidos. Todos los profesores solucionamos el examen provisional escribiendo la solución completa y cronometrando el tiempo que requiere cada pregunta. En una segunda reunión se decide qué problemas formarán el enunciado definitivo, en función del tiempo asignado al examen y el coste en tiempo de las preguntas. Para calcular el tiempo de resolución de una pregunta por parte de un estudiante, multiplicamos por tres el tiempo medio que nos ha costado a los profesores. Los puntos de cada pregunta se distribuyen proporcionalmente al tiempo que cuesta solucionarla.

Para el parcial (que tiene una duración de 2 horas) se realizó un examen de 8 preguntas, con puntuaciones entre 0,5 y 2,25 puntos. El final (de 3 horas de duración) constó de 10 preguntas, con puntuaciones entre 0,5 y 1,75 puntos.

En el examen parcial se procedió a estimar la dificultad de cada pregunta del enunciado final, basándonos en la experiencia docente de los profesores implicados. Se realizaron dos versiones del examen, con las mismas preguntas, pero ordenadas de manera diferente: en la primera versión las preguntas estaban ordenadas de la más difícil a la más fácil (denomina-

remos a este el enunciado DaF –Difícil a Fácil), mientras que en el segundo enunciado, la ordenación era de fácil a difícil (enunciado FaD).

En el examen final se realizaron dos versiones, pero en este caso la ordenación fue de mayor a menor puntuación (enunciado GaP – Grande a Pequeño) y de menor a mayor puntuación (enunciado PaG)

### 3.3. Distribución de la población

Para realizar los exámenes, nuestro centro nos proveyó de tres aulas: dos aulas grandes donde deberían examinarse 57 estudiantes en cada una, y una aula pequeña para los 21 estudiantes restantes (denominaremos aulas G1 y G2 a las grandes y P a la pequeña).

Uno de los estudiantes matriculados el semestre del experimento tiene una discapacidad que nos obligaba a que se examinara en el aula P, que está adaptada a este tipo de necesidades especiales. La distribución para el parcial y el final fue diferente, distribuyendo los alumnos alfabéticamente a partir de una posición al azar, con la restricción de que el estudiante con necesidades especiales estuviera en el aula P. A pesar de que la distribución no es aleatoria, creemos que no debería generar sesgos en los resultados obtenidos.

Al tener un aula pequeña y dos grandes y dos enunciados diferentes, decidimos asignar un enunciado en cada aula grande. Faltaba ver si asignábamos un enunciado al aula P al azar, o bien había algún criterio para que P tuviera el mismo enunciado que G1 o G2. Para decidir el emparejamiento del aula P, estudiamos si en el caso de emparejar el aula P con G1 o con G2, una de las combinaciones tenía una mejor distribución de los alumnos por grupos para eliminar el factor grupo en la distribución. Hay 4 grupos (del 10 al 40) y, en nuestra experiencia, los estudiantes del grupo 10 suelen obtener mejores resultados que el resto. Esto es debido a que en nuestro centro los estudiantes se matriculan por orden de nota, y las notas más altas suelen matricularse en el grupo 10. Igualmente, el grupo 40 es el único de la tarde, y suele tener alumnos cuyo nivel de fracaso es tradicionalmente mayor. Las dos opciones pueden verse en el Cuadro 1 para el parcial (Op1P, Op2P) y el final (Op1F, Op2F).

		10	20	30	40
Op1P	G1+P	25,6%	26,6%	24,4%	24,4%
	G2	28,1%	26,2%	21,1%	24,6%
Op2P	G1	29,8%	26,3%	26,3%	17,6%
	G2+P	24,4%	25,6%	20,1%	29,5%
Op1F	G1+P	28,2%	23,1%	24,4%	24,4%
	G2	24,6%	29,8%	21,1%	24,6%
Op2F	G1	26,3%	21,1%	24,6%	28,1%
	G2+P	26,9%	29,5%	21,8%	21,8%

Cuadro 1: Distribución de alumnos de cada grupo de teoría en cada combinación de aulas.

El Cuadro 1 marca, una vez distribuidos los alumnos en las 3 aulas, el porcentaje de estudiantes de cada uno de los 4 grupos de teoría que habría para cada enunciado, suponiendo que se reparte el mismo enunciado en el aula P que en G1 o en G2. Observamos que la opción 1 ofrecía una distribución más equilibrada en ambos casos, y fue la elegida.

Finalmente, se decidió al azar qué versión del examen se distribuiría a cada grupo. En el parcial, el enunciado DaF se repartió en las aulas G1 y P (n=78), y el FaD en el aula G2 (n=57). En el final, el enunciado GaP en las aulas G1 y P (n=78) y el enunciado PaG en el aula G2 (n=57).

Los cálculos estadísticos presentados fueron extraídos con el paquete estadístico R v.2.15.1 a partir de los resultados de las notas de los exámenes.

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados generales

El parcial no tuvo muy buenas notas, pero los resultados están dentro de lo que, a criterio de los profesores, es habitual en la asignatura. El final fue mucho mejor, aumentando en más de 30 puntos porcentuales el número de aprobados, y en 1,4 puntos la nota media. El Cuadro 2 presenta los resultados.

		Presentados (%)	Aprobados (%)	Nota media (STD)
Parc.	Total	119/135 (88)	32 (27)	3,8 (1,65)
	FaD	51/57 (89)	13 (25)	3,8 (1,48)
	DaF	68/78 (87)	19 (28)	3,9 (1,81)
Final	Total	113/135 (84)	69 (61)	5,2 (1,8)
	GaP	70/78 (90)	41 (59)	5,1 (1,87)
	PaG	43/57 (75)	28 (65)	5,4 (1,73)

Cuadro 2. Resultados de los exámenes (parcial y final), totales y subdivididos entre las dos versiones de cada uno.

No se observan diferencias significativas en las notas obtenidas en ambas versiones de cada examen (analizaremos las notas con más profundidad en la Sección 4.4.). Queremos destacar que observamos una gran diferencia entre la cantidad de estudiantes que tuvieron tiempo de contestar todas las preguntas en el parcial y en el final. En el parcial (de 2 horas) observamos cómo la práctica totalidad de los estudiantes estuvieron contestando preguntas hasta el final del tiempo estipulado, mientras que en el final (de 3 horas) la mayoría entregó el examen antes del tiempo estipulado. En la sección de discusión comentaremos este comportamiento y la influencia que puede haber tenido en los resultados finales.

### 4.2. Apreciación de la dificultad de los problemas por parte del profesor

Como se ha dicho, en el examen parcial las dos versiones del examen se diferenciaban sólo en la ordenación de las preguntas, de fácil a difícil y viceversa. Aunque es complicado evaluar con exactitud si nuestro criterio a la hora de decidir si un ejercicio es o no fácil, hay datos que vale la pena remarcar:

- La segunda pregunta más fácil (según nuestro criterio) ha sido la que ha tenido un número mayor de no presentados, tanto en la ordenación FaD (segunda pregunta de 8) como en la DaF (séptima de 8).
- De las 3 preguntas donde los alumnos han sacado mejor nota media, ninguna correspondía a las dos consideradas más fáciles, independientemente de la versión de examen. Este cálculo lo hemos realizado sobre las notas ponderadas sobre 10 puntos, no sobre la media absoluta, ya que las preguntas tenían diferentes puntuaciones.
- La segunda pregunta más difícil ha sido la que ha sacado la segunda mejor nota media ponderada en ambas versiones del examen.

De estos datos concluimos que nuestra apreciación de qué es fácil o difícil no se corresponde con la realidad. En parte fue por ello que decidimos cambiar el sistema de ordenación en el examen final.

### 4.3. ¿Los alumnos responden de manera secuencial?

Hay una serie de datos que indican que esta hipótesis se cumple. Analizaremos por separado los resultados del parcial y del final.

Primero estudiaremos la relación de ejercicios presentados en el parcial. La Figura 1 muestra la diferencia en porcentaje de presentados para cada problema, separados para las dos versiones. Los problemas están ordenados de difícil a fácil (ordenación del grupo DaF). Por ejemplo, el problema MULT<sup>1</sup> lo presentaron el 88.2% (60/68) del grupo DaF, (que lo tenían como el primer problema del examen), y el 76.5% (39/51) del grupo FaD (que lo tenían el último), siendo la diferencia de 11.8% y el intervalo de Confianza IC al 95% entre -3,9 y 27,4 (que es lo que se muestra en el *forest plot* de la Figura 1). Se observa que existe una tendencia en cada grupo a contestar los problemas que tenían en primera posición, aunque únicamente en el problema supuestamente más sencillo (MAT) hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

<sup>1</sup> Para no confundir, los problemas no han sido numerados pues la numeración implica un orden, sino que tienen un nombre. Así por ejemplo, el problema MULT se refiere a un problema relacionado con multiplicadores hardware. Los nombres son: MULT, REND, CF, MEM, SUBR, COND, PRG y MAT.

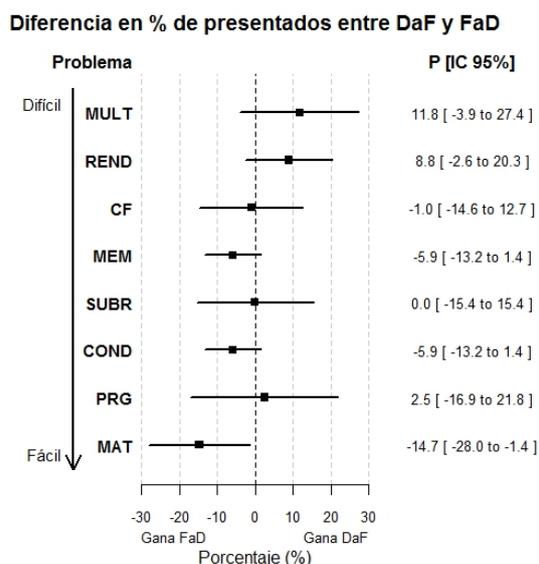


Figura 1: Forest plot de la diferencia entre presentados en cada pregunta entre las dos versiones del examen parcial.

Para un mejor análisis, teniendo en cuenta que contestar unas preguntas u otras no es un factor independiente dentro de cada alumno, debemos estudiar las preguntas en blanco a través de un indicador de secuencialidad. Así, cada ejercicio recibió una puntuación según su posición en el examen (Cuadro 3).

MULT	-7
REND	-5
CF	-3
MEM	-1
SUBR	1
COND	3
PRG	5
MAT	7

Cuadro 3: Score de secuencialidad para los problemas del parcial.

Para cada alumno, su *score* será la suma de los valores correspondiente a los ejercicios presentados. Un estudiante que conteste a todas las preguntas tendrá un *score* de 0, independientemente de su nota. Un estudiante que conteste más preguntas fáciles (parte inferior) tendrá a tener valores positivos, mientras que uno que conteste más preguntas difíciles tenderá a valores negativos. Si se cumple la hipótesis de que los estudiantes responden de manera secuencial, entonces esta puntuación debería ser más negativa en el grupo DaF que en el FaD.

La descriptiva de este indicador para ambos grupos puede verse en el Cuadro 4.

	DaF	FaD
Media	-2,22	0,04
Desviación Estándar	5,36	4,38
Mínimo	-15	-13
Q1	-5	-1
Mediana	0	0
Q3	0	2
Max	12	12

Cuadro 4: descriptiva del indicador *score*.

La Figura 2 muestra la distribución de este indicador para ambos grupos. La cola inferior alargada del grupo DaF sugiere que muchos estudiantes de este grupo se dejaron de contestar problemas fáciles que les hubiesen dado valoraciones positivas en este indicador. Mediante la prueba de la t-Student se estima que la diferencia de este indicador entre ambos grupos es de -2,26, IC95%: [-4,03 a -0,49], lo que es estadísticamente significativo ( $p=0,01$ ). Concluimos pues que observando el número de ejercicios presentados, los alumnos contestan, efectivamente, de manera secuencial y por tanto se cumple la hipótesis inicial.

Distribución en el score según Grupo

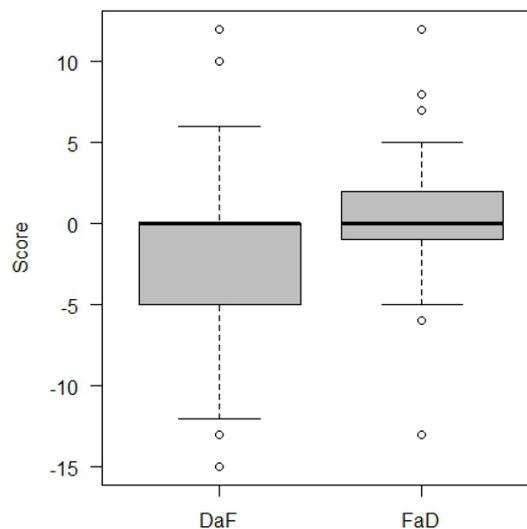


Figura 2: distribución del indicador de *score*.

Si realizamos este mismo análisis para el examen final, descubrimos que no hay una tendencia a dejar en blanco las últimas preguntas del examen. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos para

ningún problema. Elaboramos un indicador de secuencialidad similar al usado para el parcial, adaptado a 10 problemas (se añadieron los valores -9 y 9) y nos encontramos con distribuciones extraordinariamente parecidas. Al aplicar la t-Student estimamos que la diferencia media de este indicador entre ambos grupos es de 0,58, con IC95%: [-0,96 a 2,11], estadísticamente no significativa ( $p=0,46$ ). Al no haber diferencias significativas hemos decidido no incluir las gráficas en el artículo, pues aportan poco. Esta diferencia entre el parcial y el final será analizada en la sección de discusión.

Para reforzar la idea de que los estudiantes contestaban de manera secuencial, analizamos las notas del examen parcial agrupando las notas de las 4 primeras y las 4 últimas preguntas (recordamos que las 4 primeras de una versión son las 4 últimas de la otra). Estos datos se pueden observar en el Cuadro 5, en el que se presenta la nota media sobre 10 y la desviación estándar de las 4 preguntas difíciles y las 4 fáciles del examen para las dos variantes.

	Media de las cuatro preguntas difíciles	Media de las cuatro preguntas fáciles
DaF	3,92 (1,98) - primeras	3,75 (0,61) - últimas
FaD	3,54 (1,67) - últimas	4,2 (2,09) - primeras

Cuadro 5: Media de las 4 preguntas fáciles y las 4 preguntas difíciles (entre paréntesis, la desviación estándar).

Usamos los datos del Cuadro 5 podemos realizar ciertas comparaciones:

- Comparación horizontal: dentro de cada versión, la nota media de las 4 preguntas que se contestan en primer lugar es superior a la media de las que se contestan en segundo lugar (3,92 en las 4 primeras contra 3,75 en DaF, 4,20 en las 4 primeras contra 3,54 en FaD).
- Comparación vertical: la media de las 4 preguntas difíciles es superior en la versión donde eran las 4 primeras que donde eran las 4 últimas (3,92 contra 3,54). Igualmente, la media de las 4 fáciles es superior en el examen donde eran las 4 primeras (4,20 contra 3,75).
- Comparación cruzada: la media de las 4 primeras preguntas es superior cuando son las fáciles que cuando son las difíciles (4,2 contra 3,92). Igualmente, la media de las 4 últimas preguntas es superior cuando son las fáciles que cuando son las difíciles (3,75 contra 3,54).

Ninguna de estas comparaciones ofrece una diferencia estadística significativa, aunque en algún caso están bastante cerca. Sin embargo, refuerzan la hipótesis de que los alumnos contestan secuencialmente.

#### 4.4. ¿Afecta este comportamiento a las notas del examen?

Hemos analizado las notas del parcial para ambas versiones del examen. La media en DaF es 3,85 y en FaD 3,81. La diferencia estimada mediante una prueba t-Student es 0,05 con un IC95%: [-0,56 a 0,66] ( $p=0,88$ ). Por tanto, se deduce que no hay diferencia entre las notas obtenidas en ambos grupos. La Figura 3 muestra gráficamente la distribución de las notas. Las posibles razones para que no haya diferencias se discutirán en la Sección 5.

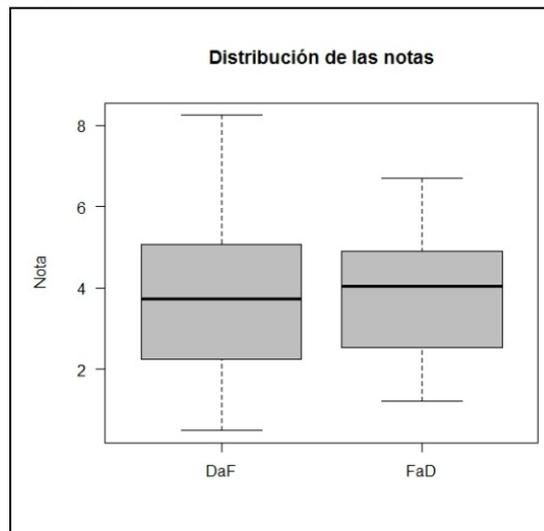


Figura 3: Distribución de las notas del parcial.

En punto 4.3 se demostraba que existía una secuencialidad en el parcial, pero no así en el final. Por tanto no presentamos el análisis de las notas del examen final, aunque lo realizamos y descubrimos que tampoco había diferencias significativas.

## 5. Discusión

En los resultados presentados en la sección anterior hemos visto una gran diferencia entre los resultados obtenidos en el parcial y los obtenidos en el final. Sin embargo, como también se adelantaba en la Sección 4.1, en el examen parcial la mayoría de los estudiantes no tuvieron tiempo de contestar a todas las preguntas, a diferencia del final, en el que la mayoría entregó antes de finalizar el tiempo asignado. ¿A qué puede ser debida esta diferencia? Podríamos pensar que es simplemente cuestión de la duración del examen, ya que el final dura una hora más que el parcial. Sin embargo, este parámetro está contemplado en el diseño del enunciado, ya que aproximamos el tiempo necesario por el alumno a base de multiplicar por 3 el tiempo medio usado por los profesores para resolver el examen, es decir, menos de 40 minutos para el parcial de 2 horas, y menos de 1 hora para el final de

3 horas. Obviamente podemos equivocarnos en nuestros cálculos, pero nuestra experiencia dice que suele ser habitual que los estudiantes vayan más justos de tiempo en el parcial que en el final.

Una teoría que lo explica (pero difícil de demostrar más allá de la intuición de los profesores) es que los estudiantes van mejor preparados a los finales que a los parciales. El parcial tiene lugar un día con clases, donde tienen que compatibilizar el estudio del mismo con la asistencia a clase, las prácticas y el estudio de otras asignaturas, mientras que el final se realiza en un periodo sin clases ni entregas de prácticas, dedicado únicamente al estudio. Además, el factor madurez de los conocimientos también es importante, ya que después del parcial han dispuesto de un mes y medio para madurar sus conocimientos y obtener una visión global de la asignatura. Tampoco es desdeñable el hecho que sacar mala nota en un parcial (por poca preparación) ponga al estudiante en la situación de espabilar o suspender. Hemos observado que algunos estudiantes se centran en estudiar menos asignaturas, pero las estudian más a fondo.

Sea cual sea la razón, la secuencialidad en la resolución afecta cuando no se tiene tiempo de contestar la totalidad del examen. Si, como en el caso del final, la mayoría de los estudiantes han tenido tiempo de contestar todas las preguntas, seguir un orden u otro no afecta al resultado final. Por tanto, una primera conclusión es que responder secuencialmente afectará únicamente si no se pueden contestar todas las preguntas.

Centrándonos pues en nuestro parcial, hemos concluido que, efectivamente, los estudiantes contestan secuencialmente. Sin embargo, esto no afectó a los resultados finales por lo que a notas se refiere. Al haber hecho una ordenación de fácil a difícil (y viceversa) ¿cómo es posible que si los alumnos contestan secuencialmente no tengan un beneficio si empiezan por las preguntas más sencillas? En el caso de que el estudiante no tenga tiempo de contestar todas las preguntas de un examen, si las ordenamos de fácil a difícil, ¿no les ayudamos?

La respuesta es que hay dos factores que impiden que los alumnos se beneficien de la ordenación fácil a difícil. La primera es que los mismos profesores no somos infalibles a la hora de calificar un problema en fácil o difícil (como hemos visto en el punto 4.2.). La segunda es que los problemas difíciles suelen valer más puntos, por lo que penalizan mucho a los alumnos que no los contestan.

En los exámenes de problemas no es habitual que todas las preguntas valgan los mismos puntos. La puntuación de cada pregunta puede variar dependiendo de un número de factores: la dificultad de la pregunta, el tiempo estimado de respuesta, la importancia del concepto que se pregunta. Hay tantos métodos para decidir el valor de la pregunta como profesores.

Sin embargo, como norma general las preguntas más complejas suelen valer más puntos.

Si, para nuestro parcial, suponemos un caso extremo de un estudiante totalmente secuencial, que empieza por el primer ejercicio y no pasa al segundo hasta que se da por satisfecho con la respuesta al primero, este alumno estaría en cierta ventaja en el examen DaF ya que, como muestra el Cuadro 6, en nuestro parcial las primeras preguntas en esta versión valen más que en la versión FaD.

	1	2	3	4	5	6	7	8
DaF	1	2,75	4	6	8,25	9	9,5	10
FaD	0,5	1	1,75	4	6	7,25	9	10

Cuadro 6: Nota acumulada en cada una de las 8 preguntas de ambas versiones del examen.

Así por ejemplo, un alumno con el examen DaF que ha podido contestar las 5 primeras preguntas podría obtener una nota máxima de 8,25, mientras que si consideramos otro alumno que en el examen FaD ha conseguido contestar una pregunta más (hasta la 6), este último ha contestado más preguntas, pero la nota máxima a la que puede aspirar es menor, un 7,25. Por tanto, el hecho de contestar menos preguntas, pero de más puntos (versión DaF) contrarresta el efecto de tener primero las preguntas fáciles (FaD) donde se contestan más preguntas, pero de menor puntuación.

Nos planteamos probar en el final una ordenación de más a menos puntos (y viceversa), lo que sería independiente de la dificultad de la pregunta, ya que los puntos asignados a cada pregunta dependen del tiempo calculado para su resolución y no de la dificultad de la misma. Pero al ser un examen donde la mayoría de estudiantes tuvieron tiempo de contestar todo el examen, no pudimos extraer conclusiones. Queremos, como trabajo futuro, probar en el próximo parcial la ordenación de más a menos nota.

Una pregunta interesante es: ¿Por qué son secuenciales? En este caso realizamos un estudio cuantitativo, con una población de 21 estudiantes a los que les fuimos preguntando en entrevistas informales sobre sus costumbres a la hora de resolver un examen<sup>2</sup>. Sólo dos afirmaron no empezar por la primera pregunta, pero no por hacer una planificación, sino por buscar una pregunta que supieran hacer “muy bien”; en cuanto encontraban una se ponían con ella, sin mirar el resto del enunciado. El resto de los estudiantes contestaban secuencialmente porque nunca (o casi nunca) se habían encontrado antes de entrar en la Universidad ante un examen que no tuvieran tiempo

<sup>2</sup> Básicamente charlas de pasillo en los descansos de clase. Quizá no el mejor método de investigación, pero sí uno en el que se reciben respuestas espontáneas y sinceras.

de contestar al completo. Incluso los mejores estudiantes (en la apreciación del profesor que les daba clase) afirmaron estar acostumbrados a no acabar con una pregunta y pasar a la siguiente hasta que no estaban satisfechos con la respuesta de la primera. Nadie afirmó haber recibido nunca el consejo de dedicar los primeros minutos a leer el enunciado al completo y planificar su tiempo. Como trabajo futuro nos planteamos un estudio cualitativo más completo respecto a las costumbres en los exámenes de los estudiantes de primero.

Para finalizar la discusión, nos planteamos la siguiente pregunta: si sabemos que los alumnos son secuenciales ¿qué queremos hacer con esta información? Primero, deberíamos estudiar si hay ordenaciones que influyen en la nota. Hemos visto que en exámenes donde no tienen tiempo de responder a todas las preguntas, la ordenación fácil a difícil no influye en las notas, pero quizá una ordenación de más a menos puntos si tuviera una influencia, o quizá otra ordenación que ahora no somos capaces de ver. En cualquier caso, una conclusión de este trabajo es que deberíamos explicar a nuestros alumnos que el primer paso ante un examen es dedicar un tiempo a planificar en qué orden contestar las preguntas del examen. Se puede argumentar que esto es algo que todos los estudiantes acaban aprendiendo, pero muchos de nuestros estudiantes no se han encontrado nunca ante exámenes donde han ido justos de tiempo. Precisamente nuestros mejores estudiantes nunca habían suspendido nada antes de entrar en la Universidad, siendo los que están más acostumbrados a contestar secuencialmente y pasar a la pregunta dos cuando están satisfechos de la respuesta de la pregunta uno. Estos estudiantes se pueden encontrar inseguros al entrar en la Universidad, pues están en un entorno más exigente. Psicológicamente hablando, es precisamente cuando te encuentras más inseguro, cuando más te aferras a los métodos que te llevaron al éxito en el pasado. Por ello es difícil que se les ocurra espontáneamente cambiar sus creencias respecto a cómo contestar un examen y, por tanto, necesitan nuestra ayuda.

## 6. Conclusiones

A la hora de elaborar un examen, los profesores no solemos tener en cuenta cómo puede afectar el orden de las preguntas en los resultados finales. Sin embargo, en exámenes donde los estudiantes no tienen tiempo de contestar a todas las preguntas, el orden con el que respondan marcará el número de preguntas respondidas y su puntuación en el examen.

En este trabajo hemos realizado un experimento en una asignatura de primero, donde hemos demostrado

que los estudiantes tienden a contestar secuencialmente, aunque en nuestro estudio no hemos encontrado una ordenación de las preguntas que ofrezca un cambio en los resultados del examen, respecto al número de aprobados o a la nota media.

Saber cómo actúan los estudiantes de primero ante un examen podría ser interesante para ayudar a reducir el fracaso escolar en la Ingeniería Informática, dado que se centra principalmente en primer curso. Una actuación inmediata sería explicar a los estudiantes las ventajas de planificar sus exámenes, pero se requiere más investigación en buscar ordenaciones en las preguntas de los exámenes que sí influyan en el rendimiento.

Este trabajo se ha llevado a cabo con el apoyo del proyecto MiPLE del Ministerio de Ciencia e Innovación español, código TIN2010-21695-C02-02.8 y el proyecto TRAILER de la Comisión Europea (<http://grial.usal.es/agora/trailerproject>).

## Referencias

- [1] R. Conejo, E. Guzmán de los Riscos y J.L. Pérez de la Cruz. *Un estudio sobre la dificultad de los ítems en los tests de Informática*. Jenui 2008, pp 242-248, Granada, Julio de 2008.
- [2] Kathryn E. Jaspers, Christopher H. Skinner, Robert L. Williams y Lee B. Saecker. *Effects of problem order on accuracy, preference, and choice of multiplication assignments*. The Behavior Analyst Today 8(3): 347:359. 2007
- [3] Arthur H. Perlini, David L. Lind y Bruno D. Zumbo. *Context effects on examinations: The effects of time, item order and item difficulty*. Canadian Psychology 39(4): 299-307. 1998.
- [4] Terry F. Pettjohn, y Matthew F. Sacco. *Multiple-choice exam question order influences on student performance, completion time, and perceptions*. Journal of Instructional Psychology 34(3). 2007
- [5] Jürgen Symanzik, Robert Erbacher, Palyne Gaenir, Natasha Vakusanivic, Alex Cheng Ki Wun, *On the effect of the ordering of questions in Exams – A visual analysis*. Proceedings of the American Statistical Association. 2004
- [6] Lianit R. Tal, Katherine G. Akers y Gordon K. Hodge. *Effect of paper color and question order on exam performance*. Teaching of Psychology 35(1): 26-28. 2008.
- [7] Dennis F. Togo. *Topical sequencing of questions and advance organizers impacting on student's examination performance*. Accounting Education 11(3). 2002.

# **Aprendizaje basado en problemas**



# Introducción de metodologías de aprendizaje basado en problemas en el marco de las TIC

Rafael Sebastian, Ricardo Olanda, Juan Manuel Orduña

Departament de Informàtica

Universitat de Valencia

{rafael.sebastian, ricardo.olanda, juan.orduna}@uv.es

## Resumen

La propuesta de trabajar por competencias en lugar de hacerlo como se hacía tradicionalmente, por objetivos, ha hecho proliferar propuestas y alternativas metodológicas para favorecer un cambio en la Educación Superior. Una de estas metodologías es el aprendizaje basado en problemas (ABP). El ABP es una metodología de aprendizaje en la cual el punto de partida es un problema construido por el profesor que permite al estudiante identificar necesidades para comprender mejor ese problema/situación, identificar principios que sustentan el conocimiento y cumplir objetivos de aprendizaje relacionados con cada porción del contenido de la materia. En el caso de las tecnologías de la información y las comunicaciones es especialmente relevante, ya que permite desarrollar simultáneamente conocimientos teóricos y estrategias para resolver problemas prácticos en pequeños grupos, similares a los que se encuentran en la práctica profesional. Esta metodología se ha implementado en la asignatura de Arquitectura de Redes de Computadores impartida en las titulaciones de Grado en Ingeniería Informática, Grado en Ingeniería Telemática y Grado en Ingeniería Electrónica de Telecomunicación de la Universidad de Valencia. En este trabajo presentamos los pasos para su implantación, desarrollo y evaluación. También describimos la metodología de evaluación y tutorización continua, y finalmente se presentan los resultados de evaluación llevados a cabo por profesores de la asignatura, profesores externos, y alumnos. Para concluir comentamos los problemas observados en la aplicación de esta metodología y las críticas transmitidas por los alumnos.

## Abstract

The introduction of skills-based learning instead of the more traditional goal-based learning has given rise to novel teaching proposals and methodological alternatives that favor a change in the context of the European Higher Education Area. One of these methods is

problem/project-based learning (PBL). PBL is a learning methodology in which the starting point is a problem constructed by the teacher, which allows students to identify needs to better understand the problem / situation, identify principles underpinning knowledge and meet learning objectives related to each content part. In the case of Information and Communications technologies, it is especially relevant since it allows the concurrent development theoretical knowledge and strategies for solving problems in small groups, similar to those found in practice. This methodology has been implemented in the course of Computer Networks Architecture taught in undergraduate degrees of Computer Engineering, Telematics Engineering and Telecommunications Electronic Engineering from the University of Valencia. We present the steps for implementation, development and evaluation. We also describe the evaluation methodology and continuous coaching, and present the results of evaluation conducted by each lecturer of the subject, an external lecturer, and the students. To conclude, we discuss the problems encountered in the application of this methodology and criticism reported by students.

## Palabras clave

Aprendizaje basado en problemas (ABP), TIC, trabajo en equipo, comunicación oral.

## 1. Motivación

Las metodologías docentes tradicionales basadas en la transmisión de conocimiento del docente al alumno no benefician el desarrollo de las competencias necesarias para el trabajo profesional de ingenieros en tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC). Este tipo de trabajo suele desarrollarse a través de proyectos que presentan retos técnicos a equipos de ingenieros. Además, debido a la constante evolución de la tecnología, es necesario que los ingenieros TIC sean capaces de aprender de forma autónoma, y aplicar

conocimientos teóricos a la práctica. Por ello, es necesario aplicar una técnica docente de base que permita transmitir no solo los conocimientos, sino las aptitudes necesarias en este ámbito profesional.

Una técnica docente que se adapta a estos requisitos es el aprendizaje basado en problemas (ABP). Este método promueve en el alumno la responsabilidad de su propio aprendizaje, en lugar de que este sea un mero recipiente pasivo de información. Se fomenta la motivación del alumno para que aprenda de forma autónoma, y el profesor pasa de tener un rol de experto, a un rol de facilitador o tutor del aprendizaje. Con ello se consigue desarrollar habilidades para la evaluación crítica y la adquisición de nuevos conocimientos con un compromiso de aprendizaje de por vida.

Al mismo tiempo se consigue el desarrollo de habilidades para las relaciones interpersonales, muy importantes para el trabajo en equipos multidisciplinares. Puesto que los ingenieros de TIC suelen buscar soluciones a problemas en diversas áreas de aplicación de la tecnología, es fundamental estimular el desarrollo del sentido de colaboración como un miembro de un equipo para alcanzar una meta común. Así mismo, la evaluación debe pasar de ser de ámbito individual y puntual al final del proceso de aprendizaje, a una evaluación periódica del grupo. El ABP permite el planteamiento de problemas de dimensión media que puedan ser evaluados incrementalmente mediante documentos similares a los utilizados en proyectos reales (informes), sobre los que el profesor pueda ofrecer *feedback* que ayude a los alumnos a reflexionar y profundizar. Este proceso no es posible en un sistema de evaluación final.

En las siguientes secciones se introduce el aprendizaje basado en problemas, y una experiencia concreta de aplicación en el área de TIC, así como el análisis de resultados obtenidos y la descripción de los problemas encontrados en dicha experiencia

## 2. El aprendizaje basado en problemas

### 2.1. Antecedentes

La metodología docente conocida como Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), aunque cuenta con algunos antecedentes en el siglo XIX [2], surge a finales de la década de los 60's del siglo pasado, particularmente, en la Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster, en Hamilton, Ontario (Canadá) [5]. En aquel momento se puso de manifiesto la ineficacia de los métodos tradicionales para preparar a los futuros profesionales de la salud, y su falta de habilidad para poner en práctica sus conocimientos teóricos [7]. Para superar estas dificultades, Barrows apuntó a la necesidad de que los alumnos adquirieran habilidades pa-

ra solucionar problemas cotidianos a los que se enfrentaría un profesional en el desempeño de su profesión [1, 5]. Sobre esta base, la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de McMaster desarrolló una propuesta educacional innovadora que fue implementada a lo largo de los tres años de su plan curricular y que es conocida actualmente en todo el mundo como Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Problem Based Learning - PBL). Los beneficios de este método fueron verificados de forma empírica en la década de los 90's tras un meta-análisis. En este se concluyó que un enfoque de instrucción basado en el ABP producía los mismos resultados que los planes de estudios tradicionales en cuanto a conocimientos teóricos, pero demostraban mejores habilidades para resolver problemas propios del ejercicio de la profesión médica [3, 6].

### 2.2. Concepto y requisitos

El ABP es una metodología docente basada en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. Es una estrategia educativa que hace descansar el proceso de aprendizaje del alumno sobre un problema construido por el profesor, similar a uno de la vida real, que sirve como vehículo, ya sea para la adquisición de un cuerpo integrado de conocimientos sobre la materia, o para la adquisición de competencias en la resolución de problemas prácticos [1]. En el ABP, los estudiantes se reúnen en torno a un problema antes de recibir instrucción alguna sobre cómo resolverlo. El ABP representa toda una revolución respecto de los planes de estudios tradicionales donde los roles de profesor y alumno cambian. El papel del profesor en un aula de ABP es similar al de un guía o entrenador, es decir, el de facilitador, en lugar del poseedor de todo el conocimiento. Por ello, este enfoque requiere problemas o casos especialmente diseñados para motivar el aprendizaje de los aspectos más relevantes de la materia o disciplina de estudio.

La colaboración y el aprendizaje cooperativo es esencial para el éxito del ABP [4]. El aprendizaje cooperativo de los estudiantes se realiza en pequeños grupos de estudiantes, y puede ser la parte más gratificante y productiva de su aprendizaje. Hay que tener en cuenta que el ABP impone una serie de requisitos esenciales para su implantación.

- Es necesario que los alumnos muestren una *actitud pro-activa e independiente*, con autodirección en su aprendizaje (*autoaprendizaje*) y orientados a la solución de problemas en lugar de ser receptores pasivos de información.
- Es importante generar un ambiente adecuado que facilite el *trabajo en equipo* y fomente la colaboración.
- Facilitado por el docente, se requiere desarrollar

en los alumnos *pensamiento crítico*, habilidades para la solución de problemas y para la colaboración, mientras identifican problemas, formulan hipótesis, conducen la búsqueda de información, realizan experimentos y determinan la mejor manera de llegar a la solución de los problemas planteados.

### 2.3. Contexto

La asignatura Arquitectura de Redes de los Computadores (ARC) donde se han aplicado estas metodologías se imparte en 3 titulaciones distintas que ofrece la Escuela de Ingenierías de la Universidad de Valencia. Estas 3 titulaciones están todas relacionadas con el área de la Informática y las Telecomunicaciones. Cada titulación tiene un grupo independiente de esta asignatura, que se imparte en cursos y cuatrimestres diferentes. No obstante, la filosofía de los planes de estudio de la Escuela es que las asignaturas de redes de computadores compartan objetivos, contenidos y competencias comunes, de tal forma que sean convalidables entre las titulaciones en el caso de que los alumnos decidan estudiar otra de las titulaciones de la escuela.

La asignatura ARC es la segunda asignatura obligatoria de redes de computadores que los alumnos encuentran en el plan de estudios. La primera asignatura (que cronológicamente también se imparte antes en todas las titulaciones) es Fundamentos de las Redes de Computadores (FRC). Arquitecturas de redes de computadores se centra en la ampliación de los conocimientos de redes adquiridos por el alumno en FRC, y para ello asume que el alumno posee conocimientos básicos de Informática, tanto de programación como de estructura de computadores. En la asignatura ARC se estudian nuevas tecnologías y arquitecturas de red tales como VoIP, MPLS o Multicast. Uno de los principales objetivos generales de la asignatura consiste en adquirir conocimientos básicos sobre tecnologías avanzadas de redes, al mismo tiempo que se aplica al despliegue de una red de datos de tamaño medio de forma profesional.

### 2.4. Experiencia

En esta experiencia se ha aplicado la metodología de ABP en dos contextos. El primero de ellos consiste en la resolución de pequeños problemas relacionados con el capítulo del temario que se está impartiendo. El segundo se basa en la resolución de un único problema complejo que refuerza y profundiza los conocimientos más importantes incluidos en el temario de la asignatura y se extiende a lo largo de un cuatrimestre.

#### 2.4.1. Resolución de pequeños problemas

La resolución de pequeños problemas permite al alumno comprender aspectos específicos relacionados con el temario impartido. Ejemplos de estos problemas serían el cálculo de las capacidades de las líneas de transmisión y de los equipos de red, el cálculo de los árboles de distribución para el tráfico multicast o la selección de mecanismos de seguridad para redes inalámbricas.

La mecánica empleada para esta metodología es la siguiente:

- **Definición del problema:** Los alumnos recibirán los conocimientos teóricos básicos y el material didáctico necesario para la resolución del problema, así como la definición del mismo.
- **Elección de grupos:** Los alumnos se organizarán en pequeños grupos de 2 o 3 personas para la resolución del problema. Uno de los alumnos será denominado como portavoz del grupo. La elección de los componentes del grupo se realizará de forma aleatoria para cada trabajo, favoreciendo que los alumnos trabajen con diferentes compañeros y deban enfrentarse a diversas situaciones de conflictos y de resolución de problemas y liderazgo.
- **Resolución del problema:** Cada grupo resolverá el problema haciendo uso de todo el material didáctico que crea conveniente.
- **Puesta en común y debate:** Los portavoces de cada grupo comunicarán al resto de compañeros su solución al problema y se debatirá acerca de la mejor solución, los inconvenientes y las ventajas de la misma.
- **Conclusión:** El profesor reconducirá la clase, extrayendo de la solución propuesta del problema los conceptos teóricos del tema.

Todo el proceso se realiza en las horas de problemas contempladas en la planificación de la asignatura, por lo que no supone una carga de trabajo adicional para el alumno.

#### 2.4.2. Desarrollo de un problema complejo

La resolución de un problema complejo permite al alumno enfrentarse a las situaciones con las que se encontrará en un futuro entorno laboral. Este problema requiere del alumno el conocimiento teórico de todo el temario de la asignatura, por lo tanto, su desarrollo se prolonga a lo largo de todo el cuatrimestre en el cual se imparte la misma.

Se ha definido como problema la elaboración de un proyecto basado en el diseño de una red de computadores que satisfaga las necesidades de comunicaciones de una empresa o entidad. Para ello, se realiza un estudio detallado de cada una de las etapas de desarrollo e im-

plantación de una arquitectura de red de computadores: definición del problema, diseño físico, diseño lógico e implantación de aplicaciones de red.

Las capacidades que deben adquirir los alumnos para cada uno de estos niveles son las siguientes:

- **Definición del problema:** plantear un problema para el cual sea necesario desarrollar e implantar una red de telecomunicaciones. Esto simula una hipotética reunión en la cual el cliente presenta un propuesta o pliego de condiciones a un equipo de ingenieros que se comprometen a elaborar dicho proyecto.
- **Nivel físico:** conocer las características de los diferentes tipos de cableado y equipos de red, ser capaz de realizar la interconexión de los estos equipos empleando los tipos de cableado adecuados para la solución del proyecto propuesto y la elaboración de un presupuesto de instalación de todos los componentes físicos de la red.
- **Nivel lógico:** conocer los diferentes tipos de direccionamiento empleados en una red de computadores, ser capaz de realizar la distribución en redes y subredes de los componentes de la red de la manera más eficiente posible, asignando a cada uno de ellos un identificador de red adecuado.
- **Nivel de aplicación:** conocer el conjunto de aplicaciones utilizadas habitualmente para el funcionamiento y gestión adecuada de una red de computadores, así como para garantizar la seguridad de la misma, identificar las aplicaciones y servicios adecuados para cubrir las necesidades del proyecto, y especificar la configuración y las tareas de gestión adecuadas para el correcto funcionamiento de la red de computadores.

Para ayudar a los alumnos en el desarrollo del proyecto, el profesor les entregará un cuaderno de trabajo, donde se recogen los requisitos mínimos que debe incluir un proyecto, las diferentes fases del mismo, los roles que pueden desempeñar los alumnos, un calendario con las fechas límite para cada una de las fases del proyecto y los criterios de evaluación que se van a utilizar para valorar el mismo. Cada grupo de alumnos, deberá rellenar un cuaderno de trabajo a medida que vaya desarrollando el proyecto.

Los roles que se han establecido en el cuaderno de trabajo son los siguientes:

- **Coordinador:** es el encargado de distribuir el trabajo y de realizar un seguimiento del desarrollo del mismo por parte del resto de compañeros. También se encarga de convocar las reuniones de trabajo, gestionar el tiempo dedicado a cada tarea y rellenar el cuaderno de trabajo.
- **Redactor:** es el encargado de buscar y editar la información requerida para la realización del pro-

yecto. También se encarga de integrar todo el trabajo elaborado por el grupo, estableciendo el mismo formato para el documento y cuidando la imagen del producto final.

- **Portavoz:** es el encargado de las relaciones externas al grupo (profesorado, expertos o compañeros de otros grupos). También será el encargado de hacer llegar el documento escrito del proyecto al profesor, y de preparar y realizar la exposición oral del trabajo.

La mecánica empleada para esta metodología es la siguiente:

- **Definición del problema:** el profesor definirá las características del proyecto a realizar y proporcionará a los alumnos un cuaderno de trabajo para ayudarles a organizarse en el desarrollo del mismo.
- **Elección de grupos:** los alumnos se organizarán en grupos de 4 (excepcionalmente de 5) personas que se mantendrán durante todo el cuatrimestre. Este número de alumnos resulta adecuado para abordar un diseño de un proyecto de una complejidad media/alta. La selección de los miembros se hará de forma aleatoria, simulando la situación habitual de un entorno de trabajo laboral, donde generalmente no es posible elegir a los miembros de tu equipo de trabajo. Los alumnos se asignarán diferentes roles a la hora de realizar el proyecto, los cuales irán cambiando a lo largo de las diferentes fases del mismo. Dado que el número de integrantes del grupo es superior al número de roles definido, puede haber más de un alumno desarrollando el mismo rol de forma coordinada. La asignación de los diferentes roles quedará recogida en el cuaderno de trabajo.
- **Definición del proyecto:** los alumnos elegirán libremente la temática del proyecto, si bien debe cumplir con un nivel de complejidad que permita integrar los diferentes conceptos que se incluyen en la materia de la asignatura.
- **Resolución de cada nivel proyecto:** cada grupo resolverá el proyecto para cada uno de los niveles (definición, físico, lógico y aplicación) elaborando un documento escrito para cada uno de ellos.
- **Puesta en común y debate de cada nivel del proyecto:** los portavoces realizarán una exposición oral de la solución propuesta para cada nivel del proyecto delante del profesor y de los otros grupos de compañeros. A este proceso de exposición le seguirá un pequeño debate donde se aportarán mejoras y recomendaciones al proyecto que los alumnos deberán recoger e implementar en la solución final del proyecto.
- **Resolución final del proyecto:** Cada grupo presen-

tará su trabajo definitivo a través de un documento escrito y elaborando un poster, en el cual se resumirán las ideas fundamentales del proyecto, las cuales se expondrán oralmente al resto de grupos de compañeros.

- Evaluación: la evaluación de la resolución final del proyecto de forma oral será evaluada por el profesor de la asignatura, por otros grupos de alumnos y por profesores externos a la asignatura, obteniendo una valoración que se complementará con la valoración del documento escrito del proyecto realizada por el profesor de la asignatura.

El desarrollo del proyecto por parte de los alumnos debe realizarse de forma mixta, fuera del aula (el desarrollo del documento escrito y la preparación de las exposiciones orales del proyecto), para lo cual se emplearán las horas de trabajo fuera del aula especificadas en la guía docente, y en la propia aula (exposiciones orales y evaluación por compañeros), dentro de las horas de problemas contempladas en la planificación de la asignatura. De esta forma, la carga de trabajo del alumno se adecuará a la especificada en la guía docente.

### 3. Resultados

La aplicación de la metodología de ABP en la asignatura de ARC se llevo a cabo a lo largo de cinco sesiones presenciales de dos horas en los espacios dedicados a seminarios/problemas. Adicionalmente, los estudiantes reportaron un total de entre seis a diez horas de dedicación por miembro del grupo para completar cada una de las fases del proyecto. Estas horas incluían tanto reuniones de todo el grupo (30 %) como trabajo individual (70 %). Cada grupo presentó un listado final con los miembros y horas dedicadas de forma individualizada con el fin de poder valorar el esfuerzo y realizar un presupuesto realista del coste del proyecto. Todos los miembros de cada grupo realizaron al menos una presentación oral al resto de la clase, lo cual ayudó a mejorar las competencias de comunicación oral y presentaciones frente a un público. Así mismo los grupos recibieron la evaluación de sus compañeros para fomentar competencias de autoevaluación. En general los grupos demostraron una rápida adaptación a la metodología de ABP y desarrollaron sus presentaciones e informes dentro del tiempo establecido y con una calidad aceptable. Todos los grupos realizaron estudios adicionales de la literatura para poder completar el proyecto, especialmente del equipamiento de red, ya que no forma parte de los objetivos teóricos de la asignatura.

Desde el punto de vista del docente, se requirió la

Cuadro 1: Medias de puntuaciones recibidas (1-5)

Titulación	Teoría	SP	EP	Proy.	Alumnos
GII	2.31	3.81	-	3.25	25
GIET A	2.51	3.88	2.35	3.53	30
GIET FA	2.80	4.01	2.70	4.20	40
GIT	3.20	4.10	2.90	3.98	25

GII: Grado Ingeniería Informática

GIET: Grado de Ingeniería de Telecomunicación

GIT: Grado de Ingeniería Telemática

elaboración de una serie de guías para ayudar a los grupos a plantear y desarrollar sus proyectos. Este material adicional fue exclusivo para el proyecto. Entre otros puntos, se especificaron las fases y contenido de las memorias del proyecto, el estilo, formatos, y los tiempos de entrega. Asimismo, las fases de seminario cobraron especial importancia para poder ofrecer re-alimentación (*feedback*) específica a cada grupo y ayudarles a completar con éxito sus proyectos.

Las puntuaciones asignadas en cada uno de los apartados de la asignatura están en el rango de 0 a 5 puntos. El Cuadro 1 muestra los apartados considerados en cada una de las titulaciones, así como las notas medias obtenidas por los alumnos en cada uno de ellos. La columna etiquetada como 'Teoría' muestra las calificaciones medias obtenidas por los alumnos en los exámenes individuales de teoría, realizados al final de cuatrimestre. La columna etiquetada como 'SP' muestra las calificaciones medias obtenidas por los grupos en las sesiones de prácticas. La columna etiquetada como 'EP' muestra las calificaciones medias obtenidas por los alumnos en el examen individual de prácticas, realizado al final del cuatrimestre. Finalmente, la columna etiquetada como 'Proy.' muestra las calificaciones medias obtenidas por los grupos en el proyecto de la asignatura.

El Cuadro 1 muestra que en todas las titulaciones se obtiene una nota significativamente superior en los apartados evaluados por grupos (sesiones de prácticas y proyecto) que en los apartados evaluados individualmente (exámenes prácticos y de teoría). Esto demuestra una mayor motivación e implicación de los alumnos en los trabajos en grupo y en concreto en proyectos en los cuales se presentan problemas similares a los del mundo real.

La figura 1 y la figura 2 muestran, a modo de ejemplo, las puntuaciones globales obtenidas por los cinco proyectos realizados en el grado de Ingeniería Informática (GII), Ingeniería Electrónica de Telecomunicación (GIET) y en el grado de Ingeniería Telemática (GIT), respectivamente. Las puntuaciones reflejan la califica-

ción media de todas las sesiones destinadas a presentar las distintas partes del proyecto (especificaciones de usuario, diseño físico, diseño lógico, etc.) obtenidas por cada grupo de alumnos que realizaba un proyecto concreto. Para cada grupo hay 2 valores: la puntuación media otorgada por el profesor y la puntuación media otorgada por el resto de alumnos de la clase. La puntuación del resto de alumnos se realizó también de forma grupal; los miembros de cada grupo consensuaban una nota para el resto de grupos en cada sesión, en base a las presentaciones realizadas por estos y en base a las respuestas y discusiones surgidas después de cada presentación.

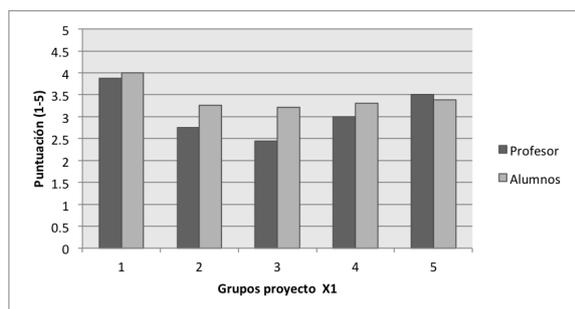


Figura 1: Puntuaciones obtenidas en cinco proyectos en el Grado de Ingeniería Informática.

Los resultados de la figura 1 muestran que tanto para el grupo 1 como para el grupo 5 las puntuaciones otorgadas por el profesor y por el resto de los alumnos son muy parecidas, sin diferencias significativas. Sin embargo, para los grupos 2, 3, y 4 se observa que las puntuaciones otorgadas por el profesor son significativamente inferiores a las otorgadas por el resto de alumnos. Es de destacar que estas diferencias se deben en su gran mayoría a que los grupos presentaban trabajos donde algunos de los aspectos evaluados (p. ej. claridad/precisión/corrección de las respuestas) eran claramente deficientes, bien por ausencia o bien por incorrección de los contenidos. Si bien estas deficiencias quedaban explicitadas durante la discusión, los alumnos tendían a no reducir la nota de sus compañeros. No obstante, a pesar de la diferencia en las notas del profesor y de los alumnos, ninguno de los grupos pidió al profesor, a pesar de que podían hacerlo, ni la revisión ni la discusión de las calificaciones otorgadas por el profesor.

Los resultados de la figura 2, muestran que, al igual que en la figura 1, las puntuaciones otorgadas por el profesor y por los alumnos son parecidas, sin diferencias significativas. Cabe destacar que en esta ocasión, todas las valoraciones realizadas por los alumnos son inferiores a las realizadas por el profesor. Este hecho puede justificarse debido a que, a diferencia de la evaluación realizada en el grado de Ingeniería Informática

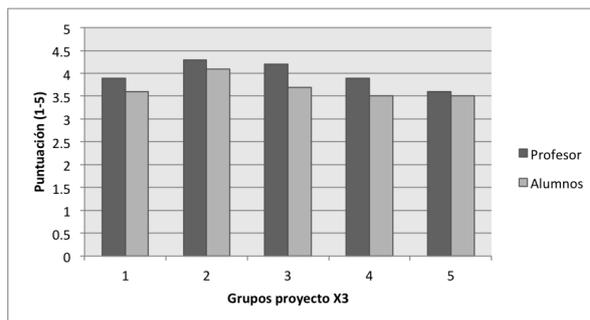


Figura 2: Puntuaciones obtenidas en cinco proyectos en el Grado de Ingeniería Telemática.

(figura 1), dentro de los parámetros de evaluación en el Grado de Ingeniería Telemática se incluía un apartado que valoraba la calidad de la evaluación de los alumnos, entendida como la diferencia entre la calificación asignada por el profesor y la otorgada por los alumnos. Si esta diferencia era muy grande, el grupo evaluador era penalizado en su calificación final. Este hecho parece haber provocado que los alumnos hayan tratado de realizar una evaluación objetiva, dejando de lado posibles amistades o diferencias con los miembros del grupo al que han evaluado, intentando ajustar su evaluación a la que iba a realizar el profesor.

Con el fin de analizar el trabajo de los proyectos desde un punto de vista más objetivo se realizó una evaluación múltiple para el grupo FA del Grado de Ingeniería Electrónica de Telecomunicación (ver figura 3). En este caso diez grupos de proyecto fueron evaluados por el resto de grupos (alumnos), el profesor de la asignatura (Prof. 1), el profesor de la misma asignatura en la titulación de telemática (Prof. 2), y un profesor externo de redes de telecomunicaciones (Prof. 3). En todos los casos los más críticos fueron los propios alumnos. La puntuación del profesor externo y el profesor de la asignatura fue muy similar con una diferencia media de 0.5/5 puntos.

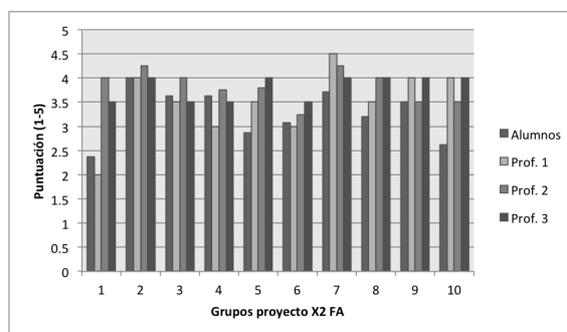


Figura 3: Puntuaciones obtenidas en diez proyectos del Grado de Ingeniería Electrónica de Telecomunicación.

Finalmente se evaluó la acogida de la metodología del ABP mediante una encuesta anónima que valoraba aspectos clave de la asignatura mediante ocho preguntas que debían de ser puntuadas entre 1 y 4 (ver figura 4). La encuesta fue pasada a los dos grupos de grado de Ingeniería Electrónica de Telecomunicación y al grado de Ingeniería Telemática (65 alumnos en total contribuyeron). A continuación se incluyen las preguntas.

- ¿Qué opinión tienes de la metodología docente utilizada en las sesiones de teoría?
- ¿Qué opinión tienes del material utilizado y proporcionado por el profesor en las sesiones teóricas?
- ¿Consideras que los boletines tipo test utilizados al final de cada módulo ayudan a valorar tu asimilación de conceptos?
- ¿Te parece adecuado el trabajo en grupos para las prácticas, test y proyectos a lo largo del curso?
- ¿Qué opinas de la realización de un proyecto presentado por fases en la asignatura?
- ¿Te ha ayudado a asentar conocimiento o a aprender nuevos conceptos el desarrollo del proyecto?
- ¿Consideras que el proyecto te ha ayudado a mejorar tus habilidades de trabajo en grupo?
- ¿Crees que es positivo el uso de coordinadores para el desarrollo de las distintas fases del proyecto y las prácticas?

El material utilizado en las diferentes titulaciones es el mismo por lo que la variabilidad en las tres primeras preguntas se debe fundamentalmente a las exigencias subjetivas de cada grupo de alumnos. En general los alumnos del grado de Ingeniería Electrónica de Telecomunicación del grupo FA mostraron mejor acogida al método del ABP. Este grupo de alumnos es mayor en edad respecto al resto de grupos y la mayoría de los alumnos ya se han incorporado al mundo laboral. Dada su experiencia su acogida es muy positiva. En media, todos los grupos puntuaron con un 3/4 el material y la metodología desarrollada.

## 4. Discusión

La evaluación del aprendizaje basado en problemas conlleva las dificultades inherentes a la evaluación individual de cualquier actividad grupal. La iniciativa, capacidad de trabajo y la motivación de las distintas personas que componen un mismo grupo de trabajo pueden ser muy distintas, y ello hace que el aprovechamiento de esta estrategia sea muy dispar dentro de los individuos que conforman cada grupo. Ello resulta en que el rendimiento en pruebas individuales de algunos alumnos cuyos grupos han realizado trabajos de alta calidad es sorprendentemente bajo. Para evitar este

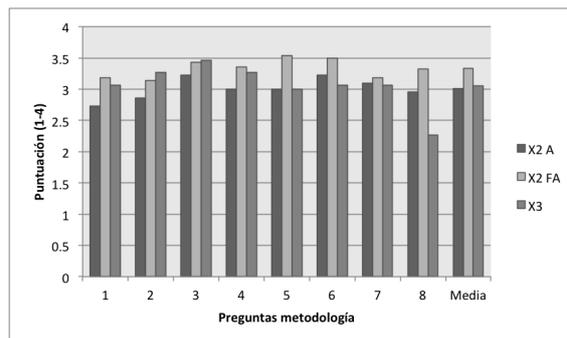


Figura 4: Encuestas anónimas sobre metodología docente en los grupo de los grados de Ingeniería Electrónica de Telecomunicación y Ingeniería Telemática.

tipo de problemas es necesario asegurar que todo el grupo ha profundizado en algunos conceptos teóricos mínimos, y para ello se han realizado sesiones de presentación donde cualquier miembro del equipo puede ser preguntado por el público sobre cualquier concepto. Por otra parte, al premiar al auditorio (el resto de compañeros de la clase) con puntuación adicional por cada pregunta interesante formulada, el estímulo hacia el aprendizaje se extiende no sólo al grupo que presenta el ejercicio o sesión, sino al resto del alumnado.

No obstante, a pesar de estas técnicas de estímulo, la metodología ABP es proclive a permitir que algunos alumnos pasen la asignatura 'agazapados' en el grupo, sin haber contribuido significativamente. Para identificar estos casos, basta con hacer que cada miembro del grupo valore el trabajo del resto de miembros en una escala determinada. El promedio de dicha nota puede terminar la ponderación de la nota individual con respecto a la alcanzada por el grupo. Si los alumnos son conscientes de esta autoevaluación intra-grupo al comienzo del proyecto, les sirve de estímulo para evitar el problema.

## 5. Conclusiones

Se ha implementado la metodología de ABP en una asignatura del área de TIC, común a titulaciones de la Escuela de Ingenierías de la Universidad de Valencia. La aplicación de esta metodología ha demostrado ser beneficiosa para los alumnos, ya que ha permitido trabajar competencias específicas importantes tales como el trabajo en equipo o la comunicación oral. Los resultados obtenidos en las diferentes partes evaluables de la asignatura han demostrado una mayor implicación de los alumnos en los trabajos en grupo, si se compara con los resultados de carácter individual. La comunicación entre el alumno y el profesor ha demostrado una mayor fluidez y retroalimentación cuando se usa ABP

que en otro tipo de metodologías tradicionales. La percepción de los alumnos ha sido positiva, según indican las encuestas anónimas realizadas en tres grupos independientes (65 alumnos contribuyeron), al margen del profesor que impartiese la asignatura.

## 6. Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por la Universitat de Valencia (Finestra Oberta, UV – SFPIE\_FO12 – 80554).

## Referencias

### Referencias

- [1] H. Barrows and R. Tamblyn. *Problem-based Learning: An Approach to Medical Education*. Springer Publishing Company, 1980.
- [2] R Delesle. How to use the problem-based learning in the classroom. *ASCD*, pages 1–2, 1997.
- [3] F. Dochy, M. Segers, P. Van den Bossches, and G. Gijbels. Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13:533–568, 2003.
- [4] J. Molina, A. Garcia, A. Pedraz, and M. Anton. Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al metodo tradicional. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*, 3(2):79–85, 2003.
- [5] P. Morales and V. Landa. Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13:145–157, 2004.
- [6] J. Savery. Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *The Interdisciplinary Journal of problem-Based Learning*, 1:9–29, 2006.
- [7] H. Schmidt. Problem-based learning: rationale and description. *Medical Education*, 17:11–16, 1983.

## Competiciones de programación. Estímulo y salida laboral para los alumnos

Jon A. Gómez, Joaquín Planells, Assumpció Casanova, Mabel Galiano, Marisa Llorens, Germán Moltó, Francisco Marqués, Natividad Prieto, Francisco Álvaro, Antonio Barella, María José Castro-Bleda, Mercedes García, Álvaro Hermida, Carlos Herrero, Carlos D. Martínez-Hinarejos, Antonio Molina, Lidia Moreno, Joan Pastor, Moisés Pastor, Mario Rodríguez, Andrés Terrasa, Emilio Vivancos

Departament de Sistemes Informàtics i Computació  
Universitat Politècnica de València – 46022 València

{jon, xplanells, casanova, mgaliano, mllorens}@dsic.upv.es  
{gmolto, pmarques, nprieto, falvaro, tbarella}@dsic.upv.es  
{mcastro, mgarcial, ahermida, cherrero}@dsic.upv.es  
{cmartine, amolina, lmoreno, jpastor}@dsic.upv.es  
{mpastorg, mrodriguez, aterrassa, vivancos}@dsic.upv.es

### Resumen

Las competiciones de programación son un estímulo importante para los alumnos de informática. Durante los últimos años ha crecido el número de estas competiciones en su mayoría promovidas por grandes empresas con el propósito de reclutar alumnos brillantes.

La *International Collegiate Programming Contest* es la más antigua de ellas, promovida por la ACM y patrocinada por IBM. A la final mundial van los mejores equipos de cada una de las más de 90 competiciones regionales que tienen lugar por todo el mundo. La regional en la que pueden participar las universidades españolas es la *Southwestern Europe Regional Contest* (España, Italia, Portugal, Suiza, Francia y Austria). Esta regional fue organizada por la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València en su edición de 2012 y lo será también en 2013.

En este trabajo se presenta la experiencia de planificación de una regional, tanto a nivel organizativo como de planteamiento de los problemas para la competición. Asimismo, se destaca la importancia de este tipo de competiciones en cuanto al desarrollo de habilidades y destrezas en los alumnos, pues su dedicación a solucionar distintos tipos de problemas, combinando conocimientos de matemáticas con técnicas algorítmicas, les da una formación adicional que saben apreciar las grandes empresas. Algunos alumnos de la ETSInf que han participado en estas competiciones están en proceso o ya han sido contratados por empresas del sector como es Google.

### Abstract

Programming contests are a good stimulus for computer engineering students. These contests have experienced an expansion during last years thanks to the interest of big companies for hiring brilliant students.

The International Collegiate Programming Contest is the oldest one, promoted by ACM and sponsored by IBM. The ACM-ICPC World Final takes place every year, only the best teams can participate, which are selected from the ones who compete in the more than 90 regional contests celebrated around the world. Spanish universities can participate in the Southwestern Europe Regional Contest (Spain, Italy, Portugal, France and Austria). The 2012 edition of this regional contest took place in Valencia, organised by the School of Computer Engineering at the *Universitat Politècnica de València*. The 2013 edition will be organised in Valencia as well.

In this paper it is presented the experience of planning a regional contest, both from the point of view of organisation as from posing the problems. Additionally, it is pointed out the value of this sort of programming contests as they foster the development of some abilities and skills in students, because the time they spend solving problems where the knowledge of mathematical concepts and of algorithmic techniques is very important. This fact gives students a special training very appreciated by big software companies. Some former students from ETSInf who participated in international programming contests were hired or are in process of being hired by Google.

## Palabras clave

Programación, algorítmica, solución de problemas, salidas laborales.

## 1. Introducción

Las competiciones de programación van apareciendo progresivamente en el horizonte de los estudiantes de informática, con especial fuerza durante los últimos años, gracias al interés que han despertado en las grandes empresas de software. Éstas patrocinan la mayoría de las competiciones más conocidas internacionalmente. En algunas de estas competiciones la participación es únicamente presencial, como es el caso de la descrita aquí; en otras es remota durante las fases previas clasificatorias y presencial en la última fase.

El interés de las grandes empresas está bien definido: reclutar a los alumnos que destacan en este tipo de competiciones. Tal es el caso de exalumnos de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica* (ETSInf) de la *Universitat Politècnica de València* (UPV), que han sido contratados o están en proceso.

La más antigua de estas competiciones, con 37 ediciones, es la *ACM International Collegiate Programming Contest* (ACM-ICPC) [1]. Cada año se celebra la final mundial, en la que participan los equipos ganadores de cada una de las competiciones regionales que constituyen la fase clasificatoria. Para Europa existen actualmente cinco regionales, la *Southwestern Europe Regional Contest* (SWERC) [2] es la competición regional en la que pueden participar las universidades españolas junto con las de Italia, Portugal, Francia, Suiza y Austria.

Organizar este tipo de competiciones y preparar a los alumnos para su participación en ellas tiene como finalidad desarrollar en los alumnos involucrados destrezas y habilidades para afrontar problemas complejos de diversa índole, cuya solución requiere la combinación de diferentes fuentes de conocimiento, en especial de técnicas algorítmicas, y siempre con la eficiencia en el consumo de recursos como premisa de principio a fin. Actualmente, las grandes empresas se disputan a los alumnos que destacan en estas competiciones y el hecho de participar en ellas, aun sin destacar, es visto como algo muy positivo en los procesos de selección. Podríamos citar a muchas, pero son IBM, Google, Microsoft, Facebook, SAP y T-Systems, entre otras multinacionales, las que ofrecen puestos de trabajo bien remunerados para los alumnos con mayor destreza en programación, así como estancias durante los meses de verano.

Como profesores consideramos que focalizar el esfuerzo docente en mejorar el rendimiento del alumno

medio no debe estar reñido con facilitar el acceso a estas oportunidades a los alumnos destacados.

El resto del presente trabajo cubre en diferentes secciones los siguientes aspectos a destacar: una descripción de cómo se desarrolla una competición, la organización, la configuración del entorno de trabajo y del juez automático, la preparación del conjunto de problemas, el reparto de responsabilidades entre el personal involucrado, cómo los alumnos pueden entrenarse y, finalmente, las conclusiones.

## 2. ¿En qué consiste una competición de programación?

En una competición de programación en la que compiten varios equipos, o varias personas si es individual, el objetivo es resolver el mayor número de problemas dentro del tiempo establecido. En caso de empate a igual número de problemas se dirime por el tiempo utilizado. Cada vez que un problema es resuelto (aceptado por el juez automático) se acumulan los minutos utilizados en resolverlo, contando desde el inicio de la competición. Además, cada envío fallido penaliza unos minutos, 20 para el caso de la ACM-ICPC y sus regionales. Los minutos acumulados por envíos fallidos a cada problema sólo se computan cuando el problema ha sido resuelto, es decir, los minutos de penalización por envíos fallidos a un problema que un equipo no ha podido resolver no se acumulan.

<i>accepted</i>	AC
<i>compilation error</i>	CE
<i>memory limit exceeded</i>	MLE
<i>presentation error</i>	PE
<i>runtime error</i>	RE
<i>time limit exceeded</i>	TLE
<i>wrong answer</i>	WA

Cuadro 1: Veredictos que el juez automático emite tras evaluar cada envío.

Los motivos por los cuales un envío es rechazado son varios. El Cuadro 1 muestra los posibles veredictos. Es importante destacar que el veredicto TLE no implica que el código fuente enviado como solución al problema esté mal, sino que utiliza más tiempo de CPU del permitido para solucionar el problema en cuestión. El significado de MLE es análogo. Ambos límites son especialmente relevantes, pues no todas las soluciones correctas a un problema son aceptadas, únicamente las más eficientes. Este hecho convierte ciertos problemas aparentemente fáciles en auténticos retos. El código de error RE se da cuando el programa enviado falla durante su ejecución y PE se da cuando la solución está bien pero los datos no se presentan según el formato solicitado en el enunciado del problema.



Figura 1: Explicación de las soluciones a los problemas en SWERC 2012.

## 2.1. Desarrollo del evento

Una competición internacional como la SWERC se planifica para un fin de semana completo. Sábado: registro, charlas científico-técnicas de interés para los alumnos, sesión de prueba durante dos horas y cena. Domingo: competición, explicación en líneas generales de cómo se podía resolver cada problema y entrega de premios.

Durante la sesión de prueba, que sirve a los participantes para tomar contacto con el sistema, deben resolverse tres problemas muy sencillos. A los administradores les permite comprobar que todas las configuraciones funcionan correctamente y a los jueces humanos cerciorarse de que el juez automático funciona sin problemas.

La competición dura cinco horas y los participantes deben resolver hasta diez problemas. Durante las cinco horas el equipo de jueces humanos está controlando el desarrollo de la competición y comprobando los envíos de cada equipo participante. Sobre todo se revisan los envíos con el veredicto WA a efectos de comprobar que una buena solución no es descartada por un fallo en la preparación de los casos de prueba. Ésta es la mayor preocupación del equipo de jueces humanos desde que empieza la competición hasta tener validada la clasificación final. También es responsabilidad de los jueces humanos atender las reclamaciones que puedan haber presentado algunos equipos. Y todo ello con apremio,

dado que la entrega de premios suele estar planificada para aproximadamente dos horas después de finalizar la competición.

Para añadir más emoción al evento, la clasificación pública que pueden consultar los participantes y el público en general se congela una hora antes de finalizar la competición. De esta manera hasta la entrega de premios nadie sabe el ganador ni la posición en la que finalmente han quedado los equipos.

En cuanto el equipo de jueces da por verificada la clasificación final otro equipo de personas se encarga de imprimir los diplomas con las clasificaciones para que estén en el momento de iniciar la entrega de premios. Al principio de la ceremonia de entrega de premios se explican posibles estrategias de solución de los problemas. La Figura 1 muestra varios de los jueces explicando cómo solucionar uno de los problemas. La Figura 2 muestra el salón de actos momentos antes de la entrega de premios.

## 3. Organización

Organizar una competición de programación internacional en la que participan equipos de varias universidades implica varios aspectos adicionales con respecto a la organización de congresos. Uno de estos aspectos es el conjunto de problemas cuyos detalles se explican en la siguiente sección. Otro aspecto es la in-



Figura 2: Momentos antes de la entrega de premios en SWERC 2012.

infraestructura y la dependencia que de ella se tiene. La infraestructura incluye los ordenadores que utilizarán los equipos participantes durante las cinco horas de la competición más el sistema de jueces automáticos. Un fallo durante la competición puede ser motivo de suspensión y aplazamiento, lo que implicaría la preparación de un nuevo conjunto de problemas.

### 3.1. Configuración de los ordenadores

Los ordenadores que se utilizan como puestos de trabajo durante la competición son ordenadores de escritorio convencionales, los mismos utilizados en las prácticas de laboratorio pero configurados para no disponer de acceso a Internet salvo al juez automático. Su configuración es igual a la de los ordenadores que actúan como jueces automáticos, con la misma versión de los compiladores para los lenguajes permitidos. Estos ordenadores se instalan y configuran con el sistema operativo Linux, incluyendo los editores de programas y entornos de desarrollo integrado más utilizados y, por supuesto, los compiladores. También se instala en local toda la ayuda y documentación necesaria y permitida durante la competición, básicamente la *Java API Documentation*, los manuales en línea de la *C++ STL* y los de las librerías estándar de *C/C++*.

Todos los puestos de trabajo deben prepararse igual, es decir, deben ser réplicas de una única instalación. Para evitar periodos de espera excesivamente largos en caso de que falle un ordenador es mejor disponer de dos ordenadores por cada equipo participante, uno de ellos de reserva.

### 3.2. Juez automático

El sistema que actúa como juez automático se compone de un servidor más diez jueces. El servidor, al que acceden los participantes desde sus puestos (cada uno con su usuario y contraseña), contiene la Web que sirve de interfaz y la base de datos. Los diez jueces son ordenadores con la misma configuración excepto el servicio Web, pero sí contienen una réplica de la base de datos. Se configuran para solicitar continuamente tareas pendientes al servidor, por cada tarea reciben el código fuente, lo compilan y lo ejecutan contra todos los casos de prueba y envían el veredicto al servidor.

El sistema de comprobación automática, formado por estos once ordenadores más la infraestructura de la red, es el punto más crítico durante la competición. Un fallo durante las cinco horas puede ser un desastre. El personal técnico encargado de administrar los servidores pasa por una situación de estrés considerable, pues todo su trabajo de preparación realizado durante los meses anteriores depende de que no falle ningún componente.

El sistema de juez automático utilizado ha sido el *DOMjudge* [3], desarrollado en la Universidad de Utrecht. Es libre, gratuito y de código abierto.

### 3.3. Equipo humano

Aunque ya han sido citados los jueces humanos y los administradores del sistema, para que todo salga bien hace falta un gran equipo humano cuya colaboración es indispensable. El equipo humano se distribuyó

en distintas responsabilidades según muestra el Cuadro 2, varias personas estuvieron a cargo de más de una responsabilidad y/o colaboraron en varias tareas. Por ejemplo, los redactores de los problemas fueron también los jueces humanos, un equipo de personas que se reunió periódicamente desde unos cuatro meses antes de la competición para tener el conjunto de problemas bien definido y probados todos los casos de prueba. Los coordinadores del evento trabajaron en varias tareas, todas ellas preparadas también con varios meses de antelación, como la impresión de carteles y pósters, las camisetas, los diplomas acreditativos, los identificadores, las bolsas con regalos y material publicitario, las medallas y su diseño, etc. El registro y la vigilancia de las aulas donde se realizó la competición fueron las tareas que más personas involucraron mientras estuvieron activas. Otra tarea que requirió gran esfuerzo fue la preparación de todas las listas necesarias para tener identificados a alumnos competidores, profesores entrenadores, acompañantes, invitados, representantes de empresas patrocinadoras y los roles enumerados en el Cuadro 2.

Director competición
Jefe de jueces humanos
Jueces humanos
Redactores de los problemas
Administradores de sistemas
Coordinadores del evento
Responsables del registro
Alumnos voluntarios
Comité asesor

Cuadro 2: Distribución de responsabilidades.

## 4. Conjunto de problemas

El conjunto de problemas es quizás la parte más complicada de organizar en una competición de programación de carácter internacional. El nivel de los participantes varía, como es lógico, pero es bastante alto. De hecho, la dificultad media de los problemas supera con creces lo que se imparte habitualmente en las titulaciones de informática. Todo el que participe con intención de quedar entre los primeros puestos debe entrenar duro.

Nº problemas	Nivel de dificultad
2	Bajo
3	Medio
3	Alto
2	Muy alto

Cuadro 3: Niveles dificultad entre los diez problemas.

La dificultad de los problemas se distribuye según se indica en el Cuadro 3. El objetivo es que casi todos los equipos puedan resolver al menos un problema y al mismo tiempo evitar que ningún equipo acabe antes de las cinco horas. No se persigue que los resuelvan todos, sino que estén participando hasta el final. Los problemas de nivel bajo están pensados para que cualquier estudiante universitario medio sea capaz de resolverlos. Debería ser capaz cualquier alumno de tercer curso o superior. Los niveles medio y alto tienen por objeto ir clasificando a los equipos según capacidad de resolución de problemas y organización para el trabajo en equipo. Y como se ha comentado más arriba, el cometido de los dos más difíciles es evitar que ningún equipo acabe antes del tiempo reglamentario.

### 4.1. Tipología de los problemas

Los problemas que aparecen en este tipo de competiciones suelen versar sobre una o varias temáticas dentro de las Matemáticas, las Ciencias de la Computación y la Algorítmica. Excepto los dos más fáciles que, en muchos casos, admiten una solución simple o por fuerza bruta.

Ordenación
Algoritmos voraces
Simulación
Teoría de números
Combinatoria
Álgebra
Backtracking
Programación dinámica
Grafos
Geometría
Geometría computacional

Cuadro 4: Temáticas de los problemas.

El Cuadro 4 muestra la lista de temáticas que históricamente se utilizan en los problemas. Algunos de los problemas pueden requerir una solución que combine conocimientos de varias de estas temáticas. Aunque no figure como una temática, el uso de estructuras de datos avanzadas gestionadas eficientemente va implícito.

En algunos problemas es imprescindible utilizar técnicas algorítmicas avanzadas como son A\*, IDA\*, redes de flujo, etc. [9].

### 4.2. Entrenamiento

Los alumnos pueden entrenarse en distintos jueces automáticos activos las 24 horas. Los más utilizados son el *UVa Online Judge* de la Universidad de Valladolid [4], y la *USA Computing Olympiad* [5]. La ventaja

de este último es que cada usuario registrado va progresando individualmente subiendo niveles de dificultad. Para subir de nivel debe resolver todos los problemas del nivel anterior. Este sistema orienta al usuario mediante explicaciones sobre cómo abordar cada problema y, en caso de fallo, le muestra en qué casos de prueba falla su solución y cuál debería ser la salida (de especial interés para los principiantes). El otro juez, el de la UVa, reúne en su repositorio casi 3000 problemas y contiene los problemas de distintas ediciones de la ACM-ICPC, finales mundiales y regionales.

Existen competiciones periódicas en línea que sirven como entrenamiento y para prepararse las entrevistas de los procesos de selección. En cada vez más empresas tecnológicas de fuera de nuestro país se valora la participación en estas competiciones: TOPCODER [6], CODEFORCES [7] y Google code jam [8].

Además, con objeto de propiciar la participación en estas competiciones, la ETSInf de la UPV, al igual que la Facultad de Informática de la Universitat Politècnica de Catalunya, tiene una asignatura de libre elección que inicia a los alumnos en la participación en las competiciones. El temario de la asignatura en la ETSInf sigue los contenidos del libro *Programming Challenges* [9], que dispone de una página Web asociada para facilitar la labor del profesor y el aprendizaje de los alumnos.

## 5. Salida laboral

Al margen de ser una buena experiencia para el equipo organizador, en las circunstancias actuales deben considerarse las posibilidades de promoción profesional que participar en la ACM-ICPC ofrece a los alumnos de informática, tanto si llegan a la final mundial como si participan en sus regionales, la SWERC por ejemplo. Y también si participan en otras competiciones como se ha comentado en la sección anterior sobre entrenamiento.

La experiencia de haber participado en la SWERC desde 2003 es positiva, algunos exalumnos de la ETSInf han sido contratados por Google y otros han realizado estancias durante el verano. Pero no únicamente Google, de hecho es IBM quien patrocina la ACM-ICPC, corre con todos los gastos de la final mundial y aporta la mayor parte de los fondos para las regionales. En el caso de la SWERC 2012 también fueron patrocinadores facebook, CORITEL y Tecsi-ble (propietaria del producto DialApplet).

Como se ha comentado en el resumen y en la introducción, el objetivo de estas empresas es reclutar a los alumnos más brillantes que han demostrado su interés y su capacidad en la resolución de problemas complejos como son los que se plantean en este tipo de

competiciones. También Microsoft patrocina competiciones de programación con el mismo propósito.

## 6. Conclusiones

En primer lugar, queremos destacar aquí la satisfacción de haber organizado un evento para estudiantes de grado y máster. Algo poco habitual debido al esfuerzo que supone para un número considerable de profesores y voluntarios cuando no se traduce como un mérito en el currículum.

El esfuerzo, desde el punto de vista organizativo, es muy superior al de un congreso científico por dos motivos. En primer lugar, la preparación de la infraestructura para que todo funcione a la perfección (no es viable retrasar unos días algo para lo cual se han desplazado casi 200 personas). Este hecho implica un alto nivel de estrés durante el evento a diferencia de un congreso, en el cual, prácticamente tras el arranque, todo se puede relajar. En segundo lugar, la preparación del conjunto de problemas que los participantes deben resolver. Cada problema debe estar bien definido, probadas varias soluciones en distintos lenguajes de programación, y comprobados los casos de prueba. El mayor temor del equipo de jueces es dar por mala una buena solución. El segundo temor más importante es que falle el ordenador que hace de juez automático. Durante cinco horas todo depende de que este ordenador no falle.

Finalmente, queremos destacar el apoyo recibido desde la propia Universidad y desde las direcciones de la Escuela y el Departamento, tanto a nivel de infraestructura como a nivel económico.

## Referencias

- [1] ACM-ICPC <http://icpc.baylor.edu>
- [2] Southwestern Europe Regional Contest <http://swerc.eu>
- [3] DOMjudge <http://domjudge.sourceforge.net>
- [4] UVa Online Judge <http://uva.onlinejudge.org>
- [5] USA Computing Olympiad <http://www.usaco.org>  
Portal de entrenamiento: <http://ace.delos.com/usacogate>
- [6] TOPCODER <http://topcoder.com/tc>
- [7] CODEFORCES <http://codeforces.com>
- [8] Google code jam <http://code.google.com/codejam>
- [9] Steven S. Skiena, Miguel A. Revilla. *Programming Challenges: the programming contest training manual*. Springer, 2003

# Metodología *on demand* para el desarrollo de la asignatura de Sistemas Operativos Avanzados

Xavi Canaleta, David Vernet y Joan Navarro  
Departamento de Ingeniería  
La Salle, Universitat Ramon Llull  
Barcelona  
{xavic,dave,jnavarro}@salleurl.edu

## Resumen

Este artículo explora la metodología *on demand*, que puede ser considerada una nueva faceta del Aprendizaje Basado en Proyectos (*Project Based Learning*). Esta metodología de aprendizaje está orientada a potenciar la pro-actividad del alumno en la adquisición de conocimientos y habilidades. La metodología *on demand* ha sido aplicada con éxito durante el curso académico 2011-2012 en una asignatura del Grado de Ingeniería Informática. Tanto los resultados académicos como la satisfacción por parte del alumnado son claramente contrastables con los resultados obtenidos en cursos anteriores siguiendo una impartición de la asignatura más tradicional. Finalmente, también se destaca que para la correcta implantación de esta metodología es imprescindible el soporte y la correcta utilización de un *Learning Management System* (LMS).

## Abstract

The aim of this article is to share our findings related to on demand methodology, which may be considered as a variation of Project Based Learning. This learning methodology aims to stimulate the pro-activity of the student in the acquisition of knowledge and skills. On-demand methodology was successfully implemented in a subject of the Computer Engineering degree in the academic year of 2011-12. There is a clear contrast between both the academic results and the satisfaction level of the students obtained on this course and those of previous courses in which more traditional teaching methods were used. Collected experiences underline how important the support and proper use of a Learning Management System (LMS) is in the correct implantation of on-demand methodology.

## Palabras clave

Aprendizaje basado en proyectos, tecnología en el aprendizaje, *learning by doing*, aprendizaje activo.

## 1. Introducción

Si se analizaran detenidamente diferentes ámbitos docentes universitarios o las diversas áreas de conocimiento, se podría constatar que los estudios de Ingeniería Informática no son, a priori, de los más teóricos en cuanto a sus contenidos se refiere. Es decir, la mayoría de las asignaturas que componen los planes de estudios contienen prácticas a realizar o bien una gran cantidad de problemas que forman parte de sus contenidos. En este entorno sorprende que a una cantidad nada despreciable de profesores les resulte preocupante la pasividad, o falta de pro-actividad, con la cual los alumnos afrontan el desarrollo de las materias.

Inicialmente se podría pensar que son las metodologías docentes basadas en clases magistrales las que causan pasividad en el alumno. Pero, actualmente, la mayoría de asignaturas aplican estrategias de aprendizaje cercanas al aprendizaje basado en problemas o en el aprendizaje basado en proyectos y aunque se atenúa la pasividad de los alumnos, ésta sigue estando presente. Quizá un exceso de guía por parte del profesor provoque el apatía del alumno en el proceso de aprendizaje. Cuando un alumno tiene que afrontar la realización de una práctica a menudo se le da desglosado el diseño y el procedimiento a seguir con todo tipo de detalles. Cuando debe resolver problemas con un exceso de celo se le facilitan las estrategias o pasos a seguir para su resolución. Esto puede conllevar que el alumno se acomode y su actitud sea la de esperar a que le digan qué debe hacer, en vez de ser él quien proponga o busque el camino a seguir.

Así pues, con el objetivo de fomentar la pro-actividad del estudiante y que éste sea el detonante de todo el proceso de aprendizaje [11], y no el docente, se diseñó la que se ha denominado metodología *on demand* para el desarrollo integral de asignaturas. Se pretende pues crear una implantación real de lo que se ha denominado Aprendizaje Activo.

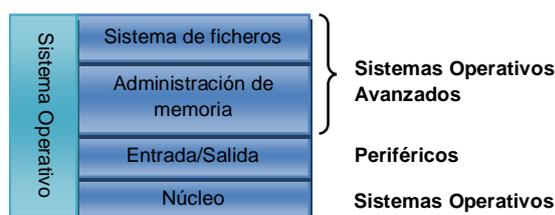


Figura 1: Relación entre contenidos y asignaturas.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera: primeramente, en el apartado de *Antecedentes*, se hace una descripción de la situación de la asignatura donde se aplicará la experiencia; seguidamente se desarrollará la explicación de la metodología *on demand*, en qué consiste y su método de evaluación. Seguidamente, se presentarán los resultados obtenidos para finalizar con unas conclusiones y líneas futuras.

## 2. Antecedentes

La experiencia docente que se va a describir se realizó en la titulación del Grado en Ingeniería Informática de La Salle, Universitat Ramon Llull de Barcelona. El plan de estudios determina que esta titulación está formada por 4 cursos académicos de 60 créditos ECTS cada uno, donde las asignaturas de los dos primeros cursos son anuales, mientras que las de tercero y cuarto de grado son semestrales.

En referencia al sistema de evaluación global cabe decir que cualquier asignatura, sea anual o semestral, tiene siempre dos convocatorias: la convocatoria ordinaria y la extraordinaria. Para las asignaturas anuales la convocatoria ordinaria se realiza en junio y la extraordinaria en julio, mientras que para las asignaturas semestrales la convocatoria ordinaria es en febrero o junio, dependiendo si se desarrollan durante el primer o segundo semestre, mientras que la extraordinaria siempre es durante el mes de julio. Con esto queda claro que un estudiante puede cursar una sola vez una determinada asignatura (sea anual o semestral) durante un año académico.

Un sistema operativo es una capa de software que se ejecuta sobre un hardware para ofrecer una serie de servicios. Dentro de la titulación de Grado en Ingeniería Informática existen tres asignaturas complementarias que se relacionan con las diferentes capas de un sistema operativo si nos basamos en el modelo de Lister [3]. Como se muestra en la Figura 1 en la asignatura de Sistemas Operativos se describe un sistema operativo en todas sus partes y se profundiza en el núcleo del sistema, haciendo especial énfasis en el multiproceso, la concurrencia y también los mecanismos de exclusión mutua y comunicación entre procesos. La asignatura de Periféricos se ocupa de los contenidos relacionados con el sistema de entrada y

Salida. Finalmente, el objetivo de la asignatura de Sistemas Operativos Avanzados será profundizar en los dos subsistemas restantes: el sistema de ficheros y el sistema de administración de memoria.

La asignatura donde se desarrolló la experiencia docente fue la de Sistemas Operativos Avanzados (SOA). Tiene una carga de 4 créditos ECTS y su duración es semestral. Se desarrolla en segundo semestre del tercer curso de grado. Los contenidos de la misma están detallados a alto nivel en el Cuadro 1.

Hasta el curso 2010-2011, SOA se impartía mediante clases magistrales combinadas con multitud de ejemplos y problemas. También se incluía la realización de una práctica de sistemas de ficheros donde se manipulaban volúmenes formateados en sistemas FAT y EXT2.

SISTEMAS OPERATIVOS AVANZADOS
<p><i>Tema 1: sistema de ficheros</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Estructura de los ficheros</li> <li>3. Métodos de acceso</li> <li>4. Estructura dels directorios</li> <li>5. Implementación de ficheros</li> <li>6. Administración del espacio libre</li> <li>7. Implementación de directorios</li> <li>8. Recuperación</li> <li>9. Sistemas FAT12, FAT16, FAT32 y NTFS</li> <li>10. Sistemas EXT2 y EXT3</li> </ol>
<p><i>Tema 2: sistema de gestión de memoria</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción.</li> <li>2. Direccionamiento y vinculación</li> <li>3. Asignación de memoria contigua</li> <li>4. Paginación</li> <li>5. Segmentación</li> <li>6. Segmentación paginada</li> <li>7. Memoria virtual</li> </ol>

Cuadro 1: Contenidos de SOA.

En lo que al sistema de evaluación se refiere se puede resumir en los siguientes puntos normativos:

- La asignatura constaba de dos partes diferenciadas: conocimientos (*Conoc*) y la práctica (*Pract*).
- La evaluación de los conocimientos y de la práctica era independiente. Para aprobar la asignatura era necesario aprobar conocimientos y práctica por separado.
- La nota final de la asignatura se calculaba a partir de la fórmula:

$$Nota\_Final = 60\% \cdot Conoc + 40\% \cdot Pract$$

- La nota de conocimientos se evaluaba a partir de la nota de exámenes (*NotaEx*) y la nota

de evaluación continua (*NotaAC*), según el cálculo:

$$\text{Conoc} = 75\% \cdot \text{NotaEx} + 25\% \cdot \text{NotaAC}$$

- La nota de exámenes se calculaba realizando la media aritmética de las notas de los dos temas:

$$\text{NotaEx} = (\text{ExTema1} + \text{ExTema2})/2$$

- Si el alumno no se presenta a cualquiera de los exámenes o bien no presenta la práctica no se aplican las fórmulas anteriores y se le califica como no presentado.

Tal y como se analizará con más detalle en el apartado de resultados, la valoración que hicieron los alumnos de la asignatura en las encuestas docentes fue satisfactoria (un promedio de 4.0 sobre 5). Pero en cuanto a resultados académicos, mientras que un 26% de los alumnos matriculados no se presentaron a examen, hubo un 71% de no presentados como calificación final en la convocatoria ordinaria de junio. Esto fue debido mayoritariamente a que un 61% de los alumnos no presentaron la práctica en esta convocatoria.

Así pues, un objetivo adicional íntimamente relacionado con la pro-actividad del estudiante fue intentar mejorar estos porcentajes de no presentados, fomentando que los alumnos realizaran la práctica durante el desarrollo normal de la asignatura y no en el período de convocatoria extraordinaria.

### 3. Metodología *on demand*

Focalizados en estos objetivos mencionados, se buscaron estrategias de aprendizaje basadas en proyectos. Este era el enfoque pero seguía preocupando que el seguimiento (*mentoring*) no provocara pasividad en el estudiante; que, habituados a esperar pautas para avanzar, fueran reactivos en vez de pro-activos.

Se empezó a recabar cierta información de experiencias parecidas que pudieran servir de guía. Primeramente se hizo una aproximación más genérica, analizando experiencias en las que se aplicaban metodologías docentes más activas con el objetivo de mejorar el rendimiento del alumno [5]. También se revisaron los fundamentos del aprendizaje basado en proyectos aplicado a la titulación de Informática [10]. Se buscaron referentes donde se detallan técnicas para la motivación del alumno (y del profesor) en la docencia centrada en el aprendizaje y no en la enseñanza [9].

Por otro lado se analizaron otros trabajos donde se describen acciones realizadas en el área de conoci-

miento concreta donde se enmarca la experiencia docente: sistemas operativos [1, 7].

Este momento de reflexión se mezcló con la celebración de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2012) donde una aportación de un profesor fuera determinante para la creación de esta estrategia. La referencia fue el libro de Donald Finkel llamado “*Dar clase con la boca cerrada*” [2]. Finkel propone una visión alternativa de la enseñanza. El objetivo de Finkel era el de fomentar una reflexión sobre las distintas formas en las que se puede organizar la enseñanza. No pretende reformar la educación en sí misma. Su objetivo es crear un espacio de diálogo sobre la enseñanza y el aprendizaje entre las personas interesadas en la educación.

#### 3.1. Enfoque y experiencia

Partiendo de la idea de Finkel de enseñar con la boca cerrada, la base de la metodología *on demand* es explicar contenidos o facilitar materiales si y sólo si el estudiante los solicita. En caso contrario la actitud del docente debe ser completamente pasiva.

De este modo, en la primera sesión de la asignatura el profesor expone que el objetivo de la asignatura es que el alumno consiga realizar satisfactoriamente dos prácticas: una sobre sistemas de ficheros y otra sobre administración de memoria. Si realiza los dos proyectos en el plazo convenido (con sus correspondientes informes) la calificación final será la calificación del proyecto. En caso contrario podrá entregar posteriormente el proyecto pero deberá realizar un examen de contenidos para cada uno de los proyectos no realizados dentro de los plazos establecidos.

Una vez comunicado el planteamiento inicial, claramente basado en un aprendizaje basado en proyectos, se establece como va a ser el desarrollo del mismo. Así pues se informa a los estudiantes que deben de realizar grupos de 2 ó 3 personas para el desarrollo de los proyectos y que las sesiones de clase estarán íntegramente dedicadas al desarrollo de los proyectos con el soporte del profesor y, en algunas sesiones, de algún monitor de prácticas.

Llegados a este punto se explica al alumnado que en las sesiones el profesor sólo actuará *on demand*. Es decir, que responderá a cualquier duda, dará cualquier tipo de explicación o facilitará cualquier tipo de material o recurso siempre que el estudiante lo pida. En caso contrario no hará absolutamente nada. La primera reacción del alumno suele ser una sonrisa de medio incredulidad con un claro pensamiento de “no será tanto”.

Pasados los 30 minutos dedicados a la explicación inicial, se entrega a cada estudiante una copia en papel y una versión en PDF del enunciado del primer proyecto. Durante el curso 2011-2012 donde se desarrolló la experiencia se llevaron a cabo los proyectos descritos en el Cuadro 2.

<i>Proyecto 1</i>	
Área	Sistemas de ficheros
Objetivo	Diseño e implementación de una aplicación en lenguaje C que permitiera copiar un archivo que se encuentre en un volumen de disco formateado en FAT16 a otro volumen de disco formateado en EXT2
Duración	7 semanas
Checkpoints	2 + entrega final
<i>Proyecto 2</i>	
Área	Administración de memoria
Objetivo	Diseño e implementación de un simulador de paginación para gestionar un sistema de memoria
Duración	7 semanas
Checkpoints	1 + entrega final

Cuadro 2: Descripción de los proyectos.

Los estudiantes dedican un cierto tiempo a leer el documento (en este caso unos 15-20 minutos) pero los requisitos técnicos resultan bastante incomprensibles para ellos. A partir de este momento se empieza a detectar la incomodidad de estar en una clase donde el profesor está en una actitud completamente pasiva y es el alumno que debe tomar la iniciativa. La primera intención de los estudiantes es dejar pasar el tiempo y esperar que el profesor actúe, pero visto que esto no sucede empiezan a notarse fuera de su zona de confort. Y, parafraseando a un conocido atleta de ultrafondo, la vida empieza cuando finaliza tu zona de confort.

Y, una vez se consigue crear el clima adecuado e iniciar la actividad, el resto ya fluye solo. Una vez pasada la primera sesión los alumnos ya vinieron preparados con un conjunto de preguntas concretas, dudas, peticiones de material, de recursos bibliográficos, etc. Las primeras sesiones empiezan siendo quizá más globales a toda la clase, ya que todos tienen dudas similares o las mismas necesidades de información. Pero en el transcurso del proyecto las demandas se individualizan y la atención para ser a nivel de grupo de proyecto. De aquí la necesidad de tener algún monitor de soporte para poder dar la atención necesaria. La figura del monitor de prácticas es un estudiante de cursos avanzados que tiene una beca para realizar tareas académicas de soporte docente a los profesores titulares. De este modo si el número de alumnos aumenta significativamente se puede atender a los estudiantes de manera eficaz sin

la necesidad de implicar a ningún otro profesor titular más.

Como se puede observar en el Cuadro 2, durante el desarrollo de los proyectos se establecen diferentes puntos de control (*checkpoints*) para poder consolidar el trabajo que va desarrollando el grupo y tener una evaluación formativa en el transcurso de la asignatura.

Cuando se llega a la fecha de la entrega final el grupo debe presentar la aplicación funcionando en su totalidad adjuntando un informe donde se detalla el diseño, implementación y testeo del programa. Los profesores evalúan el proyecto y, adicionalmente, realizan entrevistas personalizadas a cada uno de los miembros del grupo.

### 3.2. El rol de la tecnología

En este apartado se pretende explicar el importante papel que tienen las Tecnologías de la Información y comunicaciones (TIC) en el desarrollo de la metodología *on demand*. Sin ellas es bastante probable que este método no pudiera ser aplicado con éxito.

Pero, para los alumnos, las TIC también tienen un rol clave para el desarrollo y presentación de las actividades y proyectos asociados [8]. También es cierto que la tecnología ha transformado el concepto de aula [6] para distanciarla del entorno habilitado para la clase magistral tradicional.

Los sistemas de gestión del aprendizaje, más conocidos como *Learning Management Systems* (LMS) son también una herramienta básica de soporte a los estudios presenciales y más aún si estos utilizan *Project Based Learning* como metodología docente.

En este entorno se trabajó con *Moodle* como LMS de soporte. Para el desarrollo de la metodología *on demand* se usaron muchos de los elementos que este sistema pone a disposición del docente:

- Foros públicos para informar a los alumnos de temas logísticos.
- Foros privados para comunicación y soporte a cada grupo en el desarrollo de los proyectos.
- Espacios donde el profesor puede poner documentación diversa, enlaces y bibliografía, juegos de pruebas y todo tipo de recursos que el alumno solicite.
- Espacios de repositorio de contenidos para que los alumnos puedan depositar los entregables y tener retroalimentación de los mismos.
- Encuestas para realizar la valoración tanto de los profesores y asignatura como de aspectos más metodológicos.

Sin duda, la utilidad más importante para el profesor, para poder desarrollar con comodidad esta metodología, es la funcionalidad de poder ocultar cualquier recurso disponible de la vista del estudiante. De

este modo, el profesor puede preparar todos los recursos a utilizar en el proceso de aprendizaje (foros, documentación, juegos de pruebas, enlaces, etc.) y dejarlos no visibles al estudiante y mediante las peticiones que el alumno realiza ir mostrando los materiales solicitados. Este mecanismo ha permitido agilizar el desarrollo de la metodología *on demand* durante el curso 2011-2012.

### 3.3. Evaluación

La evaluación del aprendizaje también se ha adaptado al cambio metodológico aplicado. Así pues en este curso académico se aplicó la siguiente normativa:

- La asignatura consta de dos partes bien diferenciadas: la parte de conocimientos y la práctica para cada uno de los temas. La evaluación de la asignatura será independiente para cada tema.
- Para poder aprobar la asignatura será necesario aprobar el tema 1 y el tema 2 de forma independiente.
- La nota final de la asignatura se calcula mediante la media aritmética de los dos temas.
- Si el alumno durante el semestre desarrolla correctamente los proyectos, los entrega junto con sus informes en las fechas estipuladas y realiza las entrevistas individuales correspondientes de manera satisfactoria, la nota de los temas se calculará ponderando la nota de la práctica (50%), el informe presentado (20%) y la entrevista (30%).
- Si el estudiante no logra cumplir los plazos de entrega de cada uno de los proyectos, deberá realizar el examen del tema correspondiente. En este caso su nota se calculará realizando una ponderación a partes iguales entre la nota de dicho examen (50%) y la nota de la práctica (50%) cuando la entregue.

Como puede observarse, tanto el desarrollo de la metodología como la evaluación pretenden incentivar a que el alumno realice un aprendizaje continuo durante el transcurso del semestre, premiando este esfuerzo con la liberación del examen. En caso contrario siempre existe la opción de demostrar sus conocimientos mediante una prueba y entregar la práctica en la convocatoria extraordinaria.

## 4. Resultados

En este apartado se aportan datos comparativos tanto académicos como de valoración de los estudiantes recogidos entre los cursos 2010-2011, donde se realizaba una aprendizaje más tradicional, y el 2011-2012, donde se experimentó por primera vez con la metodología *on demand*.

En el Cuadro 3, se muestran los resultados académicos del curso 2010-2011 en un grupo formado por 38 alumnos. Aquí se puede observar que, siguiendo el método de enseñanza tradicional, los alumnos durante el semestre (convocatoria ordinaria) tienden a no entregar la práctica y dejar su desarrollo y entrega para la convocatoria extraordinaria. Casi un 30% del alumnado de la asignatura realiza la práctica en verano. Esto se percibe desde el punto de vista docente como un factor a mejorar, dado que el objetivo de la práctica es reforzar los conocimientos y asimilar los contenidos de la asignatura durante el proceso de aprendizaje. Si ésta se realiza con posterioridad se pierde efectividad.

<i>Ordinaria</i>	Práctica	Conoc.	Final
NP	61%	26%	71%
Aprobados	39%	55%	29%
Suspensos	0%	18%	0%
<i>Extraord.</i>	Práctica	Conoc.	Final
NP	29%	21%	39%
Aprobados	71%	71%	61%
Suspensos	0%	8%	0%

Cuadro 3: Resultados del curso 2010-2011.

Para poder analizar los resultados académicos del curso 2011-2012, primero se verán los resultados del Cuadro 4 que muestran las entregas de la práctica en el transcurso del semestre. Como se observa, el porcentaje de entregas antes de la fecha límite establecida fue muy superior que en el año anterior (69% y 81% en el 2011-2012 frente a un 61% en el 2010-2011). Pero más destacable es constatar que los estudiantes que no entregaron la práctica a tiempo y lo hicieron con posterioridad, consiguieron realizar la entrega dentro de la convocatoria ordinaria. De aquí que la Figura 1 refleje un 94% de prácticas aprobadas dentro de esta convocatoria (frente a un 39% en la convocatoria ordinaria de 2010-2011).

<i>Ordinaria</i>	Práctica 1	Práctica 2
A tiempo	69%	81%
Posterior	25%	13%
NP	6%	6%

Cuadro 4: Entrega de prácticas - Curso 2011-2012.

Y aún más énfasis cabe poner en el hecho que el 25% y 13% de alumnos que no pudieron realizar la entrega de las prácticas 1 y 2 respectivamente y, por tanto, tuvieron que hacer examen de los temas asociados a los proyectos 1 y 2, el 100% de estos estudiantes lo aprobaron. Esto constata que la asimilación de contenidos gracias a la realización de la práctica

garantizó la superación del examen en todos los casos.

La Figura 2 muestra la evolución de los resultados académicos en los dos cursos consecutivos. Los resultados de la convocatoria ordinaria de junio de 2012 son exactamente los mismos que los obtenidos en la convocatoria extraordinaria de septiembre de 2012, por lo cual éstos se han obviado. La mejora de los resultados académicos aplicando la metodología *on demand* ha sido manifiesta.

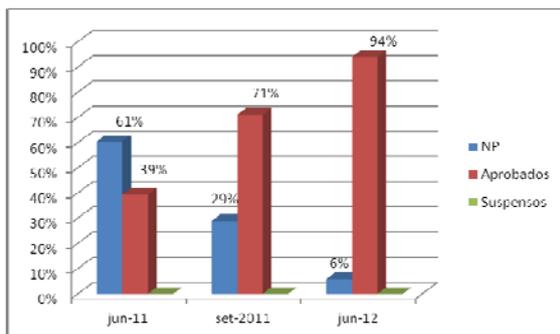


Figura 2: Comparativa cursos 2011 y 2012.

Finalmente se realizará un pequeño análisis de las encuestas de satisfacción del curso 2011-2012 para poder recoger la percepción del alumno frente la asignatura. Cabe decir que tanto en las entrevistas personales como en los informes de prácticas se recogió la opinión de los estudiantes sobre la metodología aplicada.

Pregunta	Valoración
Valora globalmente la asignatura	4,2
Valora la organización y planificación de la asignatura	4,3
Valora los materiales (documentación) usados en la asignatura	4,0
Valora la aplicación práctica (utilidad) de los contenidos	4,4
Valora la información proporcionada sobre la actividad docente (guía académica, criterios y sistema de evaluación, etc.)	3,9
Valora la adecuación de la carga de trabajo de la asignatura	4,3

Cuadro 5: Encuestas de valoración de 2011-2012.

El Cuadro 5 muestra los resultados de las encuestas realizadas a los 16 alumnos matriculados de la asignatura. La valoración global de la asignatura se mantiene con un 4,2 sobre 5 como satisfactoria (recordemos el 4,0 sobre 5 del curso anterior). Además de que las valoraciones son satisfactorias, un punto interesante a destacar es la percepción que tiene el alumno

de la carga que ha supuesto el cambio metodológico (4,3 sobre 5). Esto indica que a pesar de haber añadido una práctica más, se ha conseguido el equilibrio entre carga real que comporta de la asignatura y los créditos ECTS que tiene asignados.

Por último, es necesario comentar las aportaciones realizadas por los alumnos en los informes de prácticas y también en las entrevistas personales. Recolec-tadas de una forma menos formal, vale la pena indicar que los alumnos entrevistados aprueban completamente y por unanimidad el método aplicado durante el curso 2011-2012. De todos modos, hacen alguna puntualización a tener en cuenta. Los estudiantes consideran que la metodología *on demand* funciona de forma perfecta en el desarrollo del Tema 1, Sistemas de ficheros, mientras que para el Tema 2, Administración de memoria, sin dejar de ser correcto mayoritariamente no observan que aporte nada significativo en el aprendizaje del mismo. Es decir que el Tema 2 si se hiciera por el método tradicional ya funcionaría correctamente. Analizando los escritos y entrevistas, todo parece indicar que la práctica a desarrollar se percibe más como una práctica de estructuras de datos con conceptos de administración de memoria. Los estudiantes consideran que probablemente realizando problemas de la colección se podría llegar a tener la misma asimilación de los contenidos desarrollados sin la necesidad de realizar esa práctica.

De todas estas aportaciones y valoraciones se ha tomado nota para poder sintetizar las conclusiones y ver qué líneas futuras se trabajarán para el nuevo curso académico.

## 5. Conclusiones

A la vista de los resultados, se puede concluir que la metodología *on demand* provoca un cambio claro de actitud en el alumno en el proceso de aprendizaje, a la vez que mejora los resultados académicos y la percepción de los estudiantes de la asignatura. Dicha afirmación se realiza desde la prudencia de tener sólo un curso académico de experiencia donde se ha implantado esta metodología. Se espera constatar y confirmar los resultados obtenidos en el presente y futuros cursos académicos.

Aunque se puede considerar que los objetivos se han cumplido gracias a la nueva metodología implantada, es cierto que existen otros factores que pueden tener cierta incidencia en la mejora de los resultados. No de debe obviar un parámetro como es el número de alumnos. Podría ser que una disminución significativa del número de estudiantes (se pasa de 38 alumnos del curso 2010-2011 a 16 estudiantes del 2011-2012) pudiera favorecer un aumento en el rendimiento académico. De todos modos el número de monitores docentes de soporte está en función del

número de alumnos matriculados. Incluso así, el cambio de actitud de los estudiantes así como la percepción de los mismos en las encuestas de valoración es difícil relacionarlos con la disminución del número de alumnos en clase.

También es cierto que, como se ha comentado en diferentes ocasiones [4], no siempre las nuevas metodologías de aprendizaje son aplicables a cualquier entorno ni siempre mejoran *per se* los resultados. Así pues, quizá por la complejidad que presentan los contenidos de un tema como es la administración de memoria en un sistema operativo, usar una metodología basada en alguna clase magistral de explicación de conceptos combinada con un *problem based learning* se intuye como una solución igual de válida o mejor que la aplicada con la metodología *on demand*.

Finalmente, volver a constatar que el buen uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones dan un soporte indispensable para la implantación de métodos de aprendizaje activo.

## 6. Líneas futuras

Después de constatar las grandes mejoras en los resultados académicos obtenidos en la asignatura, la intención para el curso 2012-2013 es la de mantener la metodología *on demand* en la asignatura de Sistemas Operativos Avanzados. De todos modos, también se introducirá un cambio en la misma para poder analizar si las percepciones proporcionadas por los alumnos sobre el poco valor añadido que da la metodología para el tema de administración de memoria son acertadas. Durante el curso académico 2012-2013 se desarrollará el tema de sistemas de ficheros usando la metodología *on demand* mientras que el tema de gestión de memoria se aplicará un sistema más tradicional mezclado con *problem based learning*.

Otro aspecto no trivial a analizar es ver cómo afecta la configuración de los grupos a esta nueva metodología. La configuración de los grupos de trabajo actualmente es libre, pero en el modelo del aprendizaje basado en proyectos existen diferentes recomendaciones y formas de configurar los grupos de trabajo. Sería interesante poder explorar los resultados en función de dicha configuración.

Otro aspecto que se está ya estudiando durante el presente curso académico 2012-2013 es la evaluación de competencias. Concretamente, esta metodología estimula las competencias de gestión y planificación, las cuales no quedan reflejadas en el desarrollo de prácticas tradicionales. En este nuevo modelo el objetivo no es tan solo el de acabar la práctica sino, además de acabarla, el estudiante tiene que trazar su propio itinerario para adquirir el conocimiento necesario.

Finalmente, se están analizando otras asignaturas con sus respectivos contenidos para poder determinar si esta metodología de aprendizaje es aplicable y extender más su uso y tener más resultados para contrastar su efectividad.

## Referencias

- [1] M<sup>a</sup> Ángeles Díaz Fondón y Miguel Riesco Albizu, "De la lección magistral al aprendizaje activo: diseño de una actividad basada en PBL", Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2008), Granada, 2008.
- [2] Donald L. Finkel. *Teaching with your mouth shut*, Heinemann Education Books 2000.
- [3] Andrew M. Lister. *Fundamentos de los sistemas operativos*. Gustavo Gili, 1986.
- [4] Joan Navarro, Xavi Canalet, Xavi Solé, Marta Arce-Urriza y José Enrique Armendáriz-Iñigo, "A Critical Approach to Modern Learning Methods", Actas del XIV Simposio Internacional de Informática Educativa, SIIE, 2012, Andorra La Vella, Andorra.
- [5] Beatriz Otero Calviño, Jaume Martí-Farré, Ernest Garriga Valle, Arantxa Alonso Maleta, y Lluís Prat Viñas. "Una experiencia docente orientada a incrementar el trabajo personal del estudiante", Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2007), Granada, 2007.
- [6] Bob Pearlman, "New Skills For A New Century: Project-based learning teaches kids the collaborative and critical thinking abilities they'll need to compete", Edutopia magazine, Junio 2006.
- [7] Miguel Riesco Albizu y M<sup>a</sup> Ángeles Díaz Fondón. "Experiencia de uso de mapas conceptuales en la asignatura de Sistemas Operativos: dónde y cómo usarlos", Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2008), Granada, 2008.
- [8] Gwen Salomon, "Project-Based Learning: a Primer", *Technology & Learning*, 23 (6), 20-27, 2003.
- [9] Miguel Valero y Juan J. Navarro. "Una colección de metáforas para explicar (y entender) el EEES", Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2010), Pp.: 293-300, Santiago de Compostela, 2010.
- [10] Miguel Valero y Javier Garcia. "Cómo empezar fácil con PBL", Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2011), Sevilla, 2011.
- [11] Van Weigel, "Teach to learn. The next big thing", White Paper, Eastern University, 2003.



# Una experiencia de unificación de asignaturas para desplegar PBL (y las quejas que originó)

Cristina Barrado, Raúl Cuadrado, Luis Delgado, Fernando Mellibovsky, Enric Pastor, Marc Pérez, Xavier Prats, Jose I. Rojas, Pablo Royo, Miguel Valero

Departament d'Arquitectura de Computadors  
Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelló de la Plana

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC - Barcelona Tech)

{cristina.barrado,luis.delgado,enric.pastor,fernando.mellibovsky,xavier.prats,  
josep.ignasi.rojas,pablo.royo,miguel.valero}@upc.edu,  
cuadrado@ac.upc.edu,mpbatlle@ac.upc.edu

## Resumen

En esta ponencia se describen los aspectos esenciales de una experiencia de unificación de parejas de asignaturas con el objetivo de crear un escenario más adecuado para el despliegue de Aprendizaje Basado en Proyectos. Como guía para el repaso de esos aspectos esenciales se utiliza una carta que elaboraron los estudiantes de la primera edición para protestar por el funcionamiento de las asignaturas. El análisis de las quejas de los estudiantes puede ser de mucha utilidad para otros que se planeen retos similares.

## Abstract

This paper describes the key aspects of an experience of unification of pairs of subjects in order to create a more suitable scenario for deployment of Project Based Learning. To guide the review of these essential aspects we use a letter that students from the first edition wrote to protest against the organization of the subjects. The analysis of the complaints of the students can be very helpful for others who are planning similar innovations.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos, dificultades, organización de los planes de estudio.

## 1. Introducción

Si bien hace ya bastante tiempo que se usa en muchas universidades, el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) [4] ha merecido especial interés durante los últimos años en el marco del proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La razón es que PBL permite abordar de forma integral varios de los retos planteados en ese proceso (en particular, planificar la actividad de los estudiantes

dentro y fuera de clase, introducir elementos adicionales de motivación e incidir en el desarrollo de habilidades transversales tales como trabajo en equipo, aprendizaje autónomo o comunicación eficaz).

Sin embargo, PBL no es una estrategia fácil de aplicar ya que incluso las implementaciones más modestas implican una transformación significativa de la organización de al menos 5 o 6 semanas del curso [5].

Además, la aplicación aislada de PBL en una asignatura de pocos créditos (6 ECTS por ejemplo) dentro de un plan de estudios de 30 ó 40 asignaturas que usen metodologías más tradicionales, si bien puede ser positiva en el marco de la asignatura implicada, va a dejar probablemente escasa huella en la formación global del estudiante. Esa aplicación aislada puede generar incluso conflictos con las asignaturas del mismo nivel del plan de estudios, que compiten entre ellas por la dedicación de los estudiantes. Por otra parte, el aprendizaje por parte de los estudiantes de esta nueva forma de trabajar requiere un esfuerzo que solo da sus mejores frutos si existe una continuidad en el uso de los métodos de trabajo. Una asignatura pequeña y aislada corre el peligro de recoger únicamente las inevitables frustraciones de las primeras experiencias de trabajo en grupo, planificación de las tareas, etc.

El máximo beneficio de PBL se obtiene cuando el plan de estudios ha sido diseñado para facilitar su despliegue. Básicamente se requieren dos cosas:

1. Que existan asignaturas con un elevado número de créditos (por ejemplo, 12 ECTS) de manera que en la asignatura haya tiempo suficiente para trabajar los diferentes elementos de la metodología.
2. Que esas asignaturas grandes estén bien distribuidas a lo largo del plan de estudios, de manera que exista la necesaria continuidad para que los estudiantes puedan consolidar sus ha-

bilidades de trabajo en equipo, aprendizaje autónomo, etc., y sea posible cosechar en asignaturas avanzadas los frutos de la inversión realizada en asignaturas iniciales.

Lamentablemente ya puede afirmarse que el proceso de diseño de planes de estudio de grado y master en España no ha producido muchos ejemplos de planes de estudios con estas características (asignaturas grandes). Los planes que han resultado de ese proceso han vuelto a quedar excesivamente fragmentados, con asignaturas pequeñas y monotemáticas (matemáticas I, física II, informática III) con fronteras cuidadosamente trazadas para evitar conflictos interdepartamentales.

No obstante, de acuerdo con nuestra experiencia, un grupo de profesores dispuestos a intentarlo pueden desplegar un modelo PBL relativamente ambicioso (más ambicioso que el caso de una asignatura aislada) incluso sobre un plan de estudios con una estructura tan hostil como la que tienen nuestros planes de grado. Existen al menos dos enfoques posibles para ello:

1. Unir dos o tres asignaturas de un mismo cuatrimestre a efectos de matrícula, para garantizar que todos los estudiantes matriculados en cualquiera de ellas lo están también en las otras, dando así lugar a una asignatura más grande (por ejemplo, de 12 ECTS).
2. Desplegar el modelo PBL en una cadena de asignaturas a lo largo del plan de estudios (idealmente una asignatura en cada cuatrimestre) de manera que las asignaturas implicadas compartan criterios y objetivos competenciales, y las últimas de la cadena puedan recoger los frutos de la inversión hecha en las primeras.

Un grupo de profesores de las áreas de Ingeniería Aeronáutica y Arquitectura de Computadores de la Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-Barcelona Tech), hemos acumulado una cierta experiencia en ambas estrategias con resultados suficientemente satisfactorios. En este artículo trataremos el caso de la estrategia (a). En particular, en los planes de estudios de Grado en Ingeniería de Aeronavegación y Aeropuertos de la EETAC hemos experimentado con la unión de dos parejas de asignaturas (cada pareja formada por una asignatura de ingeniería aeronáutica y una asignatura de informática), para dar lugar a dos asignaturas consecutivas de 12 ECTS cada una de ellas, con el objetivo de facilitar el despliegue de PBL.

En esta ponencia analizaremos algunos aspectos preliminares de la experiencia, que aún está en vías de consolidación. Como guía para ese análisis usaremos una carta que los estudiantes de la primera edición de la primera de las asignaturas de 12 ECTS enviaron a la dirección de la escuela para protestar

por la organización de esa asignatura. La carta describe perfectamente la mayoría de los problemas que pueden aparecer en una experiencia similar. Por lo tanto, el análisis de esa carta puede ser una información magnífica para ayudar a otros que intenten el mismo camino.

## 2. Contexto

En esta sección se describe brevemente la organización de las asignaturas implicadas en el experimento. Se darán únicamente aquellos detalles que permiten contextualizar el contenido de la carta que se tomará como punto de partida para el análisis de la experiencia.

### 2.1. Las asignaturas

La experiencia que se describe implica a 4 asignaturas de los grados de Aeronavegación y Aeropuertos, impartidos en la EETAC. Las asignaturas Tecnología Aeroespacial (TAE) e Informática 1 (INF1) pertenecen al segundo cuatrimestre (cuatrimestre 1B) y las asignaturas Infraestructuras del Transporte Aéreo (ITA) e Informática 2 (INF2) al tercer cuatrimestre (2A).

En el plan de estudios oficial estas asignaturas aparecen como independientes, de manera que, sobre el papel, los estudiantes pueden cursar una de ellas sin necesidad de cursar simultáneamente la otra asignatura del mismo cuatrimestre. Para facilitar el despliegue de PBL, se pidió a la dirección de la escuela que las asignaturas quedasen emparejadas a efectos de matrícula. Es decir, los estudiantes deben matricular simultáneamente TAE e INF1 en el cuatrimestre 1B y deben matricular simultáneamente ITA e INF2 en el cuatrimestre 2A. De esta manera se garantiza que todos los estudiantes están matriculados de ambas asignaturas de la pareja. Esto ha dado lugar, de hecho, a dos asignaturas de 12 ECTS cada una que por claridad en la exposición denominaremos TAE+INF1 e ITA+INF2.

### 2.2. Planificación

Cada una de las asignaturas de 12 ECTS requiere una dedicación por parte del estudiante de 20 horas semanales (12 ECTS x 25 horas/ECTS = 300 horas distribuidas a lo largo de 15 semanas). De las 20 horas semanales, habitualmente 6 son de clase, organizadas en dos sesiones de 3 horas cada una. Algunas semanas se imparte una sesión extra de clase de dos horas. En resto de tiempo hasta las 20 horas semanales corresponde a actividades que los estudiantes realizan fuera de clase.

Para cada una de las 15 semanas del curso existe una planificación detallada de las actividades y entregables (deliverables) a realizar durante la semana.

<p><b>Session 3a (Oct 9th)</b>  <b>1h</b> Air Traffic Simulator demo and doubts resolution (<b>teamwork control</b>)  <b>1h</b> Puzzle presentation  <b>1h</b> Individual exercise in C#  <b>TOTAL 3h</b></p>	<p><b>HomeWork 3a</b>  <b>5h</b> Puzzle: Individual preparation  <b>2h</b> More individual exercises in C#  <b>TOTAL 7h</b></p>
<p><b>Session 3b (Oct 11th)</b>  <b>1h</b> Homework review  <b>2h</b> IFR approaches lecture and exercises  <b>TOTAL 3h</b></p>	<p><b>HomeWork 3b</b>  <b>45m</b> Airspace classes self-assessment (II)  <b>3h</b> CNS and collision avoidance group presentations (T1.4)  <b>3h15m</b> IFR approach charts analysis exercise  <b>TOTAL 7h</b></p>

 **Week 3: Student guide**  
 **Deliverable #3.1: (Individual) Exercise**  
 **Deliverable #3.2: IFR charts**

Figura 1: Ejemplo de planificación de actividades y entregas de una semana.

La Figura 1 muestra un ejemplo correspondiente a la semana 3 de ITA+INF2. La planificación especifica las actividades a realizar dentro y fuera de clase. Cada actividad tiene asociado un tiempo estimado de dedicación, de manera que los tiempos suman el total de 20 horas semanales. Los detalles de las tareas a realizar así como todos los materiales necesarios se encuentran en la guía detallada (Student guide). Habitualmente, las sesiones de los martes se dedican a temas de informática (sesiones Xa) y las sesiones de los jueves a temas de aeronáutica (sesiones Xb). En la asignatura ITA+INF2, algunos martes se trabajan temas de aeronáutica porque ITA tiene 7,5 ECTS mientras que INF2 tiene solo 4,5 ECTS.

En ITA+INF2 las entregas correspondientes al trabajo encargado el martes (Homework Xa) debe estar listo antes del martes siguiente mientras que las entregas correspondientes al trabajo encargado el jueves (Homework Xb) deben estar listas para el jueves siguiente. En la asignatura TAE+INF1 esto es así solo durante la primera mitad del curso. En la segunda mitad, cuando entra en juego el proyecto, las entregas siempre deben estar listas para la sesión siguiente, porque todas las sesiones son ya de seguimiento del proyecto, con independencia de si son sesiones de martes o de jueves.

### 2.3. Los proyectos

Uno de los retos más importantes de la experiencia es diseñar un proyecto interdisciplinar en cada una de las asignaturas, que sea percibido como ambicioso para los estudiantes y conectado con su posible realidad profesional futura, aunque los resultados no tengan calidad profesional (después de todo, son estudiantes de primer y segundo año). Además, el proyecto debe requerir el aprendizaje de los temas aeronáuticos e informáticos correspondientes a las asignaturas implicadas. Esta es una cuestión compleja porque no todos los temas van a estar implicados en el proyecto al mismo nivel. Mientras algunos se trabajarán en profundidad, otros se tratarán de forma

más superficial, dados los requerimientos del proyecto. Es necesario, por tanto, tener cierta flexibilidad a la hora de valorar la importancia de cada uno de los temas de los temarios de las asignaturas.

La descripción detallada de los proyectos queda fuera del alcance de esta ponencia, porque no es necesaria para comprender la naturaleza de las quejas de los estudiantes. En todo caso, hacemos un breve resumen a continuación.

El proyecto de TAE+INF1 consiste en la investigación de un accidente aéreo, del que se van obteniendo datos de manera progresiva. Precisamente el análisis de los datos recibidos requiere su tratamiento informático previo, lo cual es la motivación para el aprendizaje de los aspectos básicos de la programación de ordenadores.

El proyecto de ITA+INF2 consiste en la realización de un conjunto de tareas propias de los responsables de los servicios de aeronavegación de una zona determinada (estudios de impacto de la introducción de nuevas tecnologías, evaluación de capacidades de aeropuertos, diseño de procedimientos de navegación, servicios de control aéreo y simulaciones de tráfico como soporte a operaciones de regulación). En este caso la informática interviene a través del diseño de las herramientas de simulación de tráfico y la implementación de los algoritmos de regulación.

### 2.4. Formación de grupos

En ambas asignaturas los grupos son de 4 estudiantes. Este es un número adecuado (3 también lo hubiese sido). Grupos más pequeños no permitirían abordar proyectos mínimamente ambiciosos y en grupos mayores sería difícil conseguir interdependencia positiva (es decir, que todos los miembros del grupo sean necesarios para el éxito del proyecto) [2].

En la asignatura TAE+INF1 los grupos se forman de manera aleatoria. Aunque esta política no entusiasma a los estudiantes (que, en general, prefieren elegir a sus compañeros de grupo) no es difícil convencerles de que de esta manera se simula la situa-

ción real en la que deben formar equipo con personas que no necesariamente han elegido.

Por el contrario en ITA+INF2 son los estudiantes los que eligen a sus compañeros de grupo. De esta manera, si el grupo funcionó bien en TAE+INF1, normalmente continuarán juntos para consolidar sus habilidades como grupo. Y si funcionó mal los estudiantes tendrán la posibilidad de elegir a los compañeros con los que enfrentarse a la segunda experiencia de trabajo en grupo.

## 2.5. Temario a través de puzle

En ambas asignaturas una parte importante del temario nuevo que se necesita para el desarrollo del proyecto se trabaja a través de un puzle [1]. El material de estudio está dividido en cuatro bloques razonablemente independientes. Cada miembro del grupo se especializa en uno de los cuatro temas, aprende ese tema con la ayuda del profesor y de miembros de otros grupos que han estudiado el mismo tema y finalmente enseña su tema a los compañeros de grupo.

## 2.6. Método de calificación

En ambas asignaturas el método de calificación combina los elementos siguientes:

- *Entregas*: los estudiantes pueden obtener uno o dos puntos (sobre 10) por el mero hecho de realizar todas las entregas del curso a tiempo (algunas son entregas individuales y otras en grupo). Pero si no se realiza al menos el 80% de las entregas entonces el estudiante suspende la asignatura.
- *Proyecto*: un porcentaje de alrededor del 50% de la calificación se asigna a la calidad del proyecto realizado (calidad del código, informes, presentaciones orales, etc.). Para obtener esa parte de la calificación normalmente se tiene en cuenta: la calidad de versiones preliminares de los productos del proyecto (10%), la calidad de la versión final de esos productos (25%) y la calidad de las respuestas individuales que dan los estudiantes en los controles de trabajo en grupo (*teamwork control* como el que se indica en la Figura 1) en relación al trabajo que están realizando (15%). La calidad de estas respuestas no solo afecta a la nota individual del estudiante sino que también afecta a la nota de sus compañeros de grupo. De esta forma se contribuye a introducir interdependencia positiva.
- *Exámenes de conocimientos básicos* (un 30% ó 40%). En cada asignatura se han identificado los conocimientos básicos que todos los estudiantes deben adquirir y sin los cuales no pueden superar la asignatura, por muy bien que esté el proyecto y aunque hayan entregado todo a tiempo. Estos conocimientos básicos toman la forma de unos 8 ejercicios que cada estudiante debe realizar co-

rectamente de forma individual en alguna de las varias oportunidades que se les da durante el curso. El resultado de nuestros exámenes no es, por tanto, una calificación entre el 0 y el 10 sino la lista de ejercicios de conocimientos básicos no resueltos correctamente y que deben volver a repetirse en la siguiente oportunidad.

- *Evaluación subjetiva* (10%). Esta componente recoge valoraciones que realiza el profesorado en relación a la actitud, nivel de participación, etc., de cada estudiante. Se trata a menudo de información un tanto subjetiva pero valiosa, y que sería injusto no usar al calificar al estudiante.

## 3. La carta

Reproducimos a continuación la carta que los estudiantes que participaron en la primera edición de TAE+INF1 enviaron a la dirección de la escuela para poner de manifiesto su disconformidad con la organización de la asignatura. La carta se reproduce prácticamente de forma literal<sup>1</sup>.

“Los y las estudiantes de primero del Grado en Ingeniería de Aeronavegación exponemos nuestro desacuerdo con la organización de las asignaturas INF1, TAE, INF2 e ITA.

Los motivos son los siguientes:

1. La relación que nos obliga a ser aptos de las asignaturas de informática y al mismo tiempo de las asignaturas del ámbito aeroespacial para poder aprobarlas ambas, lo cual obliga a repetir la matrícula de las dos en caso de haber suspendido una. Es una medida poco coherente ya que son asignaturas de ámbitos que no guardan ninguna relación entre sí, por más que sean igualmente importantes en la ingeniería.
  - El hecho de compartir clases y entrecruzar los horarios solo hace que aumentar la confusión de los estudiantes por lo que respecta a los contenidos y al cumplimiento de las entregas.
  - El hecho de tener ocho profesores que se combinan de manera muy diferente durante las sesiones de clase produce una descoordinación que aumenta también la confusión.
  - Pensamos que no tener la libertad de matricularnos por separado en cada materia o tener que repetir dos asignaturas en el caso de suspender una afecta gravemente a la organización personal de cada uno a la hora de decidir las asignaturas que va a cursar cada cuatrimestre.
2. El planteamiento de un proyecto de grandes proporciones (y de estructura poco clara, tal y como se explica más adelante) se ha hecho sin la sensibilidad suficiente ni el cálculo adecuado del esfuerzo que representa para los estudiantes.
  - Es incómodo en algunos casos no poder escoger el grupo base porque ha habido un gran número de abandonos.
  - El alto porcentaje de la nota final que depende del proyecto, junto con el hecho de bajar la nota del pro-

<sup>1</sup> Los autores desean dejar constancia de su agradecimiento a los estudiantes autores de esta carta, que nos dieron su permiso para hacerla pública en esta ponencia.

yecto en el caso de que los compañeros de grupo no respondan correctamente a las preguntas sobre el proyecto hace que gran parte de la nota dependa del trabajo de otros.

3. La organización de grupos, temarios y tareas es caótica y ha dejado mucho que desear por parte del equipo de profesores.

- Es un despropósito que la mitad de los temas del programa sean tipo puzle, en los cuales cada grupo o estudiante ha de buscar información por internet y deba enfrentarse con el examen sin que el tema haya sido explicado nunca en clase. También es un despropósito el hecho de colgar aleatoriamente material didáctico en el campus digital confiando en que los estudiantes por sí solos puedan leerlo y entenderlo, obviando cualquier clase teórica sobre esos temas.
- La poca claridad de las entregas, especialmente las del proyecto (así como las funcionalidades añadidas a última hora), nos obliga a no poder organizarnos pensando en otras asignaturas y a organizar nuestros horarios dependiendo completamente de estas asignaturas.

Por todo ello, pedimos:

- Que la comisión académica busque una solución para separar estas asignaturas y que sean completamente independientes en su evaluación y en las tareas a realizar.
- Que no se de una importancia superior al 20% o 30% al proyecto en grupo y que en ningún caso las notas individuales puedan depender del trabajo que realicen los otros compañeros de grupo.
- Que en ningún caso se dé un tema por estudiado por el mero hecho de ser un puzle. Los profesores deberían explicar todo el temario en la clase de teoría.
- Que en el caso de que se mantenga el método PBL exista un mayor compromiso por parte del profesorado en mantener la organización del trabajo y del proyecto semana a semana, poniendo el mismo esfuerzo que pone el estudiante en realizar las tareas

## 4. Análisis

En opinión de los autores, la lectura de esta carta ofrece una panorámica muy completa de la variedad de dificultades que tiene la experiencia. Analizamos a continuación el contenido para desgranar cada una de esas dificultades y realizar las observaciones pertinentes, con el objetivo de que otros que deseen emprender iniciativas similares conozcan de antemano las dificultades que pueden encontrar por el camino.

### 4.1. Unificar las materias

La queja pone de manifiesto, en primer lugar, que en la primera versión de la asignatura no se consiguió proyectar la idea de que ambas materias se unen en un todo en el que resulte imposible discernir dónde acaba la aeronáutica y dónde empieza la informática. De alguna manera, estaba claro que se estaba produciendo una unión de dos asignaturas que perfectamente podrían impartirse por separado.

La propia organización de la asignatura alimenta esa visión. Como se ha dicho antes, la sesión de los

martes se dedica a informática (con los profesores de informática) y la de los jueves a aeronáutica (con los profesores de aeronáutica). Y además, están muy claramente identificadas cuáles son las entregas del proyecto que corresponden a la parte aeronáutica y cuáles a la informática.

Sin duda, el proyecto tiene elementos que relacionan ambos mundos, pero en una primera versión esos puntos son escasos y no permiten ofrecer una visión tan integrada como sería deseable. Por tanto, este es uno de los primeros retos, y muy importante: conseguir una integración real de las materias implicadas. El reto no es nada fácil porque hay varios factores que lo dificultan. Entre ellos podemos mencionar los siguientes:

- No es fácil fusionar materias después de habernos esforzado durante años en trazar fronteras entre áreas de conocimiento, asignaturas y departamentos.
- Los profesores implicados en la experiencia dominamos (al menos inicialmente) unas materias pero otras no.
- La organización horaria actual (los martes clases de informática y los jueves de aeronáutica), que dificulta la integración, es por otra parte conveniente a efectos de reparto equilibrado y claro del trabajo entre el profesorado implicado.

### 4.2. Aprobar por separado

Los estudiantes se ven intimidados por la idea de que fallar en una de las partes implica repetir las dos, cosa que no sería así si las materias estuviesen en asignaturas separadas.

En su esencia, la queja está poco fundamentada, porque exactamente lo mismo pasa en una asignatura cualquiera que tenga varios temas. El estudiante puede suspender la asignatura porque no domina algunos de los temas, aunque domine el resto. Y nadie admitiría la queja de tener que repetir toda la asignatura habiendo realizado bien los ejercicios de una parte. En todo caso, la queja se sostiene por el hecho de que la asignatura es grande (12 ECTS) y todo el mundo sabe que es el resultado de la fusión de dos asignaturas que se habían previsto como independientes.

Este tipo de queja ha venido matizándose (hasta prácticamente desaparecer) en cursos siguientes por dos motivos. En primer lugar, haciendo de la necesidad virtud, la organización actual en la que aún no existe una fusión clara de las materias hace que no resulte difícil establecer criterios para determinar, en casos excepcionales, si un estudiante puede aprobar una de las dos partes y la otra no. En particular, si un estudiante supera todos los conocimientos básicos de una de las dos asignaturas del bloque y la calificación del proyecto es superior a 5 entonces aprueba esa asignatura y el curso siguiente solo tiene que repetir

la asignatura suspendida. Si bien esta medida es un tanto incoherente con el concepto que se pretende desarrollar, lo cierto es que hoy por hoy no resulta complicado hacer un plan específico para los estudiantes que solo tienen que hacer una de las partes (por ejemplo, venir a las clases de informática y hacer las tareas y entregas correspondientes a esa parte), cosa que además resuelve la problemática de los estudiantes que tienen una de las dos asignaturas convalidadas. Lógicamente, a medida que vayamos avanzando en la fusión de las materias (tal y como es nuestro deseo) será más difícil establecer este plan específico para los estudiantes que cursan sólo una de las dos partes.

El segundo motivo por el que la queja ha ido matizándose es que ha empezado a ponerse de manifiesto el fenómeno de la compensación. Es decir, algunos estudiantes superan el bloque (las dos asignaturas) por compensación, porque han trabajado muy bien una de las partes. Esos estudiantes hubiesen suspendido una de las dos asignaturas si las hubiesen tomado por separado, pero ahora han aprobado el bloque completo.

La Figura 2 muestra algunos datos correspondientes a uno de los últimos cursos. Estos datos no pueden considerarse aún muy representativos porque las asignaturas están en proceso de estabilización. En todo caso, permiten hacerse una idea del impacto de las medidas descritas. La tabla muestra que:

- El rendimiento en ambas asignaturas fue elevado (más del 80% de aprobados respecto a matriculados).
- El abandono fue bajo, especialmente si tenemos en cuenta que se trata de asignaturas de primeros cursos de una ingeniería, en los que normalmente el abandono suele ser elevado.
- El porcentaje de estudiantes que se benefician de la compensación es elevado (llegando al 42,4% en ITA+INF2)
- En esta ocasión, un porcentaje elevado de estudiantes de TAE+INF1 aprobaron solo una de las dos partes. Este es el grupo de estudiantes que pudieron haberse sentido agraviados en el caso de que hubiesen suspendido todo el bloque por culpa de una de las dos asignaturas.

#### 4.3. Confusión en los horarios

Los estudiantes manifestaron confusión en los horarios y entregas. La confusión procede esencialmente de dos hechos. Por un lado, el proceso fue confuso para los estudiantes que solo tenían que hacer una de las partes (por convalidar la otra) y por tanto asistir a una parte de las sesiones y realizar solo una parte de las entregas. En la primera edición la información e instrucciones al respecto no fueron demasiado precisas.

	TAE+INF1	ITA+INF2
Matriculados	108	43
Matriculados solo en una de las partes	3	7
Aprobados	68	33
De entre los aprobados, los que aprobaron una de las partes por compensación	11	14
Aprobaron solo una parte	20	2
Suspendieron	20	8
De entre los suspendidos, los que lo hicieron por abandono	12	1

Figura 2: Algunos datos correspondientes al curso 2011-12 (segundo cuatrimestre).

Por otro lado, tal y como se mencionó en el apartado 2.2, en la primera edición de TAE+INF1, a mitad de curso se produjo un cambio en el régimen de entregas. Durante la primera mitad del curso las entregas eran para la semana siguiente y a partir de ese momento pasaron a ser para la sesión siguiente. Este cambio contribuyó a generar dosis adicionales de confusión.

En general, con una organización docente como la de nuestras asignaturas, que pretende conseguir un trabajo continuado de los estudiantes a lo largo del curso, con entregas frecuentes que permitan realizar un seguimiento de ese trabajo y un proceso de retroalimentación eficaz, es crucial disponer de un buen sistema para comunicar el plan de actividades, fechas y mecanismos de entrega, formas de canalizar el *feedback*, etc., para lo cual un campus digital adecuado es imprescindible. No es una cuestión fácil de resolver y nos ha costado un cierto tiempo dar con formas adecuadas y sostenibles.

#### 4.4. Muchos profesores

La confusión se intensificó por el hecho de que el número de profesores implicados era grande. En cierta forma, esto es inevitable porque la asignatura tiene un elevado número de créditos y requiere el esfuerzo de varios profesores. Pero la cuestión se vio agravada por el hecho de que el reparto en la impartición de las clases se hizo en parte en función de los temas. Es decir, el tema X lo imparte el profesor experto en ese tema.

Este planteamiento que puede ser muy eficiente en el caso de una organización docente basada en la impartición del temario, es inadecuada cuando se trabaja por proyectos, porque aunque pueda identificarse el periodo del curso en el que se va a trabajar más intensamente alguno de los temas, es imprescindible que el profesorado tenga una visión global y

continuada del trabajo de los estudiantes, y estos tengan claro cuál es el profesor que va a realizar el seguimiento de su trabajo.

Esta es una cuestión que ha tendido a mejorar porque a base de repetir el curso cada uno de los profesores implicados ha ido adquiriendo mayor conocimiento de todos los temas tratados en el proyecto y ha sido más fácil organizar el trabajo de forma que los estudiantes vean a menos profesores. En todo caso, puede ser interesante mantener la figura de profesor experto, que imparte alguna lección magistral sobre un tema determinado, pero que no tiene responsabilidad (o tiene una responsabilidad limitada) en el seguimiento de los proyectos.

#### 4.5. Organizar los horarios

La última queja en este primer bloque hace referencia al hecho de que asignaturas grandes hacen más difícil al estudiante organizar sus horarios. Esto es así y no tiene remedio. Cuanto más pequeñas son las asignaturas más fácil es acomodar los horarios a una agenda que puede tener severas restricciones (por ejemplo, si el estudiante trabaja). Y al contrario, asignaturas grandes son más difíciles de ubicar en los horarios.

#### 4.6. Cálculo del esfuerzo

En el segundo apartado de la carta, los estudiantes se quejan de que no se ha hecho un cálculo adecuado de la carga de trabajo. En cierta manera, la queja de tiempo de dedicación excesivo es inevitable, especialmente si la asignatura coexiste en el plan de estudios con otras cuyo nivel de exigencia en términos de dedicación sea menor. Este factor se ve acentuado por el hecho de que la asignatura tiene un volumen doble que el resto, cosa que con frecuencia olvidan los estudiantes al hacer su valoración.

Pero al margen de estas consideraciones, es cierto que en la primera edición de una asignatura no siempre se acierta en la estimación del tiempo requerido para realizar las tareas. Y la cosa es peor cuando hablamos no solo de tareas en clase sino especialmente fuera de clase.

Hay que decir que con el paso del tiempo no resulta difícil conseguir un ajuste adecuado en el tiempo de dedicación. Las reglas básicas para conseguirlo son:

- Asignar una estimación de tiempo a cada tarea (tal y como muestra la Figura 1).
- Establecer como regla del curso que no debe dedicarse a cada tarea más tiempo del establecido en la guía. Si en ese tiempo no se acaba la tarea, se toma nota de las dificultades, se pasa a la tarea siguiente y se discuten las dificultades en la clase siguiente con los compañeros y/o con el profesor.

- Tomar datos de tiempo de dedicación real cada semana mediante, por ejemplo, una plantilla en la que cada estudiante/grupo anota el tiempo dedicado. El seguimiento de esta información nos permite identificar tareas con estimación equivocada, o estudiantes que sistemáticamente necesitan más tiempo que el resto. En cualquier caso, es una información vital que bien usada permite conseguir el ajuste adecuado del tiempo de dedicación.

La aplicación de esas reglas debe combinarse con buenas dosis de flexibilidad para cambiar la planificación sobre la marcha, en caso de estimaciones incorrectas. Para facilitar estas re-planificaciones ha sido útil prever semanas con menor carga de trabajo que puedan jugar el papel de “juntas de dilatación”.

En la actualidad, la queja sobre mucho tiempo de dedicación se sigue manteniendo. Pero ahora ya tenemos evidencias de que siendo mucho tiempo, es el que corresponde a la asignatura en función de sus créditos ECTS.

#### 4.7. La nota que depende de los otros

Los estudiantes manifiestan su disconformidad con el hecho de que la nota individual de cada uno de ellos dependa en parte del rendimiento de sus compañeros de grupo. Efectivamente, esto es así por al menos dos razones. Si los compañeros de grupo no hacen su parte del trabajo en el proyecto, el resultado será de peor calidad, lo cual repercutirá en una menor calificación de cada uno de ellos. Pero además, el resultado de las respuestas de cada estudiante a las preguntas sobre el proyecto afecta en cierta medida a la nota que obtiene cada uno de sus compañeros de grupo. Tal y como se explicó en la sección 2.6, se pretende de esta manera introducir interdependencia positiva, lo cual es un elemento de motivación extrínseca que facilita la cohesión del grupo, de manera que unos ayuden a otros cuando sea necesario (cosa que la mayoría hace por iniciativa propia, con independencia de la existencia de esos mecanismos).

En cualquier caso, conviene ser consciente de que tales mecanismos pueden no ser bien vistos por parte de los estudiantes. Es necesario preparar una buena argumentación en el sentido de que el trabajo en equipo representa eso: que el éxito individual de cada uno de los miembros está vinculado al buen hacer del resto (los símiles con equipos deportivos son útiles para ejemplificar esta idea). La falta de interdependencia positiva hace más probable que cada uno de los estudiantes se preocupe de su parte del trabajo sin interesarse demasiado por el trabajo que deben realizar sus compañeros.

#### 4.8. Resistencia al autoaprendizaje

En el tercer bloque de quejas se pone de manifiesto la resistencia del alumnado al autoaprendizaje. Como

se indicó en la sección 2.5, una parte importante del temario se cubre mediante la estrategia del puzle. Los estudiantes perciben de forma negativa el hecho de que deban aprender los temas sin que el profesor los explique en clase, estudiando documentación que se pone a su disposición, y con ayuda de sus compañeros de grupo.

En parte la queja procede del contraste grande con la enseñanza tradicional en la que uno de los roles esenciales del profesor es explicar el temario. La costumbre hace que cuando no es así y se requiere un esfuerzo superior por parte del estudiante se produzca la queja, que incluso puede derivar en acusación de que el profesorado no está haciendo el trabajo para el que se le paga.

De nuevo, se trata de tener bien frescos los argumentos que justifiquen el por qué se organizan las cosas de esta manera. Por una parte, es importante estar en condiciones de justificar con solvencia que el trabajo del profesor es conseguir que sus estudiantes aprendan y desarrollen habilidades, entre las cuales, la habilidad de aprender de forma autónoma. Poco favor habremos hecho a nuestros estudiantes si al acabar nuestra asignatura siguen necesitando que un profesor les explique el temario antes de que puedan hacer nada con él.

Por otro lado, se sabe bien que una de las mejores cosas que puede hacer uno para aprender bien un tema es explicarlo a otro, cosa que está en la esencia del mecanismo del puzle.

Finalmente, la mecánica del puzle ayuda al estudiante a ejercitarse de cara a situaciones reales en las que con frecuencia se verá abrumado por la cantidad de información relativa al proyecto al que se incorpora, que tendrá que asimilar de forma autónoma.

#### 4.9. Poca claridad en las entregas

La queja sobre la poca claridad en las entregas está muy relacionada con la queja de la organización en general, y tiene que ver con los problemas habituales que ocurren la primera vez que se hacen estas cosas.

Pero conviene subrayar un aspecto de especial interés. Siempre que se pide una entrega, especialmente las que son más relevantes (por ejemplo, entregas importantes del proyecto con un peso significativo en la calificación de la asignatura) es esencial establecer con claridad los criterios de calidad, es decir, la descripción de las características que debe tener el producto que se entregue para que pueda considerarse que está bien hecho. Una buena forma de establecer con claridad los criterios de calidad es una rúbrica [3].

En algún caso pasó que los estudiantes debían hacer una entrega de un informe. La primera versión del informe decepcionó a los profesores porque estaba muy mal organizado, páginas sin numerar, sin conclusiones, etc. Muchos de los informes entregados

fueron rechazados de manera que los estudiantes tuvieron que repetirlos. Esto produjo frustración y más trabajo tanto para profesores como para estudiantes.

La cosa cambió en la segunda iteración, cuando se hicieron públicos los criterios de calidad del informe antes de que tuvieran que entregarlo. Esos criterios establecían con claridad todos los aspectos, algunos de ellos tan obvios que quizá no debería ser necesario explicitarlos a estudiantes universitarios. Sin embargo, en esa ocasión fueron muchos más los informes aceptables a la primera y mayor la satisfacción general con el resultado.

## 5. Conclusiones

La queja que se presenta en esta ponencia ofrece una panorámica muy completa de la variedad de dificultades que pueden aparecer en una experiencia como la descrita (unión de parejas de asignaturas para generar un escenario que facilite el despliegue de aprendizaje basado en proyectos). Algunas de las dificultades descritas se han ido solventando en ediciones posteriores de las asignaturas (por ejemplo, confusiones en horarios y planes de trabajo). Otras aún persisten porque no son fáciles de resolver (por ejemplo, conseguir una fusión real de las materias, a través de proyectos en los que se diluya la frontera entre la informática y la ingeniería aeronáutica). Finalmente, otras dificultades nunca se resolverán, porque son en realidad características de la metodología (por ejemplo, el hecho de que el mal rendimiento de un estudiante perjudique a sus compañeros de grupo). En cualquier caso, el análisis de dificultades que se presenta aquí puede ser una buena hoja de ruta para quienes deseen emprender aventuras similares.

## Referencias

- [1] E. Aronson, N. Blaney, C. Stephin, J. Sikes y M. Snapp, "The jigsaw classroom". *Beverly Hills, CA: Sage Publishing Company*, 1978.
- [2] R.M. Felder y R. Brent, "Effective Strategies for Cooperative Learning." *J. Cooperation & Collaboration in College Teaching*, 10(2), 69-75, 2001.
- [3] H. Goodrich, "Understanding Rubrics", *Educational Leadership*, 54 (4), pp. 14-18, 1996
- [4] T. Markham, "Project Based Learning, a guide to Standard-focused project based learning for middle and high school teachers", *Buck Institute for Education*, 2003.
- [5] M. Valero-García y J. García Zubía, "Cómo empezar fácil con PBL", *Actas de las Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENU)*, 2011.

# Aprendizaje activo basado en problemas

Carlos Álvarez, Agustín Fernández, Josep Llosa y Fermín Sánchez  
Departament d'Arquitectura de Computadors  
Facultat d'Informàtica de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya  
Barcelona  
calvarez, agustin, josepll, fermin @ ac.upc.edu

## Resumen

Durante años, los autores del presente trabajo hemos practicado diversos métodos para fomentar el aprendizaje activo de los estudiantes a partir de la resolución de problemas, tanto en clase como fuera de ella. Los últimos cuatro cursos hemos utilizado en clase de problemas de la asignatura una metodología que consiste en encargar a los estudiantes cada semana que resuelvan un pequeño conjunto de problemas que trabajarán en clase la semana siguiente. En clase, los juntamos en equipos de tres o cuatro personas, que discuten sus respectivas soluciones y entregan una solución de consenso al final de la clase. Esta solución se les devuelve corregida en la siguiente clase.

Los resultados recopilados durante estos cuatro cursos prueban que asistir y participar activamente en clase ayuda mucho en el aprendizaje, y que trabajar y pensar los problemas antes de ir, ayuda aún más, ya que permite aprovechar mejor las clases.

En estos cuatro años, el 78% de los estudiantes que realizaron al menos el 90% de los problemas aprobaron la asignatura por controles, sin necesidad de realizar el examen final, mientras que el 64% de los estudiantes que realizaron menos del 50% de los problemas no consiguieron superar la asignatura.

## Abstract

For years, the authors of this work have tried several approaches to promote active learning among our students by means of problem solving, both as homework and in class. During the last four courses we have used in our practice classes a methodology based on assigning, each week, the students a few problems to solve at home. Those same problems are later worked by the students in class, in groups of 3 or 4 persons that discuss their particular solutions and deliver a single consensus solution to the professor. The professor returns this group solution properly corrected in next theory class.

The results collected during these four courses show that attending and actively participating in class helps significantly in the learning process and that working

and thinking the problems at home in advance helps even more since the students take better advantage of the classes. For instance, 78% percent of the students that prepared at least 90% of the problems assigned passed the course by continuous evaluation without requiring a final exam, while 64% of the students that prepared less than 50% of the problems assigned failed to pass the course.

## Palabras clave

Aprendizaje activo, ABP, aprendizaje basado en problemas, resolución de problemas.

## 1. Introducción

Como profesores, en nuestras clases desarrollamos diferentes tipos de actividades en las que participan profesor y estudiantes, pero no en todas las actividades el grado de participación de los actores es el mismo. Por ejemplo, en las clases puramente magistrales la participación del profesor es casi absoluta, mientras que la de los estudiantes es marginal. En el estudio individual del estudiante, por el contrario, lo marginal es la participación del profesor, que se limita a resolver las dudas que hayan podido surgir al estudiante durante su estudio (aunque la resolución de dudas podría ser considerada una actividad diferente, por lo que la participación del profesor es aún más marginal).



Figura 1: Grado de participación de profesor y estudiantes en diferentes actividades de aprendizaje.

En la Figura 1 se presentan, a modo de ejemplo, el grado de participación de profesores y alumnos en diferentes actividades de aprendizaje.

Por otro lado, es de sobras conocido que la capacidad de retención de información, y por lo tanto de aprendizaje, depende del tipo de actividad realizada. Así, Lang y McBeath prueban en [6] que la actividad que más retención de información, y por ende aprendizaje, produce, es enseñar a otros, mientras que, por el contrario, asistir a una clase magistral produce una retención de información de apenas el 5% (aunque en algunos casos puntuales puede llegar hasta el 15%). Es decir, al cabo de un cierto (corto) tiempo, el alumno recuerda sólo un 5% de lo que escuchó en la clase magistral. La figura 2 muestra el nivel de retención de información para diferentes actividades de aprendizaje según Lang y McBeath.

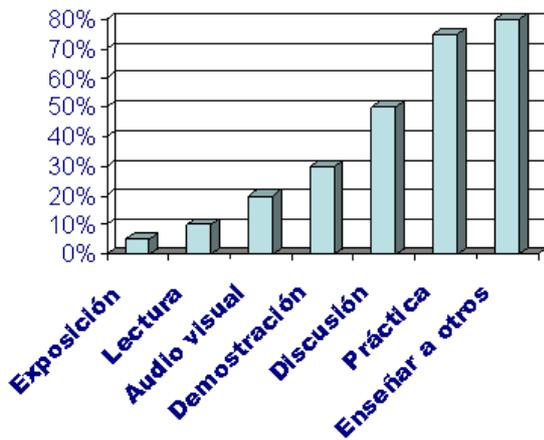


Figura 2: Nivel de retención de información para diferentes actividades de aprendizaje.

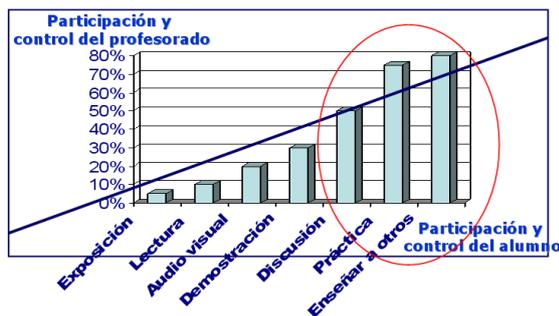


Figura 3: Comparativa entre participación del estudiante en actividades y nivel de retención de información.

Si comparamos las figuras 1 y 2 vemos que las actividades en las que hay mayor participación del estudiante son precisamente las que producen mayor nivel de aprendizaje, como se muestra en la figura 3.

Conscientes de que el grado de aprendizaje de los estudiantes mejora cuanto más se involucran en las actividades que realizan para aprender, los autores de este trabajo llevamos años probando sistemas para conseguir que nuestros estudiantes resuelvan semanalmente los problemas que les sugerimos en clase, de forma que alcancen un aprendizaje profundo de los conceptos trabajados en las clases más teóricas, en las que tienen menor participación.

En este artículo describimos los diferentes métodos que hemos desarrollado para conseguirlo y el método que usamos actualmente. Los resultados que hemos obtenido prueban no sólo que un alto porcentaje de nuestros estudiantes hace por fin los problemas que se les encarga, sino que existe una correlación directa entre la cantidad de problemas que resuelven y la probabilidad de aprobar la asignatura.

El resto del artículo se organiza del siguiente modo: en el apartado 2 describimos los diferentes métodos que hemos ensayado los últimos años para conseguir que nuestros estudiantes resuelvan los problemas, el apartado 3 describe el método que usamos actualmente, los resultados obtenidos se presentan en el apartado 4 y, finalmente, el apartado 5 concluye el trabajo.

## 2. El aprendizaje activo en clase de problemas

El nombre de la asignatura que impartimos no es relevante para las ideas presentadas en este artículo. Podría tratarse de una asignatura de arquitectura de computadores, inteligencia artificial, programación, sistemas operativos o cualquier otra disciplina de la ingeniería informática.

En la asignatura hay tres tipos de clases diferenciadas: teoría, problemas y laboratorio. Históricamente, en esta asignatura siempre se ha intentado fomentar un aprendizaje activo en todos los tipos de clases, con resultados desiguales que han guiado la evolución de la metodología docente empleada.

Lo que sí es relevante para el artículo es el método de evaluación. Existe la posibilidad de aprobar la asignatura mediante evaluación continua, sin necesidad de asistir al examen final. Para ello, durante el curso se hacen tres controles que valen respectivamente  $1/6$ ,  $1/3$  y  $1/2$  de la nota final de teoría. Los controles valen el 80% de la nota final, y el 20% restante sale de la nota de laboratorio. Los controles no liberan materia, de forma que en cada control se puede preguntar todo lo visto en la asignatura hasta ese momento. Los controles suelen estar formados por tres o cuatro problemas, algunos de ellos con contenido teórico, similares a los que los estudiantes discuten durante el curso en clase de problemas. El estudiante dispone de dos horas para resolver cada control.

Las clases de laboratorio se basan en prácticas realizadas en parejas de una hora de duración. Aunque la duración de las prácticas no es excesiva (dos horas permitiría realizar tareas de mayor envergadura), las sesiones de una hora permiten que la cadencia de las prácticas sea semanal, fomentando el trabajo continuado y que el alumno acumule conocimientos sin tener que “volver a empezar” cada dos semanas.

Con la idea de fomentar el trabajo activo, todas las sesiones de prácticas están estructuradas de la misma forma: los alumnos disponen con antelación suficiente (generalmente desde principio de curso) del enunciado de la práctica, que incluye un estudio previo que deben presentar manuscrito al entrar en el laboratorio. Para fomentar que realicen el trabajo previo, los datos de las prácticas cambian cada cuatrimestre y presentar el trabajo previo es requisito imprescindible para poder realizar la práctica.

Durante la hora de prácticas, los alumnos deben probar y corregir el trabajo realizado en el estudio previo, desarrollar el trabajo específico de la práctica y presentar un informe final que el profesor de prácticas evaluará con la ayuda de preguntas individuales realizadas a ambos miembros del grupo (la nota de laboratorio es individual). Esta evaluación es subjetiva por parte del profesor, tal como se propone en [1], es decir, el profesor pone la nota a cada alumno en función del trabajo que éste ha desarrollado en la clase de laboratorio y de la calidad del trabajo previo. En algunas prácticas se usa el informe que el grupo entrega al acabar la práctica (o unos días después).

La nota final de laboratorio es directamente la media de las notas de todas las clases de laboratorio. De esta forma los alumnos perciben que todas las clases son importantes, ya que no existe examen final de laboratorio.

Actualmente, las clases de teoría las imparte el profesor usando transparencias. Todos los grupos de la asignatura usan las mismas transparencias y dedican el mismo tiempo en clase a cada tema. Finalmente, en la hora de problemas, históricamente, el profesor resolvía problemas en la pizarra y aclaraba dudas.

Aprovechando el diseño de un nuevo plan de estudios en el marco del EEES, decidimos cambiar la organización de la asignatura, que hasta el momento tenía los tres tipos de clase mencionados: teoría, problemas y laboratorio. Los grupos de teoría eran muy grandes y se dividían en dos para hacer problemas, y en cuatro para hacer laboratorio. Con la nueva organización, en el marco del EEES, los grupos eran más reducidos, lo que nos permitió juntar las clases de teoría y problemas (ya no hacía falta dividir la clase en dos) para hacer problemas cuando el temario lo requiriese, y no cuando lo indicase el horario de la asignatura.

Durante un tiempo intentamos intercalar en las transparencias problemas sencillos de aplicación

directa (nivel 1 de la taxonomía de Bloom) para fomentar el aprendizaje activo. La ventaja de este método es que las clases magistrales se interrumpen cada diez o quince minutos para hacer un problema, lo que ayuda a que los alumnos mantengan la atención durante toda la clase. Sin embargo, este método no acabó de funcionar satisfactoriamente, desde nuestro punto de vista, por dos razones:

- no se puede ir más allá del nivel 1 de la taxonomía de Bloom en estos problemas sencillos, ya que se puede dedicar poco tiempo a ellos en clase y el objetivo de estos problemas es asentar conceptos acabados de explicar,
- muchos estudiantes decidían esperar a la corrección del profesor en lugar de realizar los problemas por sí mismos, por lo que no asentaban correctamente los conocimientos recién adquiridos.

Para paliar estos efectos, intentamos aplicar el uso de mandos interactivos [3] lo que, efectivamente, aumentó la participación. Aun así, la solución no fue tan efectiva como nos hubiera gustado, pues el uso de estos mandos limita la capacidad de respuesta de los alumnos a la elección entre un grupo de alternativas (prácticamente obliga a usar el tipo test).

Esta metodología docente mantenía algunos de los problemas ya observados al hacer ejercicios intercalados con la teoría. Teníamos dos opciones:

- Una alternativa era limitar los problemas a resolver ejercicios sencillos y relativamente rápidos ya que el uso de los mandos interactivos tiene un coste en tiempo añadido debido a la necesidad de repartirlos al principio de la clase y recogerlos al final. Esto podría evitarse si cada estudiante dispusiese de su propio mando desde el momento de su primera matrícula como sucede en algunas universidades americanas, pero no es la filosofía de nuestro centro. Con este sistema no podíamos, por tanto, alcanzar los niveles de comprensión y aplicación de la taxonomía de Bloom.
- La otra alternativa era dedicar mucho tiempo a permitir que los alumnos hicieran los problemas por su cuenta, con lo que se resolvían muy pocos problemas para la cantidad de contenidos de la asignatura y dedicaban en clase tiempo que podrían dedicar por su cuenta fuera de clase, desperdiciando a menudo la posible interacción con el profesor.

Así pues, decidimos volver a clases de teoría y problemas separadas, lo que nos permitía hacer una planificación más o menos estática del curso para distribuir, durante las clases de teoría “puras”, todos los conceptos de la asignatura. Esto facilitaba que todos los grupos de la asignatura avanzasen de forma bastante simultánea. Sin embargo, todavía debíamos

resolver el problema de implementar unas clases de problemas que implicaran aprendizaje activo. En el pasado ya habíamos ensayado diferentes métodos para conseguir que los estudiantes resolvieran los problemas por su cuenta (no copiasen la solución del profesor o, directamente, de alguna colección colgada en la red). Evidentemente, limitar la clase de problemas a que el profesor los resolviera en la pizarra no funcionaba en absoluto para ese fin, aún avisando con antelación de los problemas que se iban a resolver.

Una de las primeras soluciones probadas fue escoger para cada problema a un estudiante que resolvía el problema en la pizarra con la ayuda (o la interferencia, según el caso) de sus compañeros. El problema de este método radica en que su éxito está supeditado a la correcta elección del alumno que va a resolver el problema. Si el alumno había hecho una solución perfecta, no se generaba ninguna discusión y, si por el contrario, había hecho una solución totalmente incorrecta (o ninguna en absoluto) era muy difícil guiarle para que resolviera el problema en un tiempo razonable. Así pues, para escoger bien al estudiante había que mirar las soluciones de todos, pero eso sólo podía hacerse si el estudiante ya traía los problemas resueltos de casa (la cantidad de contenidos de la asignatura no permite dar a los alumnos tiempo en clase para resolver una cantidad suficiente de problemas significativos de un grado de profundidad más allá del nivel de conocimiento). La única forma de conseguir que el estudiante trajera los problemas resueltos en esta situación era, o bien premiarles por ello (puntuar los problemas resueltos para mejorar la nota de la asignatura) o bien castigarles (penalizarles la nota final si no los traían resueltos). Independientemente del hecho de que el sistema no era práctico, ya que implicaba corregir (o al menos mirar) todos los problemas de todos los alumnos cada semana, el efecto conseguido se limitaba a asegurar que los alumnos tenían una copia del problema resuelto antes de entrar a clase. Enseguida percibían que era muy difícil que de entre toda la clase les tocara justamente a ellos salir a la pizarra, y esta era la única situación donde realmente debían demostrar que lo habían hecho.

En la literatura existen muchas experiencias, sobre todo en el ámbito técnico, que es el que nos ocupa, que demuestran una alta correlación entre la cantidad de problemas resueltos de una asignatura y las notas finales de la misma. Sin embargo también numerosos estudios [7] ponen de manifiesto que los estudiantes tienen tendencia a no realizar un seguimiento adecuado de los problemas de la asignatura, bien por desidia o bien porque ante una serie de trabajos a realizar siempre perciben como los más importantes aquellos que conducen directamente a la obtención de una nota. Incluso cuando se les plantea la posibilidad de obtener la corrección de los problemas de forma automática (sin contar para la nota), la cantidad de

problemas que resuelven de forma efectiva no es tan alta como sería deseable [4,7].

Por si esto fuera poco, también se ha demostrado que resulta vital que los alumnos obtengan una realimentación de los problemas que realizan para que el proceso de aprendizaje resulte efectivo [2]. Este tipo de realimentación debe ser individual y rápida [5], y esto no es fácil de conseguir cuando se dispone de clases llenas de alumnos y pocas horas de problemas, e incluso de poco tiempo para realizar las tareas de corrección.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, hace tres años que pusimos en práctica un método para conseguir que los estudiantes realizasen semanalmente un conjunto de problemas fuera de clase y lo discutiesen durante las clases de problemas. El método se describe en la próxima sección.

### 3. Nuestra propuesta

La propuesta que aquí se describe se ha realizado con el soporte de la escuela donde se imparte. Aunque los requisitos no son excesivos, sí que es vital que los grupos-clase no sean excesivamente numerosos, de forma que se pueda realizar un trabajo relativamente personalizado y el trabajo del profesor fuera del aula se mantenga dentro de unos límites razonables. Además, el aula donde se realiza la clase debe permitir remodelarse con facilidad para el trabajo de los alumnos en pequeños grupos.

El primer paso para realizar esta actividad consiste en avisar con tiempo suficiente (generalmente en la clase de teoría de la semana anterior) de los problemas que deberán realizar los alumnos en su casa. Es importante que los problemas estén bien definidos; por ello, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Deben ser problemas relacionados con la teoría reciente.
- Su dificultad y extensión debe permitir discutir las dudas que generen en una hora (es decir, un alumno debería ser capaz de resolverlos empleando entre 1 y 3 horas).
- Deben cubrir los objetivos de aprendizaje del curso.
- Idealmente, además, deben ser problemas relacionados con la realidad, que “enganchen” a los alumnos a la materia.

Los alumnos deben llegar a la clase con los problemas resueltos. Habitualmente trabajan en grupos fijos (o que cambian sólo una vez o dos a lo largo del curso), de forma que tan pronto llegan a clase se agrupan y empiezan a discutir entre ellos la solución que han elaborado individualmente (de hecho cuando el profesor llega a clase, la mayoría de las veces los alumnos ya han formado los grupos y han comenzado a debatir, lo que demuestra su motivación). Los grupos son idealmente de tres personas y se forman al

principio del curso al azar (los crea el profesor) y, si es necesario, se ajustan si algún alumno falta reiteradamente dejando alumnos “huérfanos”. En caso de clases muy numerosas, los grupos pueden ajustarse al alza hasta cuatro o, como mucho, cinco integrantes (grupos más numerosos no funcionan bien).

Durante los primeros cinco minutos de la clase, el profesor realiza una inspección rápida para detectar si algún estudiante no ha hecho los problemas. Este alumno no puede discutir los resultados con sus compañeros, ya que no ha trabajado los problemas, así que es apartado del grupo y se le sienta aparte para que pueda resolver los problemas sólo. Esta situación es interpretada por los alumnos como un castigo, de forma que no suele repetirse. Si un alumno no hace los problemas con anterioridad, simplemente no viene a clase. De hecho se les avisa de que es preferible que no vengán si no han hecho el trabajo que se les ha pedido.

Una vez los alumnos están agrupados, uno de ellos (el responsable del grupo, que puede cambiar) se encarga de anotar en un papel cuántos de sus compañeros han venido y qué problemas ha hecho cada uno. En nuestra implementación de la clase, el responsable debe firmar la hoja de problemas resueltos y, aunque en realidad esta hoja no tiene mucho efecto en la nota y el profesor no suele comprobar su contenido, los alumnos se toman la tarea con mucha seriedad y no se ha detectado que mientan en los resultados.

Durante la hora de problemas, los alumnos discuten las soluciones que han realizado individualmente y cada grupo elabora una solución común. Los profesores de la asignatura, durante esa hora, se limitan a realizar una labor de asesoría, desencallando las discusiones que se atascan y aclarando conceptos que nadie del grupo comprende realmente, pero en ningún momento resuelven los problemas. Al finalizar la hora de problemas, el responsable de cada grupo entrega al profesor una única solución de cada problema que el grupo ha elaborado conjuntamente.

Una vez ha finalizado la clase, la tarea del profesor comienza de verdad. Debe corregir todos los problemas que le han entregado (idealmente antes de la siguiente clase de teoría), indicando claramente los fallos cometidos por cada grupo. Durante la siguiente clase de teoría, el profesor devuelve al responsable del grupo la hoja de resultados corregida y, si un porcentaje alto de la clase ha cometido los mismos errores en algún problema, el profesor comenta dónde está el error y puede llegar a resolver algún apartado individual, pero en ningún caso resuelve los problemas de forma completa. Nunca se dedican más de cinco minutos a comentar los problemas de la clase anterior (no ha sido necesario en tres años).

El trabajo del profesor para corregir los problemas no es excesivo. Un grupo de 45 alumnos (el tamaño normal de los grupos de nuestra asignatura) entregará

idealmente 15 soluciones. La gran ventaja del sistema es que la mayoría de las soluciones son correctas, de forma que tan solo suele ser necesario corregir los últimos apartados de los problemas (que siempre son los más complicados). Entre cinco y diez minutos por solución entregada son suficientes para poder corregir las soluciones con una realimentación adecuada.

El trabajo continuado en clase de problemas tiene una recompensa práctica a final de curso: aquellos alumnos que superan la evaluación continuada reciben una nota extra en función del volumen de problemas resueltos en casa indicado por el responsable de cada grupo. El incremento de nota sólo se aplica a los alumnos que ya están aprobados, y en ningún caso sirve para aprobar la asignatura a un estudiante que ha suspendido la evaluación continua. Esto se hace así porque, por un lado, se busca ofrecer una recompensa que gratifique a los alumnos que trabajan para motivarles pero, por otro, no queremos ofrecer una gratificación que les incentive a copiar los problemas. Con este sistema, los alumnos perciben que si copian suspenderán igual (entregar problemas resueltos no ayuda a aprobar) de forma que, o bien hacen la actividad para aprender, o simplemente no vienen a clase. La experiencia nos muestra que el sistema funciona sin necesidad de ninguna otra gratificación adicional.

A continuación se muestra una lista resumen con los pasos de la actividad:

1. Se propone semanalmente una lista de 2-3 problemas que el alumno debe resolver individualmente en 1-3 horas.
2. Los alumnos que llegan con los problemas resueltos se juntan en grupos de 3 ó 4 para discutir los problemas. Ellos mismos llevan el control de cuántos problemas resuelven cada clase.
3. Durante las discusiones el profesor actúa de “consultor”, resolviendo dudas pero nunca los problemas.
4. Cada grupo de alumnos acaba elaborando una solución común, que entrega al profesor.
5. Fuera de clase, el profesor corrige las soluciones de todos los grupos.
6. En la siguiente clase de teoría, el profesor comenta los errores comunes, si los hubiera, y devuelve los problemas corregidos.
7. Al final de curso, los alumnos que han aprobado reciben una subida de la nota a modo de “gratificación”.

En la Sección 4 se explican los resultados obtenidos con esta metodología los cuatro últimos cursos.

## 4. Resultados

Para analizar el impacto de la asistencia y el trabajo de los alumnos antes y durante las clases de problemas, se han acumulado datos durante 4 cursos para un total de 403 alumnos.

Durante estos 4 cursos la asistencia media ha sido del 72%, considerando tanto aquellos alumnos que no han asistido en todo el curso como aquellos que asisten regularmente, aunque se salten alguna clase de vez en cuando. En total han hecho, con anterioridad a las clases, el 58% de los problemas que se les ha propuesto. A los alumnos que no han asistido los hemos contabilizado igualmente con 0 problemas hechos. El hecho de que el número de problemas hechos en casa sea inferior a la asistencia no se debe, en general, a que los alumnos asistan sin trabajar previamente, sino más bien a que no siempre hacen todos los problemas propuestos.

El 36% de los alumnos ha aprobado la nota de teoría (T) por evaluación continua (media ponderada de los 3 controles que representa en total el 80% de la nota final). Una vez hecha la media con el laboratorio (20% de la nota), el número de aprobados se eleva al 47%. Una vez revisadas las notas, especialmente casos límite como 4,9, el total de aprobados oficiales por evaluación continua se eleva al 55%. Finalmente, una vez hecho el examen final de recuperación (al que sólo asisten los alumnos que no han aprobado por evaluación continua), la cifra de aprobados se eleva al 77,5% de los alumnos, con una nota media de 5,6.

Los resultados académicos han sido analizados con detalle en función de la asistencia de los estudiantes a clase y de los problemas resueltos. La figura 4 muestra la distribución de los alumnos según su índice de actividad. El eje horizontal representa el índice de actividad, donde 20 se corresponde al conjunto de los alumnos que han realizado entre el 0% y el 20% de asistencias/problemas, 40 indicaría al conjunto de los alumnos que han realizado entre 20% y 40% de asistencias/problemas y así sucesivamente. En rojo se

presenta el número de alumnos distribuidos según la asistencia a clase de problemas (num A), y en azul el número de alumnos distribuidos según los problemas resueltos de forma individual antes de la clase de problemas (num P). Nótese que ambos valores, asistencias y problemas, están fuertemente correlacionados, ya que a un alumno que no asiste a clase tampoco se le contabilizan los problemas, y un alumno que ha hecho el 100% de los problemas necesariamente ha asistido al 100% de las clases. La asignatura está diseñada pensando en que los alumnos harán el 100% de los problemas que se les proponen.

Dado que los problemas resueltos se corresponden con el tipo de ejercicios que aparecen en los controles, es de esperar que haya cierta relación entre el índice de actividad de los alumnos y sus resultados académicos respecto a la nota de teoría (T). La figura 5 muestra el porcentaje de aprobados de teoría en función de la asistencia T(A) y en función de los problemas hechos T(P). En la figura puede verse claramente la fuerte relación entre la asistencia T(A) de los alumnos y el porcentaje de aprobados; esta relación es aún mayor cuando se hace en función de los problemas resueltos individualmente T(P), lo que nos lleva a la conclusión de que *asistir y participar activamente en clase ayuda mucho en el aprendizaje* y que *trabajar y pensar los problemas antes de ir a clase ayuda aún más*, ya que permite aprovechar mejor las clases.

La figura 6 muestra la nota media de teoría también en función de la asistencia T(A) y de los problemas resueltos individualmente T(P). Nuevamente se puede ver la fuerte relación entre el índice de actividad y la nota media de cada grupo. Nótese que sólo los alumnos que hacen entre el 80 y el 100% de los problemas

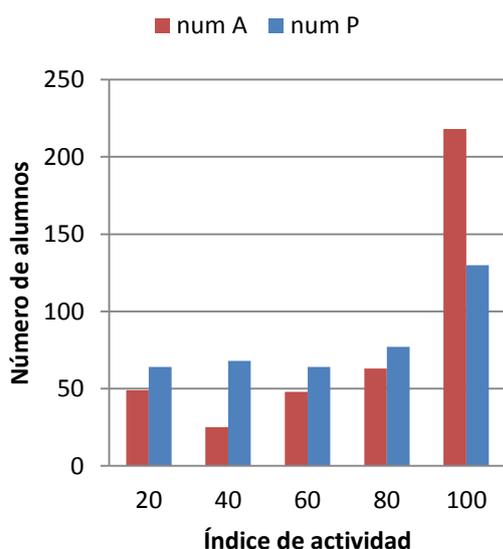


Figura 4: Distribución de los alumnos según el índice de actividad.

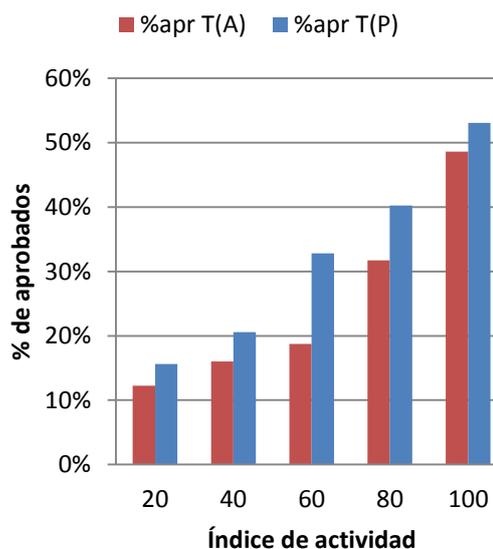


Figura 5: Aprobados de teoría T según la asistencia T(A) y según los problemas resueltos T(P).

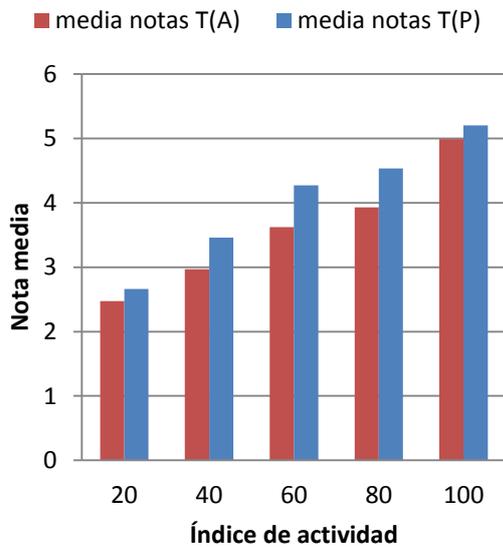


Figura 6: Nota media de teoría T según la asistencia T(A) y según los problemas resueltos T(P).

tienen una nota media de teoría superior a 5 sobre 10 (recordemos que la asignatura está diseñada asumiendo que harán el 100%).

Dado que la teoría representa el 80% de la nota por evaluación continua, a continuación mostramos los resultados académicos (en función de los problemas hechos) en distintas fases de la evaluación: nota de teoría T(P), nota media con laboratorio M(P), nota de evaluación continua una vez revisados los casos límite EC(P) (se corresponde a las notas oficiales publicadas) y, finalmente, la nota una vez hecho el

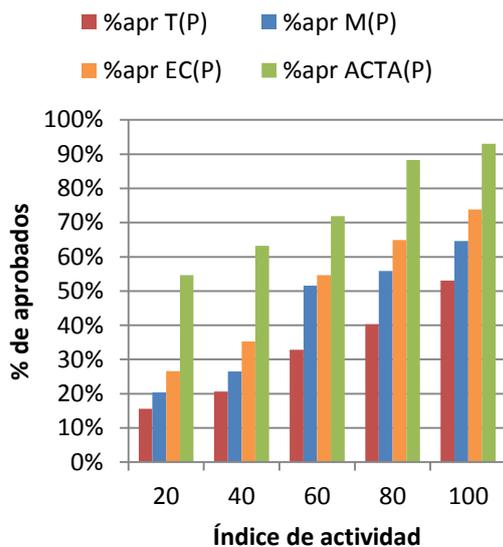


Figura 7: Porcentaje de aprobados en distintas fases de evaluación en función de los problemas hechos.

examen final de recuperación ACTA(P), que se corresponde a las notas que aparecen en el acta de la asignatura.

Las figuras 7 y 8 muestran respectivamente el porcentaje de aprobados y la nota media (sobre 10) en función de los problemas resueltos individualmente para cada una de estas fases. Como puede verse, en general se mantiene la tendencia observada, debido a que la actividad de los alumnos influye (como hemos visto anteriormente) en la nota de teoría, y esta es un factor determinante en la nota final.

Respecto al laboratorio, hemos observado una muy escasa relación entre la actividad en problemas y los resultados de laboratorio, salvo unos pocos estudiantes con resultados académicos muy bajos que suponemos que han abandonado el curso. Por eso, la nota media M(P) una vez tenido en cuenta el laboratorio no crece proporcionalmente a la actividad.

En cuanto a las notas por evaluación continua publicadas, puede verse en la figura 8 un incremento notable en la nota media en la columna 100 (entre 80% y 100% de problemas hechos). Esto se debe a que los alumnos que han aprobado obtienen un pequeño incremento de la nota como premio por su actividad.

Finalmente, nos ha sorprendido que las notas del examen final de recuperación no guarden absolutamente ninguna relación con la actividad en clase. No mostramos la gráfica con solo el resultado del final, ya que consideramos que es de escaso interés para el lector el ver una nube de ruido blanco. Una posible explicación a esto es que los alumnos que van al examen final son precisamente los que no han aprovechado las clases de problemas. Sin embargo, en las figuras 7 y 8 puede observarse que son precisamente

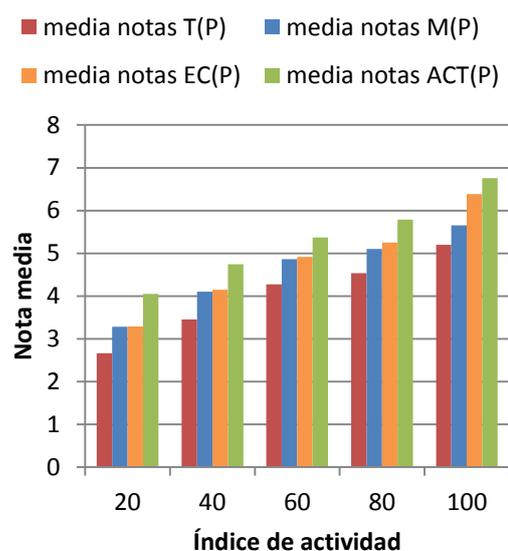


Figura 8: Notas medias en distintas fases de evaluación en función de los problemas hechos.

los alumnos con menor actividad los que, proporcionalmente, se benefician más de este examen final de recuperación. Entre las posibles explicaciones está el hecho de que un solo examen no es tan preciso para medir el aprendizaje de los alumnos como lo puedan ser 3 controles, o el hecho de que haya alumnos que, por diversos motivos, no dedican tiempo a esta asignatura durante el curso, pero realizan un gran esfuerzo intensivo antes del examen de recuperación.

A nivel cualitativo, se ha observado una alta implicación y participación activa de los alumnos que asisten las clases de problemas, independientemente de que éstos hayan hecho o no los problemas con anterioridad. La sensación de los profesores es que los alumnos se plantean dudas y se enzarzan en discusiones que de otra forma no tendrían. También tenemos la sensación de que el que haya que hacer los problemas en casa antes de las clases de problemas influye en una menor asistencia de los alumnos a clase, ya que algunos dejan de asistir si no han trabajado con anterioridad. El trabajo requerido por otras asignaturas influye en este aspecto particular, y se nota sobre todo hacia el final del curso.

Desde el punto de vista de los alumnos, los que asisten a clase reconocen que de esta forma aprenden mucho y que se ven obligados a trabajar todo el curso. A pesar de ello, cuando tienen la ocasión siguen prefiriendo clases en que ellos tienen una actitud pasiva y el profesor hace el trabajo activo.

Como resumen, y sobre todo como moraleja para nuestros alumnos futuros, podríamos concluir que en estos 4 cursos el 77% de los estudiantes con actividad razonablemente alta (entre el 80% y el 100% de problemas hechos) han aprobado por evaluación continua, mientras que entre los estudiantes con una muy baja actividad este número se reduce al 27%.

Como conclusión final, el 78% de los estudiantes que realizaron al menos el 90% de los problemas aprobaron la asignatura por controles, sin necesidad de realizar el examen final, mientras que el 64% de los estudiantes que realizaron menos del 50% de los problemas no consiguieron superar la asignatura.

Finalmente nos gustaría comentar, como dato curioso, que el primer cuatrimestre que se impartió la asignatura, entre los estudiantes que realizaron el 100% de los problemas hubo una tasa del 100% de aprobados por evaluación continua, hecho que nunca ha vuelto a repetirse. Si bien es cierto que se trata de una singularidad estadística, hay un factor que no debemos olvidar. Los estudiantes del primer año no tenían a su disposición los ejercicios resueltos por compañeros suyos de otros cursos, lo que les obligaba a trabajar a todos y a estudiar para aprender, no para aprobar, ya que no tenían referencia alguna de cómo sería el examen. El resto de cursos tenemos constancia que algunos alumnos, a los que les hemos contabilizado problemas como hechos, no habían hecho los

problemas realmente, sino que se habían limitado a copiarlos de cursos anteriores, hecho que disminuye la eficacia de esta metodología docente. Aun así, es preferible esto a que no vengan a clase, ya que al menos participan activamente en las discusiones del grupo y hacen un esfuerzo por entender “su propia solución”, con lo que algo aprenden.

## 5. Conclusiones

En este artículo hemos presentado una metodología docente para conseguir que los alumnos resuelvan en casa los problemas de la asignatura. Los alumnos trabajan individualmente los problemas propuestos por el profesor y en clase de problemas discuten sus soluciones en grupos reducidos. Al final de la clase, cada grupo entrega una solución consensuada que es corregida y devuelta por el profesor en la siguiente clase. Los resultados obtenidos muestran una gran correlación entre el número de problemas resueltos en casa y la nota final del alumno en la asignatura, lo que prueba la eficacia de la metodología propuesta.

## Referencias

- [1] Agustín Fernández, Josep Llosa y Fermín Sánchez, “Estrategias para el diseño de laboratorios orientados al aprendizaje continuo”. Actas de las JENUI 2008, pp. 189-196. 2008.
- [2] Black, P. Wiliam, D. “Assessment and Classroom Learning”. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, vol. 5 núm. 1, pp. 7-74. Enero 1998.
- [3] Carlos Álvarez y Josep Llosa, “Uso de mandos interactivos para la evaluación formativa con feedback rápido”. *ReVisión*, Vol 3, No 2, 2010.
- [4] Daniel Jiménez-González, Carlos Álvarez, David López, Joan M. Parcerisa, Javier Alonso, Christian Pérez, Ruben Tous, Pere Barlet, Montse Fernández, Jordi Tubella. "Work in Progress - Improving Feedback Using an Automatic Assessment Tool". (FIE 2008) the 38th Annual Frontiers in Education Conference, Saratoga Springs, NY, USA. October 22-25, 2008.
- [5] Gibbs, G., Simpson, C. “Conditions Under Which Assessment Supports Students’ Learning”. *Learning and Teaching in Higher Education*, vol. 1 núm. 1, pp. 3-31. 2005.
- [6] Hellmut R. Lang, Arthur McBeath. *Fundamental principles and practices of teaching: A practical theory-based approach to planning and instruction*. Fort Worth: HBJ-Holt, 2003.
- [7] Jordi Petit y Salvador Roure, “Programación-1: Una asignatura orientada a la resolución de problemas”. Actas de las JENUI 2009, pp. 151-158. 2009.

# Una experiencia en el uso de metodologías activas en la asignatura Arquitectura de Computadores

Olatz Arbelaitz Gallego      José I. Martín Aramburu      Javier Muguerza Rivero  
Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores  
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea  
Donostia-San Sebastián  
olatz.arbelaitz@ehu.es      j.martin@ehu.es      j.muguerza@ehu.es

## Resumen

Este trabajo presenta un análisis de la experiencia en el uso de la metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos (ABP) en la asignatura Arquitectura de Computadores del Grado en Informática de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). De este estudio se desprende que un 95,7% del alumnado está satisfecho con esta metodología docente y continuaría en futuros cursos utilizándola. Además, el estudio realizado revela que esta metodología ayuda a la capacitación transversal del alumnado, no supone aparentemente ningún sobreesfuerzo y tiene efectos positivos en las calificaciones del alumnado.

## Abstract

This paper presents an analysis of the experience in using the project-based learning (PBL) methodology in Computer Architecture subject of the Degree in Informatics Engineering offered in the University of the Basque Country (UPV/EHU). This study shows that 95.7% of the students are satisfied with the teaching methodology, and they would continue using it in future courses. In addition, the study shows that this methodology contributes to the students' cross training, apparently does not generate any great increment in the students' effort and has positive effects on the obtained grades

## Palabras clave

Metodologías activas, aprendizaje basado en proyectos (ABP/PBL), aprendizaje colaborativo, evaluación continua, competencias transversales.

## 1. Introducción

El aprendizaje basado en proyectos (en inglés *project based learning*) [1, 2] está cada vez más extendido como metodología de aprendizaje especialmente en el área de las ingenierías [3, 4, 5]. El interés en

esta metodología docente se ha acrecentado con la llegada del EEES. La UPV/EHU no es ajena a la inclusión de esta metodología en el desarrollo curricular de sus titulaciones oficiales<sup>1</sup>. Así, ya definió en su plan estratégico 2007-2012 el uso de estas metodologías activas en sus planes de estudio, planteamiento que se ha potenciado en el plan actual (2012-2017), al plantear que en el 2017 un 10% de los créditos que se impartan en las diferentes titulaciones se haga de acuerdo a estas metodologías docentes (actualmente este porcentaje se sitúa en un 5%). Siguiendo esta directriz, durante los cursos 2011-2012 y 2012-2013, la asignatura obligatoria Arquitectura de Computadores (2º curso del Grado en Ingeniería Informática) se ha impartido utilizando este tipo de metodologías, en concreto utilizando técnicas de aprendizaje colaborativo [6] y aprendizaje basado en proyectos (ABP).

La asignatura Arquitectura de Computadores, que cuenta con 4 créditos teóricos y 2 créditos prácticos, se imparte en tres idiomas: castellano, euskara e inglés. Es una asignatura básica en el área de arquitectura de computadores que, por una parte, proporciona la base suficiente para poder profundizar en esta área en el caso de los alumnos que elijan la especialidad de Ingeniería de Computadores y, por otra parte, imparte unos conocimientos genéricos y amplios que permitan obtener una visión general de la arquitectura de computadores a los alumnos que elijan alguna de las otras dos especialidades de la titulación (Computación o Ingeniería del Software).

En concreto, la asignatura está organizada en tres temas básicos: la organización y gestión de la memoria cache (25% de la asignatura), la segmentación del procesador (35% de la asignatura) y una introducción a los sistemas de cómputo paralelo (40% de la asignatura). Estos dos últimos cursos se ha impartido esta última parte utilizando la metodología ABP.

Además de la implantación de metodologías activas, se ha mantenido como método de evaluación la

---

<sup>1</sup> Este trabajo se ha realizado en el marco del programa ERAGIN, financiado por el Vicerrectorado de Calidad e Innovación Docente de la UPV/EHU.

evaluación continua. En concreto, se han llevado a cabo las siguientes actividades: exámenes parciales, presentaciones y entrega de ejercicios, actividades de laboratorio y la evaluación del proyecto realizado. En todos los casos, se ha minimizado el tiempo de retroalimentación al alumno, de tal forma que éste haya podido adecuar su aprendizaje según avanzaba la asignatura. Finalmente, en relación a las competencias transversales (principalmente capacidad de comunicación oral y escrita en nuestra área, y trabajo en equipo), se han realizado las siguientes actividades: dos presentaciones orales (incluyendo evaluación por parte de los alumnos en base a una rúbrica entregada) y la escritura de un informe técnico apoyado en una serie de sugerencias o directrices entregadas previamente. Además, muchas de las actividades realizadas durante el cuatrimestre se han llevado a cabo de forma grupal (en grupos generados aleatoriamente para cada tarea o en grupos estables de cara al desarrollo del proyecto).

El objetivo de este trabajo es analizar la experiencia en la utilización de estas metodologías en esta asignatura, identificando puntos fuertes, limitaciones y posibles líneas de mejora, teniendo en cuenta las singularidades de cada grupo (castellano, euskara e inglés).

El artículo se organiza de la siguiente manera. El Apartado 2 presenta los aspectos sustanciales de la metodología implementada en la asignatura. El Apartado 3 presenta las evidencias obtenidas para realizar el estudio que se presenta en el Apartado 4 del artículo. Por su parte, el Apartado 5 se dedica a presentar las conclusiones. Un último apartado incluye la bibliografía utilizada.

## 2. Aspectos sustanciales de la metodología ABP utilizada

En la asignatura se han trabajado dos aspectos de las metodologías activas: el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en proyectos (ABP).

A modo de entrenamiento, en los dos primeros temas se han realizado actividades colaborativas [. Por una parte, el alumnado ha tenido que realizar una presentación oral centrada en aspectos de la organización y funcionamiento de las memorias cache y, por otra parte, ha tenido que resolver un problema concreto y limitado en el tema sobre procesadores segmentados. Ambas actividades han sido realizadas en grupos de 3 estudiantes (aleatorios). En el caso de la presentación, aunque la preparación corría a cargo de todo el grupo, ésta era realizada por uno de los miembros del grupo, elegido en el momento de la presentación al azar (interdependencia positiva y exigibilidad individual). La nota obtenida por el representante del grupo era la asignada a todo el grupo. En el caso del problema a resolver, la evalua-

ción se ha realizado entre pares, de tal forma que un grupo evaluaba la solución realizada por otro grupo.

El tercer tema de la asignatura se ha impartido siguiendo la metodología ABP, cuya organización podemos dividir en estos puntos: trabajo previo, primera sesión, puzzle para afrontar los problemas planteados, aplicación a desarrollar, entregables y evaluación.

Para la realización del proyecto, se ha estimado una dedicación de 60 horas por estudiante (19 presenciales, 36 no presenciales y 5 dedicadas a evaluación), lo que hace un total de 180 horas de dedicación grupal. Se ha pedido a cada estudiante que vaya completando una ficha de dedicación horaria al proyecto, cuyos resultados indicarán el grado de corrección de la estimación realizada.

### 2.1. Trabajo previo: laboratorio de C

Para llevar a cabo la programación requerida en el proyecto, es necesario que los estudiantes conozcan un mínimo de programación en el lenguaje C. Por ello, previo al comienzo del proyecto se ha realizado una sesión de laboratorio específica sobre programación en lenguaje C. Esta sesión de laboratorio ha sido intensa, de una duración de 5 horas, y ha consistido en la programación de diferentes ejemplos que han ido incorporando las distintas particularidades del lenguaje C. Los estudiantes tenían que rellenar una ficha de seguimiento sobre algunos de los ejemplos resueltos. Posteriormente, los alumnos han tenido que resolver un ejercicio de dificultad media más cercano a la programación a realizar en el proyecto. La adquisición de conocimientos en este lenguaje también ha sido evaluada mediante un test individual.

### 2.2. Primera sesión: enunciado ABP

En la primera sesión del proyecto se formaron los grupos ABP. Como se ha comentado, en los primeros temas se han realizado actividades colaborativas en grupo, en este caso formando grupos aleatorios. Para afrontar el proyecto, decidimos que fueran los propios alumnos quienes formaran los grupos de trabajo; en concreto, grupos de tres alumnos (aunque también ha sido necesario crear algún grupo de dos alumnos, a los que lógicamente se les ha exigido alguna tarea menos dentro del proyecto).

Una vez formados los grupos, en esta sesión se presenta el escenario ABP para dar paso a una reflexión de los grupos en torno a los conocimientos de los que ya disponen, y de aquellos que desconocen y deben aprender para hacer frente al proyecto (objetivos de aprendizaje). Esta reflexión se canaliza a través de un póster en cada grupo que luego se pone en común entre todos los grupos.

En nuestro caso, se ha definido un proyecto en el área de paralelismo: la programación paralela de una aplicación para el filtrado, encriptado y transmisión

de imágenes supuestamente obtenidas por un robot de la NASA en Marte. Para ello se utilizará como soporte un equipo multiprocesador de 48 núcleos disponible en la facultad (DELL PowerEdge R815). Este escenario está inspirado en el proyecto *Mars Science Laboratory* de la NASA ([www.nasa.gov/msl](http://www.nasa.gov/msl)).

### 2.3. Trabajo colaborativo: puzzle

Fruto de la reflexión anterior, se han definido los objetivos de aprendizaje de este tema:

- Utilizar los mecanismos de sincronización necesarios para el correcto funcionamiento de los programas paralelos.
- Planificar un reparto de carga equilibrado entre los procesos.
- Analizar el rendimiento de la implementación paralela de una aplicación.
- Utilizar las directivas de OpenMP para programar una solución paralela.

El siguiente paso ha consistido en que cada grupo trabaje de forma colaborativa, a través de una actividad de tipo puzzle, los objetivos de aprendizaje: la sincronización de procesos, el reparto de tareas y la evaluación del rendimiento obtenido al paralelizar una aplicación. Todo ello teniendo en cuenta que la programación final sería utilizando directivas de OpenMP. Cada estudiante se ha enfrentado a uno de los problemas, ha compartido su conocimiento con alumnos de otros grupos (reunión de expertos) y ha enseñado lo aprendido al resto de componentes del grupo. Esta actividad se ha llevado a cabo a lo largo de 4 sesiones presenciales de trabajo individual y/o grupal.

El puzzle ha finalizado con una sesión de presentación de conocimientos adquiridos, en la que un estudiante de cada grupo ha presentado algún aspecto del puzzle realizado. Este alumno era elegido al azar entre los alumnos del grupo que no habían preparado el aspecto a presentar. La presentación ha sido evaluada por el profesor y coevaluada por el resto de estudiantes, para lo que se entrega la correspondiente rúbrica y ficha de evaluación. La nota obtenida por el alumno presentador pasaba a ser la nota obtenida por todos los miembros del grupo en esta actividad. De esta forma se garantiza la exigibilidad individual y la interdependencia positiva.

Tras esta ronda de presentaciones, el profesor realiza un resumen acerca de los objetivos de aprendizaje para aclarar las posibles dudas que hayan quedado en torno a los temas planteados en el puzzle.

### 2.4. Trabajo colaborativo: aplicación

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios, cada grupo ha tenido que realizar la programación serie y paralela de una aplicación de mayor envergadura, evaluando el rendimiento obtenido. La aplica-

ción trata de desarrollar las versiones serie y paralela de un programa que aplica diferentes procesos a una imagen. En concreto, se utilizan tres imágenes de diferentes tamaños para evaluar el rendimiento obtenido en función de la solución paralela adoptada y del tamaño de la imagen.

Para trabajar en la aplicación, además de la dedicación no presencial, los estudiantes han dispuesto de tres sesiones presenciales tutorizadas en las que el profesor ha atendido las dudas que hayan podido surgir y ha hecho un seguimiento de la dinámica de trabajo del grupo. En cualquier caso, la tarea del profesor no ha sido la de resolver inmediatamente las dudas planteadas por los estudiantes, sino la de ser un facilitador y, por tanto, proporcionar pistas para motivar la reflexión del grupo, evitando eso sí que el trabajo del grupo se desvíe excesivamente de los objetivos planteados.

El desarrollo de la aplicación lleva consigo la entrega de la correspondiente memoria técnica, que explica los pasos seguidos para la implementación serie y paralela de los algoritmos a desarrollar, así como la evaluación del rendimiento obtenido, y la presentación pública de la misma. Al igual que en la presentación del trabajo realizado en el puzzle, esta presentación es evaluada por el profesor y coevaluada por el resto de alumnos utilizando la correspondiente rúbrica.

El proyecto finaliza con un control de conocimientos mínimos en el tema de paralelismo, que permite garantizar que todos los estudiantes han superado mínimamente los objetivos de aprendizaje previstos (exigibilidad individual). Para que el estudiante supere el proyecto, es condición necesaria que éste obtenga al menos una puntuación equivalente al 30% de este examen.

### 2.5. Entregables del proyecto

Se definen los siguientes tipos de entregables:

- Actas de constitución y reuniones de grupo. Al comienzo del proyecto cada grupo rellena la consiguiente acta de constitución de grupo, acordando las claves de funcionamiento del grupo. Uno de los estudiantes ha tomado el rol de secretario o responsable del grupo. Por otra parte, cada vez que el grupo se reúne para llevar a cabo alguna actividad conjunta, los estudiantes del grupo rellenan la correspondiente acta de reunión.
- Póster correspondiente a la discusión ABP inicial.
- Trabajo desarrollado en el puzzle: informe que cada estudiante elabora del apartado que le corresponde, su presentación y los correspondientes ejercicios resueltos. En este entregable se incorporarán también aquellos materiales novedosos (no referenciados por el profesor o profes-

ra) que el estudiante haya utilizado para el desarrollo de su parte.

- Informes de las evaluaciones entre pares de la presentación del puzzle y de la presentación de la aplicación desarrollada.
- Desarrollo software realizado para la resolución del escenario planteado: informe técnico que explique la forma en la que se ha resuelto el escenario planteado y el rendimiento obtenido, y material utilizado para la presentación del desarrollo realizado.
- Carpeta o portafolio en el que el grupo irá almacenando todo el material que vaya generando durante el desarrollo del proyecto, de acuerdo a los entregables descritos. En definitiva, todo aquel material que los miembros del grupo consideren adecuado para la mejor interpretación del desarrollo que han hecho del proyecto que se les ha planteado. Aunque se entregará la versión definitiva al finalizar el proyecto, cada grupo entregará una primera versión con el material generado hasta el momento de la realización del puzzle para su corrección por parte del profesorado de cara a mejorar su contenido. Se trata de un documento dinámico, que cada grupo actualiza de forma constante.
- Controles. Entregables relacionados con la evaluación individual de conocimientos: plantillas y ejercicios de laboratorio sobre Lenguaje C, examen sobre el Lenguaje C y examen de conocimientos mínimos sobre paralelismo.

## 2.6. Evaluación del proyecto

En cuanto a la evaluación del proyecto, el alumnado conocía de forma detallada el desglose de la evaluación desde un principio, tanto desde el punto de vista del sujeto evaluador como del objeto evaluado (ver Cuadro 1) y tipo de evaluación (grupal o individual). Entre estas actividades, el alumnado debe superar algunas actividades de seguimiento tipo FILTRO, que se califican como APTA o NO APTA, pero sin que tengan carácter aditivo sobre la calificación final. Además, debe obtener un mínimo del 30%

en el examen de conocimientos mínimos, tal y como se ha comentado anteriormente.

Finalmente, comentar que en el sistema de evaluación se contempla un sistema de “*extra bonus*”, esto es, independientemente de la actividad que se evalúe según el sistema de evaluación propuesto, se premian, con puntos adicionales sobre la calificación final, las actividades que de alguna forma sean sobresalientes.

## 3. Evidencias utilizadas para el análisis de resultados

Para el análisis presentado en este trabajo se han tenido en cuenta tres tipos de evidencias: dedicación del alumno al proyecto, calificaciones obtenidas y grado de satisfacción del alumno. Para recoger los datos de la primera evidencia, dedicación al proyecto, se ha entregado al alumnado una plantilla (ver Figura 1 al final del artículo) en la que cada estudiante debe recoger su dedicación no presencial al proyecto. Esta dedicación es personal, con lo que se recoge una ficha de dedicación por cada estudiante del grupo.

Las calificaciones obtenidas por cada estudiante forman la segunda evidencia. En este caso, se han distinguido las calificaciones obtenidas en la primera parte de la asignatura (Temas 1 y 2) y las obtenidas en el Tema 3, impartido siguiendo la metodología ABP. En la primera parte de la asignatura se ha seguido una metodología más tradicional, aunque incluyendo algunas actividades colaborativas. En este punto también se han tenido en cuenta las calificaciones obtenidas en el curso 2010-11, en el que no se utilizó ninguna actividad colaborativa.

Finalmente, para recoger los datos de satisfacción del alumnado, se han pasado a los estudiantes dos encuestas de opinión. Por una parte, se pregunta al alumnado acerca de su grado de satisfacción con la asignatura en general (ver Figura 2 al final del artículo) y, por otra, se pregunta sobre su grado de satisfacción con la utilización de la metodología ABP (ver Figura 3 al final del artículo).

	Evaluador			Nota
	Profesor		Estudiantes	
<b>Individual</b>	Plantillas laboratorio C	FILTRO		15%
	Examen conocimientos C	5%		
	Ejercicios seguimiento C	FILTRO		
	Examen conocimientos mínimos	10%		
<b>Grupo</b>	Presentación puzzle	2%	Presentación del puzzle 2%	25%
	Ejercicios puzzle	FILTRO		
	Presentación de la solución	3%	Presentación de la solución 3%	
	Informe técnico/desarrollo	13%		
	Portafolio final	2%		
<b>Nota</b>		35%	5%	40%

Cuadro 1. Resumen del sistema de evaluación del proyecto.

		Puzzle	Aplicación	Preparación del examen	Total	Aplicación	
						Desarrollo	Memoria Presentación
2011-12	Estimado	9	19	4	32	9,5	9,5
	Medido	9,1	19,4	2,4	30,5	11,1	7,9
2012-13	Estimado	10	16	2	28	8	8
	Medido	9,3	18,1	3,1	30,5	10,6	7,5

Cuadro 2. Resumen de la dedicación no presencial al proyecto (valores expresados en horas).

	2010-11			2011-12				2012-13			
	castellano (6 est.)	euskara (18 est.)	global	castellano (8 est.)	euskara (13 est.)	inglés (7 est.)	global	castellano (19 est.)	euskara (15 est.)	inglés (10 est.)	global
Temas 1 y 2	6,61	6,49	6,52	7,23	7,07	7,80	7,30	7,63	7,38	6,93	7,39
Tema 3	7,28	7,51	7,45	7,78	7,79	8,27	7,91	7,50	7,51	7,20	7,43
Final	6,78	6,74	6,75	7,42	7,32	7,96	7,51	7,58	7,43	7,12	7,42

Cuadro 3. Notas medias obtenidas en los tres últimos cursos académicos.

## 4. Resultados obtenidos

Este apartado presenta los principales resultados obtenidos en los tres indicadores explicados anteriormente, teniendo en cuenta la experiencia de los dos cursos 2011-12 y 2012-13.

### 4.1. Dedicación al proyecto

Respecto a la dedicación no presencial del alumnado al proyecto, el Cuadro 2 resume sus principales hitos (valores medios expresados en horas para todo el alumnado de la asignatura): la realización del puzzle, el desarrollo de la aplicación y la preparación del examen de conocimientos mínimos. Dado que para el primer año no se recogió la dedicación correspondiente a la primera parte del proyecto (conocimiento de C y estudio de OpenMP), ésta no se presenta en el cuadro. Esta dedicación se estima en 5 horas en el curso 2011-12 y 8 horas en el curso 2012-13. Hay que recordar que la dedicación total no presencial estimada para el proyecto en el curso 2011-12 fue de 37 horas por estudiante, mientras que la del curso 2012-13 ha sido de 36 horas.

Como se puede ver en el Cuadro 2, la dedicación estimada y la dedicación medida son muy similares, sin que haya prácticamente desviaciones entre ellas, lo que da una idea del grado de corrección de la estimación realizada a priori. Ha habido una pequeña reorientación de la dedicación del curso 2011-12 al curso 2012-13 a la vista de las mediciones realizadas el curso pasado y vista la necesidad de dedicar algo más de tiempo a que el alumnado estudiase el lenguaje de programación C, aspecto importante para el correcto desarrollo del proyecto. También hemos particularizado la dedicación del alumnado a la parte de desarrollo de la aplicación y a la parte de su documentación y presentación, dado que uno de los objetivos de la asignatura es la mejora de la capacitación del alumnado en dicha competencia

transversal (capacidad de comunicación oral y escrita). Los resultados muestran que la dedicación del alumnado es algo mayor en la parte de desarrollo (59% vs. 41%), lo que quizá explique la menor calidad de las memorias entregadas respecto al trabajo realizado.

### 4.2. Calificaciones obtenidas

En la evaluación de la asignatura se ha seguido el método de evaluación continua en los tres temas. Las actividades de evaluación que se han llevado a cabo han sido exámenes parciales, presentaciones y entrega de ejercicios, actividades de laboratorio y proyecto. Además del proyecto, en alguna de las actividades, la evaluación ha sido colaborativa (grupal y con evaluación por pares).

El Cuadro 3 resume las calificaciones medias obtenidas por los estudiantes en estos dos últimos cursos académicos. Por tener una referencia inicial, el cuadro incluye las calificaciones obtenidas en el curso 2010-11 en el que la asignatura se evaluó mediante evaluación continua, pero sin incluir nuevas metodologías docentes. Los resultados están organizados por grupo y parte de la asignatura (Temas 1 y 2, frente al Tema 3 en el que se realiza el proyecto), teniendo en cuenta que las notas parciales también son medias sobre 10 puntos. Se incluye también la nota final de cada grupo y las notas globales (parciales y finales) teniendo en cuenta las medias de los estudiantes de todos los grupos. Así mismo, se indica entre paréntesis el número de estudiantes de cada grupo.

Como primer punto a destacar, se puede ver que, al introducir nuevos elementos metodológicos en el curso 2011-12, suben las calificaciones de los dos primeros temas de la asignatura. Podría pensarse que es debido a una mayor calidad de los estudiantes de ese curso académico, pero no es el caso. El curso 2010-11 ha estado formado precisamente por estudiantes con buenos expedientes que han querido

pasar del primer curso en la Ingeniería Informática (o Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas) al segundo curso del Grado en Informática, por lo que los resultados obtenidos están sesgados. En condiciones normales, esta subida hubiera sido más acentuada, por lo que estimamos que la mejora obtenida en el curso 2011-12 se debe básicamente a factores metodológicos. Este nivel de calificaciones satisfactorias en los dos primeros temas se ha mantenido también el curso 2012-13, aunque existe una pequeña desviación a la baja en el grupo de inglés. Esta diferencia es achacable seguramente a la diferencia de calidad del alumnado entre los dos cursos (los estudiantes del grupo de inglés en el curso 2011-12 tenían los mejores expedientes académicos de los estudiantes de la asignatura).

Respecto a la utilización o no de la metodología ABP, se puede ver que, en general, los estudiantes obtienen mejores resultados en el Tema 3 impartido con dicha metodología. Esta mejora es mayor en el curso 2011-12 (8,12%). Esta tendencia también se puede observar en el curso 2010-11 en el que se evaluaba el Tema 3, básicamente, mediante una práctica (mejora del 13,85%).

### 4.3. Grado de satisfacción del alumnado

Respecto al grado de satisfacción del alumnado (ver Cuadro 4), un 89% de los estudiantes valoran de forma positiva o muy positiva el interés de la asignatura. Si se compara con otras asignaturas de la titulación y curso, el 69% de los estudiantes opinan que esta asignatura es más interesante. Estos grados de satisfacción se mantienen durante los dos cursos y en los tres grupos de la asignatura, aunque puede decirse que en los grupos de euskara e inglés ha habido un ligero desplazamiento hacia el ítem “Interesante y merece la pena” desde el ítem “Imprescindible en esta carrera”. El valor medio de satisfacción del alumnado con la asignatura es de 8 sobre 10, sin que existan diferencias entre los tres grupos, ni entre los dos cursos académicos evaluados.

Dentro de las opiniones sobre el desarrollo de la asignatura, el alumnado sugiere la realización de más ejercicios (sobre todo, el acceso a una colección de ejercicios resueltos) y la entrega de apuntes además de las transparencias entregadas. Por otra parte, valoran muy positivamente la metodología docente utilizada, la implicación del profesorado y su capacidad de motivación.

Esta encuesta de opinión también incluye preguntas acerca de la carga de trabajo del estudiante en el global de la asignatura y el grado de coordinación de esta carga entre el resto de asignaturas del curso. Aunque para la mayoría de los estudiantes la carga es la adecuada, sí plantean que la parte del

proyecto es más exigente, aunque sin superar la dedicación planteada. Respecto a la coordinación entre asignaturas, aunque en el curso 2011-12 sí planteaban puntos de “agobio” entre las asignaturas del curso, esta situación parece haberse corregido este curso 2012-13.

Respecto al grado de satisfacción con la metodología docente utilizada en el tercer tema, aprendizaje basado en proyectos, el Cuadro 5 recoge los ítems más destacados de esta evaluación (la encuesta original recogía información de 18 ítems). Como refleja el ítem 1 (valoración global), el 95,7% del alumnado está satisfecho con la metodología seguida (subiendo desde un 76,4% en el curso 2011-12) y estaría dispuesto a seguir con esta metodología en próximos cursos según indica el ítem 8 (pasa de un 83,9% en el curso 2011-12 a un 95,7% en el curso 2012-13). En esta subida del grado de satisfacción puede ayudar el hecho de que esta metodología empieza a ser conocida por el alumnado (actualmente se aplica también en alguna asignatura de primer curso), además de la mayor experiencia del profesorado en estas metodologías docentes.

Otros aspectos positivos de esta metodología quedan reflejados en los ítems 2 y 3. La metodología ayuda a comprender los contenidos teóricos y a establecer relaciones entre la teoría y la práctica. Estos aspectos se valoran positivamente por el 78,8% y el 95,8% del alumnado respectivamente (un 100% en el caso del grupo en euskara), con una subida importante en el ítem 2 (17 puntos) respecto al curso 2011-12.

Uno de los objetivos de la asignatura es mejorar las habilidades de carácter transversal del alumnado: trabajo colaborativo, capacidad de comunicación oral y escrita en el área de la informática, capacidad de aprendizaje autónomo, etc. Para ello, tal y como se ha explicado, se han incluido en el proyecto actividades que incorporan el trabajo en equipo, la necesidad de afrontar problemas de manera autónoma, realización de memorias técnicas, presentaciones orales, etc.

Como puede verse en los ítems 4, 5 y 6, el alumnado percibe que la metodología ABP ayuda en este sentido. En el curso 2012-13 un 89,4% de los alumnos opina que mejora su capacidad de trabajo autónomo (un 100% en el caso del grupo en inglés), un 74,5% su capacidad de comunicación y un 89,4% su capacidad de trabajo en grupo (un 100% en el caso del grupo en euskara). La valoración de estos ítems se ha mantenido alta en los dos cursos, aunque han sufrido ligeras variaciones (96,8%, 64,5% y 93,6% respectivamente en el curso 2011-12).

Ítem	Valoración				
	No me ha gustado	Interesante, pero mal explicada	Una más	Interesante y merece la pena	Imprescindible en esta carrera
<b>1.- ¿Qué opinas de la asignatura?</b>					
2011-12 (resp. 30)	0%	3%	10%	53%	33%
2012-13 (resp. 45)	4%	2%	4%	76%	13%
<b>2.- Comparada con otras</b>	<b>Mucho menos interesante</b>	<b>Menos interesante</b>	<b>Similar</b>	<b>Más interesante</b>	<b>Mucho más interesante</b>
2011-12 (resp. 34)	0%	15%	15%	56%	15%
2012-13 (resp. 46)	2%	7%	22%	54%	15%

Cuadro 4. Respuestas a los ítems sobre el grado de satisfacción con la asignatura.

Ítem	Valoración			
	Nada satisfactoria	Poco satisfactoria	Bastante satisfactoria	Muy satisfactoria
<b>1.- Valoración global del planteamiento y desarrollo</b>				
2011-12 (resp. 31)	3,2%	19,4%	54,8%	22,6%
2012-13 (resp. 47)	2,1%	2,1%	72,3%	23,4%
<b>2.- La metodología ayuda a comprender contenidos teóricos</b>	<b>Muy poco</b>	<b>Poco</b>	<b>Bastante</b>	<b>Mucho</b>
2011-12 (resp. 31)	6,5%	32,3%	32,3%	29%
2012-13 (resp. 47)	0%	21,3%	51,1%	27,7%
<b>3.- La metodología ayuda a establecer relaciones entre teoría y práctica</b>				
2011-12 (resp. 31)	0%	12,9%	41,9%	45,2%
2012-13 (resp. 47)	0%	4,3%	44,7%	51,1%
<b>4.- La metodología ayuda a indagar por tu cuenta sobre trabajo planteado</b>				
2011-12 (resp. 31)	0%	3,2%	61,3%	35,5%
2012-13 (resp. 47)	0%	10,6%	44,7%	44,7%
<b>5.- La metodología ayuda a desarrollar habilidades de comunicación</b>				
2011-12 (resp. 31)	0%	35,5%	41,9%	22,6%
2012-13 (resp. 47)	2,1%	23,4%	46,8%	27,7%
<b>6.- La metodología ayuda a mejorar las capacidades de trabajo en grupo</b>				
2011-12 (resp. 31)	3,2%	3,2%	48,4%	45,2%
2012-13 (resp. 47)	4,3%	6,4%	46,8%	42,6%
<b>7.- La orientación proporcionada por el profesor, ¿ha satisfecho tus necesidades?</b>	<b>Poco</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Bastante</b>	<b>Mucho</b>
2011-12 (resp. 31)	0%	16,1%	41,9%	41,9%
2012-13 (resp. 47)	4,3%	34%	31,9%	29,8%
<b>8.- Si el próximo curso pudieras elegir, ¿optarías por esta metodología?</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>		
2011-12 (resp. 31)	83,9%	16,1%		
2012-13 (resp. 47)	95,7%	4,3%		

Cuadro 5. Respuestas a los ítems sobre el grado de satisfacción con la metodología ABP.

No todo es atractivo para el alumnado con esta metodología. Como refleja el ítem 7, la queja principal del alumnado es la falta de orientación proporcionada por el profesorado. En esta metodología los estudiantes se convierten en un sujeto activo de aprendizaje guiado por el profesorado de forma puntual. Este aspecto no es del agrado de todos los estudiantes. El grado de satisfacción de este ítem ha bajado del 83,8% en el curso 2011-12 a un 61,7% en el curso 2012-13, con lo que se ve que los estudiantes demandan un mayor grado de orientación por parte del profesorado.

Entre las opiniones del alumnado en este punto, en general, tal y como corrobora la encuesta, los estudiantes valoran positivamente la dinámica de aprendizaje autónomo y en grupo, ven más eficiente este

modo de estudiar, aunque indican que es más difícil sacar “buena nota”. Como se ha comentado, solicitan una mayor orientación por parte del profesor y se quejan de que la evaluación grupal influya en las notas individuales.

## 5. Conclusiones

Este trabajo ha presentado la experiencia en el uso de metodologías activas, principalmente el aprendizaje basado en proyectos (ABP), en la asignatura Arquitectura de Computadores. Este análisis se ha realizado desde tres puntos de vista: la dedicación del alumnado al proyecto, las calificaciones obtenidas y el grado de satisfacción del alumnado en estas metodologías docentes.

En resumen podríamos decir que el alumnado está altamente satisfecho con el aprendizaje basado en proyectos, de tal forma que una amplia mayoría seguiría utilizando esta metodología en cursos futuros. No parece que la aplicación de esta metodología docente haya supuesto un sobreesfuerzo en su dedicación docente, y además les ayuda a profundizar en ciertas capacidades transversales (trabajo en grupo, capacidad de comunicación oral, autonomía, etc.). El alumnado aprende más a gusto con el desarrollo de un proyecto más cercano a la realidad, ya que se encuentra más motivado en su aprendizaje. En general, las calificaciones obtenidas en esta parte de la asignatura son mejores.

Una dificultad que hemos encontrado es la necesidad de gestionar dinámicamente los grupos, principalmente, como consecuencia de abandonos. Dentro de las posibles mejoras, de cara a mejorar la percepción de asistencia por parte del profesorado, habría que explorar algunas posibilidades sin caer en un exceso de tutorización. También consideramos necesario introducir, hacia el final de la asignatura, algún mecanismo de evaluación opcional que permita subir la nota obtenida hasta el momento. Por último, sería interesante explorar la posibilidad de coordinarse con alguna otra asignatura del cuatrimestre y desarrollar conjuntamente un proyecto.

Asignatura: **Arquitectura de Computadores** (2012/2013)

Horas de trabajo **NO PRESENCIAL** asociadas al Tema 3: introducción al paralelismo (metodología Aprendizaje Basado en Problemas)

Actividad	Tiempo (horas/min.)
<b>Tareas preliminares</b>	
estudio del lenguaje de programación C	
contextualización del proyecto y repaso de conceptos básicos	
estudio de OpenMP	
<b>Total tareas preliminares</b>	
<b>Puzzle</b>	
lectura y búsqueda de información	
resolución de los ejercicios	
resolución del programa	
puesta en común en el grupo	
preparación de la presentación	
<b>Total puzzle</b>	
<b>Aplicación</b>	
lectura y búsqueda de información	
desarrollo: diseño y programación, análisis de opciones/tiempos	
escritura de la memoria	
preparación de la presentación	
<b>Total aplicación</b>	
<b>Examen Paralelismo</b>	
<b>Total preparación de examen</b>	
<b>Total tema paralelismo (suma de totales)</b>	

Figura 1. Plantilla sobre la dedicación no presencial al proyecto.

## Referencias

- [1] T. Markham. Project Based Learning Handbook: A Guide to Standard-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers. Buck Institute for Education, 2003.
- [2] F. Kjersdam, S. Enemark. The Aalborg Experiment. Aalborg University Press, 1994. <http://www.adm.aau.dk/rektor/aalborgekperiment/engelsk/preface.html>
- [3] Vicent Estruch y Josep Silva. Aprendizaje basado en proyectos en la carrera de informática, JENUI 2006, pp. 339-346.
- [4] Enric Martí, Ferran Poveda, Antoni Guuguí y Dèbora Gil. Aprendizaje Basado en Proyectos en Ingeniería Informática. Resultados y reflexiones de seis años de experiencia. Simposio-taller JENUI 2011, pp. 1-8.
- [5] Miguel Valero García. El aprendizaje basado en proyectos en los estudios de ingeniería. Cuadernos de pedagogía, 2010, no. 403, pp. 52-55.
- [6] David W. Johnson, Roger T. Johnson, Karl A. Smith. Active Learning: Cooperation in the College Classroom, Interaction Book Company. Edina, Minnesota, 1991.

**ARQUITECTURA DE COMPUTADORES**

Para poder retocar las asignaturas, reescribirlas, en una palabra, para hacer las cosas mejor, tu opinión es imprescindible. Por eso te pedimos un pequeño esfuerzo para rellenar este cuestionario. Por favor, responde a las cuestiones con total libertad, pues es tu verdadera opinión lo que nos interesa. Muchas gracias.

**>> La asignatura**

¿Qué opinas de la asignatura?  Comparada con otras que estás cursando, esta asignatura es  
 no me ha gustado, no me interesa  mucho menos interesante   
 interesante, pero mal explicada  menos interesante   
 una más  similar   
 es interesante y merece la pena  más interesante   
 imprescindible en esta carrera  mucho más interesante   
 (otras, indicar)

¿Tienes alguna sugerencia para mejorar el material de la asignatura (apuntes, ejercicios, transparencias, página web...)?

Califica la asignatura en su globalidad (calidad, interés, actualidad, utilidad, ...). **de 0 a 10**

**>> El profesor**

Con intención de mejorar su trabajo, ¿cuál es la crítica principal que harías a tu(s) profesor(es)?  
 ¿Cuál es el aspecto más positivo que destacas de tu(s) profesor(es)?

En conjunto, califica el trabajo de tu(s) profesor(es). **de 0 a 10**

**>> Evaluación continua**

En cuanto a la distribución de la carga de trabajo de la asignatura a lo largo del cuatrimestre, ¿ha estado bien distribuido? ¿Las horas invertidas en la asignatura son acordes a los créditos ECTS de la misma (1 crédito ECTS = 10 horas presenciales + 15 horas de trabajo no presencial: estudio, elaboración de prácticas, ejercicios, etc.)?

En cuanto a la coordinación con otras asignaturas, ¿se ha repartido la carga de manera que no se juntaran excesivas horas en cortos periodos de tiempo? Si ha habido saturación en algún momento, ¿cuándo ha sido? ¿Qué asignaturas crees que han sido las responsables de ello?

Figura 2. Encuesta sobre la asignatura.

**CUESTIONARIO DE OPINIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA ABP (Tema Paralelismo)**

Te pedimos que nos des tu opinión sobre varios aspectos de la metodología que se ha seguido en el aula. Tus respuestas serán analizadas, y nos permitirán mejorar nuestras propuestas en el futuro. Por eso, te pedimos que le dediques el tiempo necesario, y contestes con sinceridad. Muchas gracias.

Teniendo en cuenta todos los aspectos de la metodología que hemos trabajado, tu valoración global del planteamiento y desarrollo de la experiencia es:  
 nada satisfactoria  poco satisfactoria  
 bastante satisfactoria  muy satisfactoria

Justifica tu valoración:

Valora el grado en que consideras que la metodología seguida te ha ayudado a aprender, en comparación con planteamientos metodológicos más tradicionales:  
 me ha ayudado menos  me ha ayudado igual  
 me ha ayudado más  me ha ayudado mucho más

Valora el grado en que consideras que el uso de esta metodología te ha ayudado a:  
 ("1" muy poco, "2" poco, "3" bastante, "4" mucho)

Comprender contenidos teóricos	1	2	3	4
Establecer relaciones entre teoría y práctica	1	2	3	4
Relacionar los contenidos de la asignatura y obtener una visión integrada	1	2	3	4
Aumentar el interés y la motivación por la asignatura	1	2	3	4
Analizar situaciones de la práctica profesional	1	2	3	4
Indagar por tu cuenta en torno al trabajo planteado	1	2	3	4
Tomar decisiones en torno a una situación real	1	2	3	4
Resolver problemas u ofrecer soluciones a situaciones reales	1	2	3	4
Desarrollar tus habilidades de comunicación (oral o escrita)	1	2	3	4
Desarrollar tu autonomía para aprender	1	2	3	4
Tomar una actitud participativa respecto a tu aprendizaje	1	2	3	4
Mejorar tus capacidades de trabajo en grupo	1	2	3	4
Desarrollar competencias necesarias en la práctica profesional	1	2	3	4

El sistema de evaluación seguido ha sido adecuado a la metodología

La orientación proporcionada por el/la profesor/a durante el proceso, ¿ha satisfecho tus necesidades?  
 Poco  Suficiente  Bastante  Mucho

¿Cambiarías algo? ¿Se te ocurre alguna propuesta de mejora?

Si el próximo curso/módulo/cuatrimestre pudieras elegir, ¿copiarías por esta metodología?  
 Sí  No

Figura 3. Encuesta sobre la metodología ABP.

# **Didáctica en los estudios de Ingeniería Informática**



# El uso de los demostradores automáticos de teoremas para la enseñanza de la programación

Ana Romero  
Departamento de Matemáticas y Computación  
Universidad de La Rioja  
Edificio Vives, c/Luis de Ulloa s/n  
26004 Logroño  
ana.romero@unirioja.es

## Resumen

La verificación formal de algoritmos, impartida en los estudios de Ingeniería Informática como parte de las asignaturas de programación, se suele explicar de manera “teórica” introduciendo los axiomas de la lógica de Hoare y realizando diversos ejercicios de verificación (a mano) de pequeños programas. Aunque los alumnos han debido adquirir previamente los conocimientos de Lógica necesarios, muchos de ellos presentan serias dificultades para expresar formalmente los distintos pasos de las pruebas de corrección planteadas. En esta experiencia se ha decidido utilizar como herramienta de apoyo para explicar la verificación formal de algoritmos un demostrador automático de teoremas llamado Krakatoa. Esta herramienta permitirá a los estudiantes visualizar de manera interactiva los distintos pasos necesarios para probar la corrección de un programa, reflexionar sobre los razonamientos seguidos y comprender la importancia de la verificación de algoritmos para mejorar la fiabilidad de nuestros programas.

## Abstract

Formal verification of algorithms, taught in Computer Engineering studies as part of programming subjects, is usually explained in a “theoretical” way introducing the different axioms of Hoare logic and doing (by hand) various exercises of verification of small programs. Although students are supposed to have previously acquired the necessary logic concepts, many of them have serious difficulties to formally express the different steps of the considered correction proofs. In this experience we have decided to explain formal verification of algorithms by using, as a support tool, an automatic theorem prover called Krakatoa. This tool will allow students to interactively visualize the various steps required to prove the correctness of a pro-

gram, to think about the used reasoning and to understand the importance of verification of algorithms to improve the reliability of our programs.

## Palabras clave

Verificación formal de algoritmos, pruebas de corrección, demostradores automáticos de teoremas, Krakatoa.

## 1. Introducción

En el campo de la Ingeniería del Software, para comprobar que un programa desarrollado es *correcto* por norma general se suele realizar una fase de testing, en la que se seleccionan un conjunto de datos de entrada para determinar si los resultados producidos por el programa sobre esos datos coinciden o no con los valores esperados. Aunque existen aplicaciones que generan automáticamente de manera aleatoria tantos casos de prueba como se deseen y comprueban si el programa devuelve lo esperado, para asegurar que el programa es correcto esto no es suficiente ya que el programa se debería probar sobre el conjunto (habitualmente infinito) de *todos* los valores posibles de los datos de entrada. Esto quiere decir que el testing sólo puede asegurar que el programa funciona correctamente para un conjunto limitado de entradas, sin asegurar su correcto funcionamiento para el resto.

La verificación formal de algoritmos es una técnica que permite probar la corrección de un algoritmo antes de ser implementado en un lenguaje de programación concreto, asegurando que el programa es correcto sin necesidad de hacer testing. Aunque la verificación formal de algoritmos no aparece recogida en las recomendaciones del Consejo de Universidades para el título oficial del Grado en Ingeniería Informática (BOE número 187 de 4/8/2009, páginas 66699 a 66710), sí que se contempla en la mayoría de los planes de estudios

de nuestras universidades como parte de algunas de las asignaturas de programación, y permite a los estudiantes completar su formación desde una perspectiva más formal.

En la Universidad de La Rioja la verificación formal de algoritmos forma parte de los contenidos de la asignatura “Especificación y Desarrollo de Sistemas de Software”, que se imparte en el segundo cuatrimestre del segundo curso. Esta asignatura ya formaba parte (con contenidos muy similares, incluyendo también la verificación formal de algoritmos) del plan de estudios (actualmente a extinguir) de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión.

Desde la implantación del plan de estudios anterior hasta el curso 2011/2012, ya dentro del Grado, esta materia se ha venido explicando de una manera “teórica”, presentando mediante clase magistral los axiomas de la lógica de Hoare [1] y realizando algunos ejercicios de verificación (a mano) de pequeños programas escritos en un lenguaje imperativo. A pesar de ser el método *habitual* de enseñanza de esta materia en las diferentes universidades, a lo largo de los años se ha observado que este método no resulta totalmente satisfactorio ya que muchos alumnos presentan serias dificultades a la hora de expresar formalmente los distintos pasos que aparecen en las pruebas de corrección y manifiestan que se trata de un tema difícil y de poca utilidad. Aunque los resultados globales de la asignatura no son malos, se intuye que en muchos casos, para superar la prueba de evaluación, los estudiantes optan por mecanizar el proceso de verificación formal de un algoritmo sin llegar a entender correctamente esta materia.

En el curso 2012/2013 se ha decidido completar la enseñanza “tradicional” (teórica) seguida hasta ahora en la asignatura EDSS utilizando como ayuda un demostrador automático de teoremas llamado Krakatoa<sup>1</sup>. Esta herramienta permite especificar formalmente programas Java y probar su corrección. Partiendo de un método Java con su precondition y postcondition especificadas formalmente, Krakatoa muestra los pasos necesarios para verificar formalmente la corrección del programa y permite visualizar cómo se prueba cada uno de estos pasos, en algunos casos automáticamente o por medio de ciertos lemas y aserciones que el usuario puede introducir.

La experiencia pretende utilizar Krakatoa como herramienta de apoyo, mostrando a los estudiantes cómo esta aplicación es capaz de demostrar automáticamente algunos de los ejemplos vistos en clase de manera teórica. No se pretende que los alumnos sean capaces de trabajar de manera autónoma con el demostrador automático de teoremas, ya que se considera que esta tarea requeriría una dificultad excesiva para los objeti-

vos perseguidos en la asignatura. Como herramienta de apoyo, Krakatoa permite a los estudiantes visualizar en un entorno interactivo los distintos pasos que realizan a mano para dar la prueba de la corrección de un algoritmo, comprender mejor los razonamientos seguidos y entender la importancia de la verificación de algoritmos para mejorar la fiabilidad de nuestros programas.

## 2. Contexto de la experiencia

La asignatura “Especificación y Desarrollo de Sistemas de Software”(EDSS), en los estudios del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de La Rioja, es una asignatura obligatoria que se imparte en el segundo curso, segundo cuatrimestre. Consta de 6 créditos ECTS, divididos en 30 horas presenciales de teoría, 28 horas presenciales de prácticas de laboratorio, 2 horas para la prueba de evaluación final y 90 horas de trabajo autónomo del alumno. La asignatura es común al Grado en Matemáticas; los alumnos de ambos grados asisten juntos a clase y tanto los contenidos como los criterios de evaluación son iguales. El número total de matriculados suele estar en torno a 50. La asignatura ya formaba parte (con contenidos muy similares, incluyendo entre ellos la verificación formal de algoritmos) de los planes de estudios (actualmente a extinguir) de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión y Licenciatura en Matemáticas, que comenzaron a impartirse en el curso 2002/2003.

EDSS es la cuarta asignatura dentro del módulo “Programación”. Además de haber cursado las tres asignaturas precedentes (“Metodología de la programación”, “Tecnología de la programación” y “Programación orientada a objetos”), se supone que los estudiantes han adquirido anteriormente los conocimientos fundamentales de la lógica de primer orden impartidos en la asignatura “Lógica”, del primer curso, segundo cuatrimestre.

Como se indica en la guía docente de la asignatura<sup>2</sup>, EDSS tiene entre sus objetivos aportar una perspectiva formal (mayor nivel de abstracción) sobre diferentes aspectos relacionados con la programación (sintaxis, semántica, corrección y eficiencia), buscando una mejora en los hábitos del alumno a la hora de programar, que mejore la calidad y fiabilidad de su trabajo. Después de abordar diversos temas como la especificación e implementación de Tipos Abstractos de Datos y su relación con la Programación Orientada a Objetos, la especificación de algoritmos y las nociones de sintaxis y semántica de un lenguaje, la parte final de la asignatura (unas 5 semanas de clase, con 10 horas presenc-

<sup>1</sup>The Krakatoa verification tool for Java programs. <http://krakatoa.lri.fr/>

<sup>2</sup><https://aps.unirioja.es/GuiasDocentes/servlet/agetdocumentopdf?2012-13,801G,830,2,2>

les) está dedicada a la verificación formal de algoritmos.

La evaluación de la asignatura se divide en dos partes: 3 puntos corresponden a la realización de las prácticas (de desarrollo de programas en Java), y los otros 7 al examen final (en papel) que consta de diversos ejercicios de los temas tratados. Dentro del examen final, los ejercicios de verificación formal de algoritmos suponen aproximadamente un 40 % del total.

### 3. Verificación formal de algoritmos. Enseñanza tradicional

Tanto dentro del plan de estudios anterior en Ingeniería Técnica en Informática de Gestión (desde el curso 2002/2003 hasta el 2009/2010) como en los cursos 2010/2011 y 2011/2012, ya dentro del Grado en Ingeniería Informática, la verificación formal de algoritmos se ha venido explicando en la asignatura “Especificación y Desarrollo de Sistemas de Software” de una manera “tradicional” o “teórica”.

Para desarrollar el tema de verificación formal de algoritmos, en primer lugar se introducen mediante clases magistrales los axiomas de la lógica de Hoare [1], que dan las reglas de inferencia necesarias para probar que un programa cumple una especificación dada mediante una precondition y una postcondition.

Dadas una precondition  $Q$  y una postcondition  $R$ , un programa “ $s$ ” (formado por una serie de instrucciones elementales  $s \equiv \{s_1, \dots, s_n\}$ ) cumple la especificación  $\{Q\}s\{R\}$  si siempre que se ejecuta  $s$  comenzando en un estado que verifica  $Q$ , el programa termina y se llega a un estado que satisface  $R$ . Para probar la corrección de  $\{Q\}s\{R\}$  se consideran predicados que determinan los estados válidos en los puntos intermedios del programa, denominados *asertos* o *aserciones*, tal que  $\{Q\}s_1\{P_1\}s_2\{P_2\} \dots \{P_{n-1}\}s_n\{R\}$ . Si el aserto inicial  $Q$  (precondition) se satisface, y cada “programa” elemental  $s_k$ , consistente en una sola instrucción, satisface su especificación  $\{P_{k-1}\}s_k\{P_k\}$ , entonces se satisface finalmente la postcondition  $R$  y el programa es correcto.

La lógica de Hoare da reglas para probar la corrección de las instrucciones básicas de un lenguaje de programación (asignación, composición secuencial, condicional, composición iterativa...). Estas reglas permiten calcular de manera mecánica preconditiones válidas a partir de una postcondition dada para asignaciones, composiciones secuenciales y sentencias condicionales. En el caso de la composición iterativa es necesario construir un *invariante*  $P$ , que es un predicado que se cumple antes de entrar al bucle y tras cada iteración, y que debe ser lo suficientemente *fuerte* para que a partir de él, a la salida del bucle, podamos dedu-

cir la postcondition.

En clase de EDSS se presentan (de manera teórica) cada una de las reglas de Hoare para las instrucciones básicas de un lenguaje imperativo, tal y como viene explicado en [3], y se realizan pequeños ejemplos elementales de aplicación de cada una de ellas. Una vez introducidas todas las reglas, se realizan algunos ejercicios de pruebas de verificación formal de pequeños programas completos con un esquema iterativo.

Las pruebas de corrección realizadas en la asignatura EDSS se *limitan* a programas que responden al siguiente esquema:

```
{Q}
<inicializar>
mientras que B hacer
  <cuerpo>
fmq
devuelve (<var>)
{R}
```

donde los bloques `<inicializar>` y `<cuerpo>` están formados por una secuencia de instrucciones elementales, normalmente asignaciones y/o estructuras condicionales. En realidad esto no supone ninguna restricción, ya que si hay varios bucles “hermanos” puede pensarse que todos menos el último están en `<inicializar>`, y si hay bucles anidados puede pensarse que los bucles internos están en `<cuerpo>`.

Según la axiomática de Hoare, para verificar un programa que tenga el esquema anterior hace falta:

1. Encontrar un invariante  $P$  para el bucle.
2. Probar que se cumple  $\{Q\}\langle\text{inicializar}\rangle\{P\}$ .
3. Probar que  $P$  es invariante, es decir, se cumple  $\{P \text{ and } B\}\langle\text{cuerpo}\rangle\{P\}$ .
4. Probar que  $\{P \text{ and not}(B)\}$  es más fuerte que la postcondition  $\{R\}$ .
5. Asegurar que el bucle termina.

Siguiendo estos pasos se consideran en la asignatura las pruebas de corrección de algunos algoritmos sencillos como por ejemplo el cálculo (iterativo) de la potencia de un número real elevado a un entero positivo, el cálculo del factorial de un número entero, el cálculo de la raíz cuadrada entera, la búsqueda (secuencial) de un elemento en un vector o la suma de las componentes de un vector. Tras presentar algunos de estos ejercicios en la pizarra, se realizan también algunas clases de problemas en las que los alumnos deben poner en práctica lo aprendido y realizar ellos solos algunas pruebas de corrección propuestas.

Este método “tradicional”, utilizado también en otras muchas universidades, presenta algunos problemas, debido sobre todo a que los estudiantes del Grado en Ingeniería Informática poseen una formación de carácter técnico adecuada pero tienen más dificultad en adquirir los conocimientos y las competencias en los aspectos más matemáticos, lógicos y formales.

A pesar de que los ejemplos y ejercicios de pruebas de corrección realizados en la asignatura EDSS son programas sencillos, a lo largo de los años se ha observado que los alumnos presentan serias dificultades a la hora de expresar formalmente los distintos pasos necesarios para aplicar las reglas de inferencia de la lógica de Hoare y realizar las pruebas de corrección planteadas. Muchos estudiantes manifiestan que el tema de verificación de algoritmos es el que más difícil les resulta de la asignatura y así lo reflejan también las calificaciones obtenidas en la parte correspondiente a esta materia dentro del examen final realizado. Además, aunque los resultados globales de la asignatura no son malos, se observa el caso de algunos alumnos que consiguen superar la evaluación porque terminan por mecanizar el proceso de las pruebas de corrección, muchas veces sin llegar a entenderlo totalmente.

#### 4. Demostradores automáticos de teoremas y verificación formal de algoritmos

En el curso 2012/2013 se ha decidido completar el método “teórico” seguido hasta ahora para explicar la verificación formal de algoritmos utilizando como herramienta de apoyo una aplicación de verificación automática de programas escritos en Java llamada Krakatoa. Para probar la corrección de un programa Java, Krakatoa recibe su especificación (precondición y postcondición) escrita en el lenguaje Java Modeling Language [2] (JML) y por medio de una herramienta llamada Why<sup>3</sup> genera una serie de lemas (llamados “proof obligations”, obligaciones) que corresponden a los pasos necesarios, según la lógica de Hoare, para probar la corrección del programa. Estos lemas tratarán de ser probados mediante algunos demostradores automáticos incorporados dentro de Krakatoa, y si no se consigue, podrán ser enviados a Coq<sup>4</sup>, un demostrador de teoremas interactivo en el que el usuario puede construir sus propias pruebas.

Por ejemplo, el siguiente método Java calcula el máximo de dos enteros:

```
/*@ ensures \result >= x && \result >= y
   @ && \forall integer z; z >= x && z >= y
   @ ==> z >= \result;
   @*/
public static int max(int x, int y) {
    if (x>y) return x; else return y;
}
```

La especificación del método, escrita en lenguaje JML, se indica con comentarios entre /\*@ y @\*/. La cláusula `ensures` indica la postcondición, que es un

predicado que deberá verificarse a la salida del método para cualquier valor de sus argumentos. Dentro de la postcondición, `result` denota el valor devuelto por el método. La postcondición en este caso significa:

- el resultado es mayor o igual que  $x$ ,
- el resultado es mayor o igual que  $y$ ,
- el resultado es el menor de todos los posibles enteros que sean mayores que  $x$  e  $y$ .

El objetivo es probar que el método `max` está implementado correctamente, es decir, que satisface la especificación dada. Como muestra la Figura 1, Krakatoa genera para ello 6 lemas (*obligaciones*) que expresan la validez del programa. Estas 6 obligaciones prueban cada una de las 3 componentes de la postcondición, que deben verificarse para cada una de las dos ramas de la cláusula condicional, y corresponden exactamente a los pasos que los alumnos deberían realizar para probar formalmente (de modo teórico) la corrección del programa. El primer lema, que aparece detallado en la imagen, indica que, en el caso  $x > y$ , se verifica que el resultado es mayor o igual que  $x$ . En este caso los lemas son sencillos y los demostradores automáticos Alt-Ergo<sup>5</sup> y CVC3<sup>6</sup> incorporados dentro Krakatoa son capaces de probarlos directamente. La prueba de las 6 obligaciones demuestra la corrección del programa respecto a la especificación dada, lo que garantiza que en cualquier situación, es decir, para cualquiera de los (infinitos) posibles datos de entrada, el programa devuelve el resultado esperado.

La prueba de corrección de un programa se complica cuando se utilizan estructuras iterativas. Consideremos ahora el siguiente método para calcular la raíz cuadrada de un número entero:

```
/*@ requires x >= 0;
   @ ensures
   @   \result >= 0 && \result * \result <= x
   @   && x < (\result + 1) * (\result + 1);
   @*/
public static int sqrt(int x) {
    int count = 0, sum = 1;
    while (sum <= x) {
        count++;
        sum = sum + 2*count+1;
    }
    return count;
}
```

La cláusula `requires` introduce la precondición, que es un predicado que se debe cumplir al llamar al método. En este caso se pide que el parámetro  $x$  sea no negativo, ya que en otro caso no sería posible calcular su raíz cuadrada. Krakatoa genera ahora 5 obligaciones (3 para probar la postcondición y dos para probar

<sup>3</sup>The Why verification tool. <http://why.lri.fr>

<sup>4</sup>The Coq Proof Assistant. <http://coq.inria.fr/>

<sup>5</sup>Alt-Ergo: An automatic theorem prover dedicated to program verification. <http://alt-ergo.lri.fr/>

<sup>6</sup>CVC3. <http://www.cs.nyu.edu/acsys/cvc3/>

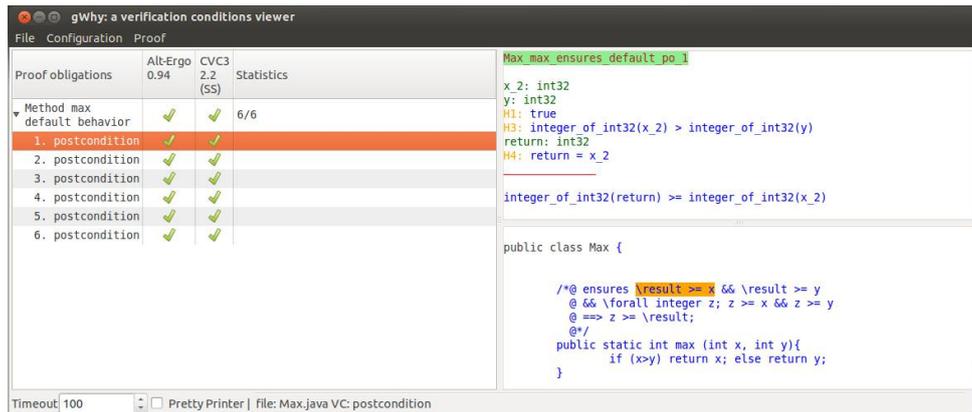


Figura 1: Obligaciones generadas por Krakatoa para el método max.

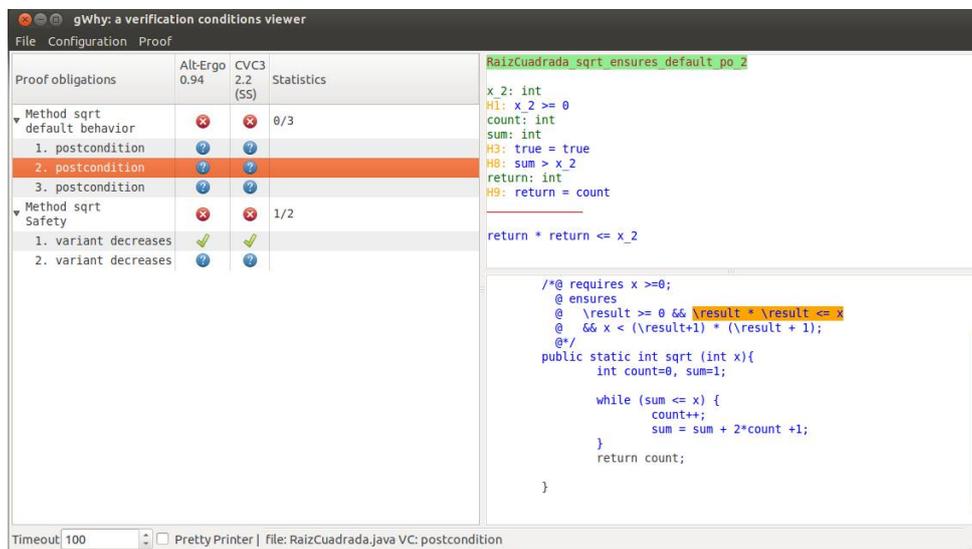


Figura 2: Obligaciones generadas por Krakatoa para el método sqrt sin especificar el invariante.

que el método es seguro) pero, como se observa en la Figura 2, sólo es capaz de probar una de ellas.

Para probar la corrección de un programa con una estructura iterativa siguiendo los axiomas de la lógica de Hoare, como ya hemos explicado en la Sección 4, hace falta definir un invariante  $P$  que es un predicado que se cumple a la entrada del bucle y tras cada iteración. Este invariante tiene que ser lo suficientemente fuerte para que de él, a la salida del bucle, se deduzca la postcondición, por lo que no siempre es sencillo deducir cuál es el invariante correcto.

Para introducir el invariante en la especificación JML en Krakatoa utilizamos la cláusula `loop invariant`. Además, para poder comprobar que el bucle termina (y por tanto el método es seguro), en muchas ocasiones hay que indicarle a Krakatoa una expresión entera y no negativa que decrezca en cada iteración, llamada `loop variant`, asegurando así que siempre llegará un momento en que se deje de cum-

plir la condición de entrada. Para la estructura iterativa dentro del método `sqrt` podemos utilizar la siguiente especificación:

```

public static int sqrt(int x) {
    int count = 0, sum = 1;
    /*@ loop_invariant
    @ count >= 0 && x >= count*count &&
    @ sum == (count+1)*(count+1);
    @ loop_variant x - sum;
    @*/
    while (sum <= x) {
        count++;
        sum = sum + 2*count+1;
    }
    return count;
}
    
```

Ahora Krakatoa genera 11 obligaciones; algunas de ellas han aparecido al incluir el invariante, y aseguran que éste verifica las propiedades necesarias. Podemos observar que las obligaciones generadas corresponden

a los pasos indicados en la Sección 4 para la prueba de corrección “teórica”. Con la *ayuda* del invariante el demostrador CVC3 sí que es capaz de probar la corrección del programa, como vemos en la Figura 3.

En otros casos más complicados, además de definir el invariante y el *variante* para las estructuras iterativas, puede ser necesario incluir predicados o definiciones axiomáticas o añadir “pistas”, llamadas *aserciones*, que ayuden a probar los lemas generados por Krakatoa. Además, si los demostradores automáticos incorporados dentro de Krakatoa no son capaces de probar las obligaciones generadas, también existe la posibilidad de *enviar* estos lemas (a través de un fichero que se genera automáticamente) al demostrador interactivo Coq y realizar la prueba dentro de él.

La experiencia planteada en la asignatura EDSS pretende utilizar Krakatoa como herramienta de apoyo para la enseñanza de la verificación formal de algoritmos. Una vez que los alumnos conocen los axiomas de la lógica de Hoare y han visto cuáles son los pasos teóricos necesarios para dar la prueba de corrección de un programa sencillo, se mostrará a los estudiantes cómo la herramienta es capaz de demostrar automáticamente algunos de los ejemplos vistos en clase de manera teórica. Se observará que los lemas generados por Krakatoa corresponden a los distintos pasos teóricos de la lógica de Hoare y se verá la necesidad de definir un invariante que sea lo suficientemente fuerte para que de él, a la salida del bucle, se pueda deducir la postcondición.

No se pretende que los estudiantes sean capaces de trabajar de manera autónoma con el demostrador automático de teoremas, lo que requeriría una dificultad excesiva para los objetivos perseguidos. Sin embargo, como herramienta de apoyo, Krakatoa permitirá a los estudiantes visualizar en un entorno interactivo los distintos pasos que realizan a mano para dar la prueba de la corrección de un algoritmo, comprender mejor los razonamientos seguidos y entender la importancia de la verificación de algoritmos para mejorar la fiabilidad de nuestros programas.

Para evaluar la comprensión de la herramienta en su primer año de utilización se incorporará un ejercicio dentro del examen teórico con algunas cuestiones sencillas sobre Krakatoa como la identificación de las distintas partes de la especificación JML de un método Java o la detección de elementos incorrectos en un código dado.

## 5. Algunos ejemplos de pruebas de corrección con Krakatoa

### 5.1. Búsqueda secuencial

Consideramos uno de los ejemplos (sencillos) de prueba de corrección que se han explicado los últimos años en EDSS: un algoritmo para la búsqueda secuencial de un dato en un vector de enteros.

La implementación de este algoritmo en Java vendría dada por el siguiente método:

```
public static boolean busqueda_secuencial
    (int v[], int x) {
    int i=0;
    boolean esta=false;
    while (i<v.length) {
        if (v[i] == x) esta=true;
        i=i+1;
    }
    return esta;
}
```

Tras presentar la idea del método, los estudiantes deberían pensar (en lenguaje lo más formal posible) cuál sería su especificación (precondición y postcondición). La postcondición debe expresar que el método devuelve cierto si el elemento  $x$  está en el vector  $v$ , y falso en otro caso.

Para dar la especificación en JML, se mostraría a los estudiantes que Krakatoa permite definir predicados. En este caso es conveniente definir el siguiente predicado, que indica si un dato  $x$  aparece entre las  $n$  primeras componentes de un vector  $v$ :

```
/*@ predicate contiene{L}(int[] v,
    @         integer n, integer x) =
    @ 0 <= n && n < v.length &&
    @ (\exists integer i;
    @ 0 <= i && i <= n && v[i]==x );
    @*/
```

Utilizando este predicado, los alumnos podrían tratar de escribir, utilizando la sintaxis de JML, la especificación del método `busqueda_secuencial`, que sería:

```
/*@ requires v != null && 1 <= v.length ;
    @ ensures \result <==>
    @ contiene(v, v.length-1, x);
    @*/
```

Con esta especificación, se mostraría que Krakatoa genera 8 obligaciones de las cuales sólo es capaz de probar 3. Como ya se ha comentado anteriormente, es necesario definir el invariante  $P$  para la estructura condicional. Los estudiantes pensarían un invariante adecuado y se discutirían en clase las posibles opciones planteadas, valorando si son o no correctas, e implementando algunas de las sugerencias en JML para ir

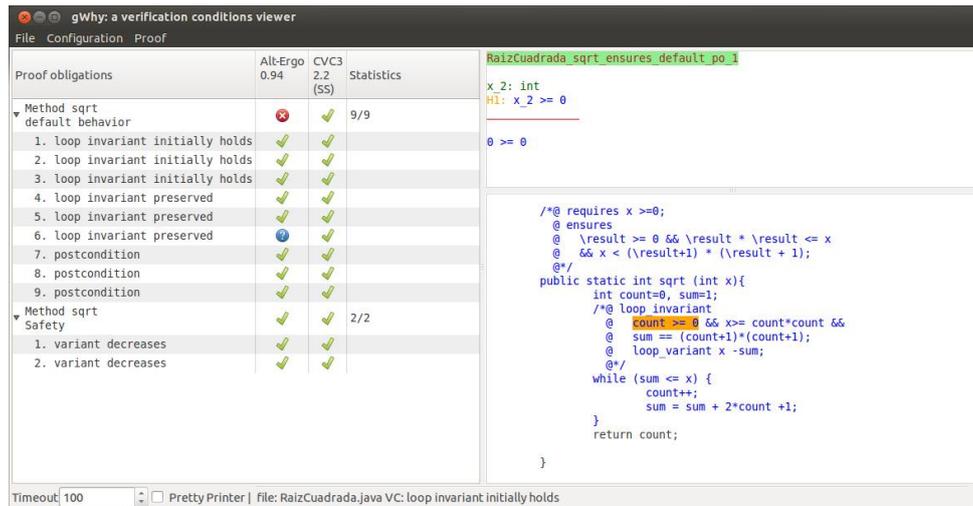


Figura 3: Obligaciones generadas por Krakatoa para el método sqrt con el invariante definido.

viendo con cada una de ellas si Krakatoa consigue o no probar la corrección del programa.

Una solución para el invariante (y el *variante*) en JML sería:

```

/*@ loop_invariant
@ 0<=i && i<=v.length &&
@ (esta==true <==> contiene(v,i-1,x));
@ loop_variant
@ v.length-i ;
@*/
    
```

Finalmente, observaríamos que con esta ayuda Krakatoa sí que es capaz de verificar el programa, asegurando así su corrección.

### 5.2. Factorial y potencia de exponente natural

Otros dos ejemplos sencillos de pruebas de corrección de algoritmos que se han realizado en años anteriores en la asignatura de EDSS de manera teórica y que ahora se pueden presentar con la ayuda de Krakatoa son el cálculo de la potencia de exponente natural y el factorial de un número natural.

Como la versión de JML soportada por Krakatoa no incorpora la posibilidad de utilizar el factorial ni la potencia, para poder especificar los métodos en Krakatoa hacen falta algunas definiciones axiomáticas. En el caso del factorial la definición en JML sería:

```

/*@ axiomatic Factorial {
@ logic integer fact(integer n);
@ axiom fact_zero :
@ fact(0) ==1;
@ axiom fact_sum:
@ \forall integer n;
@ fact (n+1) ==fact (n) * (n+1);
@}
@*/
    
```

La especificación del método, que los demostradores incorporados en Krakatoa prueban automáticamente, sería:

```

/*@ requires n >=0;
@ ensures \result==fact(n);
@*/
public static int factorial(int n){
int i=0;
int f=1;
/*@ loop_invariant
@ 0 <= i && i <= n && f==fact(i) ;
@ loop_variant n-i ;
@*/
while (i<n) {
i++;
f=f*i;
}
return f;
}
    
```

### 5.3. Raíz cuadrada real utilizando el método de Newton

Podemos considerar también el siguiente método para el cálculo de la raíz cuadrada de un número real utilizando el método de aproximación de Newton (con error menor que un dato  $\epsilon$  dado).

```

public static double newtonSqrt
(double c, double epsi){
double t;
if (c>1) t= c;
else t=1.1;
while (t* t - c >= epsi) {
t = (c/t + t) / 2.0;
}
return t;
}
    
```

En este caso, además de dar el invariante, para probar que la expresión  $t * t - c$  decrece en cada iteración

y por tanto el bucle termina, hace falta introducir en Krakatoa el siguiente lema:

```
/*@ lemma newton_decreases :
  @ \forall double c t;
  @ t > 0 && t * t > c ==>
  @ (c / t + t) / 2.0 < t;
  @
*/
```

Aunque los demostradores automáticos incorporados dentro de Krakatoa no son capaces de probar este lema, sí que se puede observar en clase que a partir de él la aplicación es capaz de demostrar la corrección del método. Para poder demostrar formalmente el lema anterior habría que hacer uso de Coq, pero su utilización resulta mucho más compleja y no se plantea dentro de los objetivos de la experiencia.

## 6. Conclusiones

La verificación formal de algoritmos forma parte de las asignaturas de programación en los estudios en Ingeniería Informática y se suele enseñar de manera teórica, presentando los axiomas de la lógica de Hoare y realizando (a mano) algunos ejemplos de pruebas de corrección de programas sencillos. Este método, seguido durante varios años en la asignatura de “Especificación y Desarrollo de Sistemas de Software” de la Universidad de La Rioja, presenta algunas carencias, debido sobre todo a que muchos estudiantes tienen dificultades para expresar formalmente los diferentes pasos de las pruebas.

En la experiencia presentada se ha utilizado una herramienta de apoyo llamada Krakatoa para intentar que los alumnos consigan entender mejor las pruebas de corrección realizadas en clase. Krakatoa es una aplicación que permite verificar automáticamente programas escritos en lenguaje Java, que deben ser especificados (indicando, entre otras cosas, su precondition y postcondition), en lenguaje JML. Para probar la corrección de un programa, Krakatoa genera una serie de

lemas que pueden ser probados por algunos demostradores automáticos de teoremas incorporados o usando el demostrador interactivo Coq. La prueba de estos lemas certifica la corrección del programa, y asegura por tanto que su comportamiento será el esperado sin necesidad de hacer testing.

En la experiencia se muestra cómo Krakatoa es capaz de realizar automáticamente algunas de las pruebas de corrección que los estudiantes han hecho anteriormente a mano, siguiendo los mismos pasos que los realizados en el método teórico. Aunque no se trata de que los alumnos aprendan a manejar la aplicación, el uso de este entorno interactivo como herramienta de apoyo permite que los estudiantes comprendan mejor las pruebas planteadas y los pasos a realizar necesarios en cada una de ellas.

En este primer año de aplicación no se conocen aún los resultados en las pruebas de evaluación, pero se espera que las calificaciones del examen final en la parte correspondiente a la verificación formal sean mayores que en años anteriores, al conseguir profundizar más en el tema mediante la ayuda de Krakatoa. Los resultados reales estarán disponibles al final del cuatrimestre actual y se mostrarán en la presentación del trabajo en las XIX Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática.

## Referencias

- [1] Charles Antony Richard Hoare. *An axiomatic basis for computer programming*. Communications of the ACM, 12 (1969) 576-580.
- [2] Gary T. Leavens, Albert L. Baker y Clyde Ruby. *Preliminary design of JML: A behavioral interface specification language for Java*. Technical report 98-06, Iowa State University, 2000.
- [3] Ricardo Peña Marí. *Diseño de programas. Formalismo y abstracción*. Prentice Hall, 1993.

# Experiencia de adaptación y plan de mejora de la materia de Sistemas Inteligentes en la titulación de Grado en Ingeniería Informática

Beatriz Pérez-Sánchez, David Alonso-Ríos, Amparo Alonso-Betanzos  
Vicente Moret-Bonillo y David Martínez-Rego

Departamento de Computación  
Facultad de Informática, Campus Elviña, s/n  
15071 A Coruña

{bperezs,dalonso,ciamparo,civmoret,dmartinez}@udc.es

## Resumen

En este trabajo se exponen las experiencias asociadas a la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior para la asignatura de Sistemas Inteligentes en la titulación de Grado en Ingeniería Informática de la Universidade da Coruña. Al respecto, se comentará el proyecto de guía docente que ha sido elaborado para la materia, así como también los problemas más importantes que se han detectado, y algunos de los resultados de las evaluaciones de alumnos que se han obtenido tras el primer año de implantación, y que utilizaremos para plantear alternativas que permitan mejorar esos resultados. Con respecto a los problemas encontrados se detallarán en primer lugar, los inconvenientes ocasionados debido a la ubicación de la materia dentro del nuevo plan de estudios y en segundo lugar, los problemas generados por la organización, el calendario y la metodología docente seguida. Finalmente se comentan las posibilidades de mejora y el trabajo desarrollado para implantar un plan de seguimiento que permita subsanar, en la medida de nuestras posibilidades, los principales inconvenientes detectados.

## Abstract

This paper describes the experiences obtained from adapting the Intelligent Systems subject of the Degree in Computer Engineering of the University of A Coruña to the European Higher Education Area (EHEA). First, the teaching guide of the subject is detailed, and later the problems that the teachers have faced in applying it. Finally, some of the student's evaluation results obtained during the process are analyzed and used to propose possible improvements in future courses. Regarding the main problems we will describe, firstly, the structural issues caused by the subject's

placement in the new curriculum and, secondly, some difficulties related to organization, scheduling, and teaching methodology. Several possible solutions to the encountered problems are analyzed, together with a plan to implement them, with the aim of correcting the problems detected.

## Palabras clave

Sistemas inteligentes, estrategia docente, paradigma educativo, optimización de recursos, planificación.

## 1. Introducción y motivación

La convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) implica un cambio importante en los hábitos docentes del profesorado. La docencia tradicional se centra en la lección magistral [7] donde los alumnos reciben y aceptan la información y los conocimientos proporcionados por el profesor. Se considera que la docencia tradicional fomenta en los estudiantes un aprendizaje superficial, basado en la memorización y repetición de contenidos [3, 4]. Sin embargo, un aprendizaje que requiera comprensión, aplicación, análisis, síntesis y crítica de los contenidos, necesita una participación más activa del alumno, incluyendo realimentación de la información [6]. El estudiante deja de ser un mero receptor para convertirse en el responsable de la evaluación y organización de los conocimientos. Esta forma de aprender proporciona una retención de los conocimientos más duradera. Por este motivo, es preciso reconsiderar la labor del profesor [1] y adaptar las antiguas metodologías de enseñanza con el objeto de desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno.

Este nuevo enfoque docente se caracteriza por transmitir no sólo contenidos teóricos, sino también por promover el aprendizaje autónomo y el desarrollo de competencias en el alumnado. Esto implica una reorganización de las clases, inmersas ahora en una visión más global de la actividad docente, así como una reactivación de las tutorías y del seguimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje y de la planificación. La labor del profesor es la de guiar al alumno a través de un conjunto de actividades educativas donde la clase presencial es un elemento más para la consecución de una serie de competencias.

En concreto, para la adaptación al EEES la Universidad de Coruña (UDC) establece que la docencia de cada materia se reparte en: expositiva (núcleo teórico), interactiva (prácticas) y tutorías de grupos reducidos (TGR) [8]. La materia que centra nuestra atención tiene matriculados un número de alumnos ligeramente inferior a 200. La docencia en grupos pequeños es fundamental en la adaptación de materias que cuentan con un elevado número de alumnos debido a que facilita el trabajo y favorece la aplicación de técnicas docentes apropiadas. La actividad en grupos reducidos promueve el desarrollo de competencias necesarias para la práctica profesional, permite al alumno comprender las ventajas y también las dificultades que pueden surgir cuando se trabaja en equipo y lograr mayor confianza en sí mismo a través de la práctica en la expresión y en la defensa de sus ideas [2, 5]. Considerando todas estas cuestiones, en este trabajo presentamos las experiencias asociadas a la implantación de los contenidos de la Inteligencia Artificial (IA) tradicional (simbólica) en la titulación de Grado en Ingeniería Informática en la UDC.

## 2. Análisis del contexto de la asignatura

En el antiguo plan de estudios [9] de la titulación de Ingeniería en Informática de la UDC, la materia de IA es una asignatura obligatoria de segundo ciclo. Es una materia extensa y densa de cuarto curso que se imparte a lo largo de un curso académico completo y tiene asignadas 5 horas semanales de clase, repartidas en tres horas de clases teóricas y dos horas de prácticas de laboratorio. La mayoría de los temas de la asignatura corresponden al paradigma simbólico de la IA, también denominado aproximación tradicional de la IA.

En el curso académico 2010/2011 se implantó en la Facultad de Informática de la UDC la nueva titulación de Grado en Ingeniería Informática. En el nuevo plan de estudios [10, 11] los contenidos de la antigua materia de IA forman parte de una asignatura más general, denominada Sistemas Inteligentes (SI), asigna-

da al segundo curso de la titulación. La nueva materia condensa contenidos de la IA tradicional o simbólica y también de la aproximación conexionista o subsimbólica. Los contenidos de ambas aproximaciones de la IA se reparten equitativamente en el cuatrimestre, repartiéndose en primer lugar los contenidos asociados a la aproximación tradicional. En el Cuadro 1 se presenta un breve resumen de las principales características de la materia en el plan de Ingeniería Informática (segunda columna) y en el nuevo plan de Grado en Ingeniería Informática (tercera columna). La información presentada en el Cuadro 1 permite realizar una comparativa de los contenidos de IA en ambos planes de estudio. Por un lado, se puede observar cómo se reduce, de manera notable, el número de créditos asignados y por tanto, la dedicación asociada a tales contenidos. Se pasa de una materia anual de 9 créditos centrada en la aproximación tradicional de la IA, a una materia cuatrimestral de 6 créditos que condensa las aproximaciones tradicional y conexionista. Por otra parte, un cambio importante es el curso asignado a la materia, ya que los conocimientos impartidos en el cuarto curso del plan antiguo, se imparten ahora en segundo. Ambos aspectos son limitaciones importantes y plantean un reto debido a que se ha de trabajar con alumnos con un menor bagaje académico, con conocimientos base más limitados. Además de lo anterior, la reducción en el programa asociado supone una reorganización completa del plan docente de la IA. Asimismo, es necesario cubrir las especificaciones del plan docente para la materia en cuanto a objetivos de conocimiento y a competencias que debe desarrollar el alumno y que se exponen a continuación. Los *objetivos* asociados a la IA simbólica en cuanto a conocimientos son,

- Conocer la historia de la IA, comprender los dominios y problemas típicos.
- Conocer y aplicar distintas técnicas de representación del conocimiento.
- Aprender, comprender y ser capaces de construir arquitecturas inteligentes.
- Dominar distintos esquemas de razonamiento, y ser capaces de aplicarlos a los sistemas inteligentes.

Las *competencias* asociadas a la titulación que debe desarrollar el alumno al cursar la IA simbólica son principalmente,

- Capacidad para resolver problemas matemáticos que se presentan en ingeniería. Aptitud para aplicar conocimientos de álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, métodos numéricos, algorítmica numérica, estadística y optimización.
- Conocimiento de la estructura, funcionamiento e interconexión de los sistemas informáticos, los

	Ingeniería Informática	Grado en Ingeniería Informática
Departamento	Computación	Computación
Área conocimiento	Cc. Computación e IA	Cc. Computación e IA
Nombre	Inteligencia Artificial	Sistemas Inteligentes
Ciclo	Segundo	Grado
Periodo	Anual	Cuatrimstral (2º cuatrimestre)
Curso	Cuarto	Segundo
Tipo	Troncal	Obligatoria
Créditos	9	6

Cuadro 1: Resumen de las características de la materia antes y después de la adaptación al EEES

fundamentos de su programación y su aplicación para resolver problemas de ingeniería.

- Capacidad para comprender la importancia de la negociación, los hábitos de trabajo efectivos, las habilidades de comunicación en todos los entornos de desarrollo del software.
- Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones necesarias para el ejercicio de su profesión.
- Valorar la importancia que tiene la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el avance socioeconómico y cultural de la sociedad.
- Capacidad de análisis, síntesis y resolución de problemas.
- Valorar críticamente el conocimiento, la tecnología y la información disponibles para resolver problemas con los que deben enfrentarse.

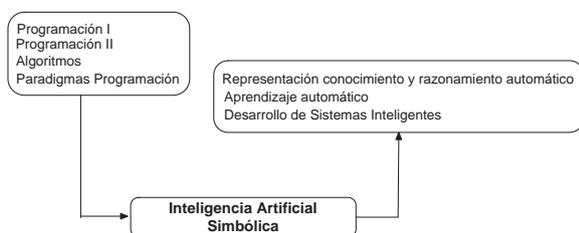


Figura 1: Dependencias de la IA simbólica con otras materias de la titulación

Otra cuestión muy importante a tener en cuenta es que el estudio de la IA simbólica presenta una serie de dependencias con los contenidos que se imparten en otras materias de la nueva titulación. En la Figura 1 se muestran gráficamente las principales interrelaciones de dependencia de otras materias con los contenidos en estudio. Además, en el Cuadro 2 se indican brevemente las principales características de estas materias. Esta información se facilita al alumnado en la guía docente de la asignatura, con el objeto de establecer una serie de indicaciones básicas antes de que se enfrenten a la materia. De este modo, se recomienda haber cursado previamente las materias de Programación I (Pro I), Programación II (Pro II), Algoritmos (Alg) y Paradigmas de Programación (PP). Como se indica en el Cua-

Materia	Curso	Cuatrimstre	Tipo
Pro I	1º	1º	Básica
Pro II	1º	2º	Básica
Alg	2º	1º	Obligatoria
PP	2º	1º	Obligatoria
RCRA	3º	2º	Obligatoria
DSI	3º	2º	Obligatoria
AM	3º	2º	Obligatoria

Cuadro 2: Materias del plan de estudios con dependencias con la IA

dro 2, las dos primeras materias son de primer curso mientras que las otras dos asignaturas corresponden al segundo curso pero se imparten en el primer cuatrimestre. Normalmente los alumnos tienen una buena base de conocimientos de las materias del primer curso, sin embargo, no se puede decir lo mismo de las asignaturas asociadas a SI que se cursan en el primer cuatrimestre del segundo curso. Este hecho supone un handicap importante a la hora de afrontar la materia. La Figura 1 y el Cuadro 2 también incluyen las materias que continúan los contenidos del temario de SI: Representación del conocimiento y razonamiento automático (RCRA), Desarrollo de Sistemas Inteligentes (DSI) y Aprendizaje Automático (AM). Estas tres asignaturas amplían los temas de representación de conocimiento, razonamiento, metodologías para la construcción de sistemas inteligentes (Ingeniería de Conocimiento), y los métodos de aprendizaje máquina. Todas ellas son materias de 6 créditos, obligatorias en el itinerario correspondiente a una especialización en Computación e Inteligencia Artificial del Grado en Ingeniería Informática. El alumnado debe ser consciente de todas y cada una de estas indicaciones antes de afrontar la materia y al mismo tiempo, debe ser consecuente con los resultados obtenidos en caso de abordar la materia sin cumplir los requisitos especificados. Teniendo en cuenta todos estos condicionantes, y los inconvenientes con los que a priori nos vamos a encontrar, se diseña un temario adaptado a este nuevo escenario. En lo sucesivo, nos centraremos únicamente en la primera parte de la materia, IA simbólica, indicando la organización y meto-

dología empleadas para el seguimiento de la misma. Finalmente los contenidos de la IA simbólica se dividen en las unidades temáticas detalladas en el Cuadro 3, donde también se especifica cuál es la dedicación horaria de docencia expositiva asignada a cada bloque temático.

## 2.1. Adaptación de contenidos al sistema ECTS

La adaptación de los contenidos se realiza teniendo en mente el nuevo concepto de crédito europeo (ECTS). Éste supone un reconocimiento del tiempo real invertido por el estudiante, representando el volumen de trabajo que el alumno debe realizar para superar una materia, incluyendo clases presenciales, trabajos prácticos, seminarios, trabajo personal, exámenes o cualquier otro método susceptible de evaluación. El crédito ECTS representa de 25 a 30 horas de trabajo. La carga de trabajo se refiere al tiempo en que se espera que un estudiante medio obtenga los resultados de aprendizaje requeridos. La propuesta que realizamos para la adaptación a la nueva distribución ECTS es la siguiente:

1. Desarrollo de prácticas de laboratorio sobre los temas centrales de los contenidos teóricos de la materia. En concreto, estarán centradas en los temas de planificación y búsqueda de soluciones para un problema concreto presentado en el aula. El desarrollo estará en todo momento guiado por los docentes, que favorecerán el trabajo continuado mediante evaluaciones parciales del trabajo del alumno.
2. Desarrollo de pruebas de autoevaluación que permitan al alumno revisar el estado de sus conocimientos sobre los contenidos de la materia.
3. Desarrollo de ejercicios resueltos y comentados para que los alumnos dispongan de pautas de realización que ayuden a la resolución de los que posteriormente les serán propuestos.
4. Desarrollo de boletines de tareas y ejercicios basados en los contenidos impartidos en el aula y con los que se pretende favorecer la asimilación de los conocimientos, así como fomentar la autonomía del alumnado para la resolución de problemas.

Este nuevo planteamiento se refleja en la guía docente de la asignatura, donde se especifican la metodología, actividades, recursos y evaluación, entre otros apartados y que se comentan con detalle en las secciones que se presentan a continuación.

## 2.2. Metodología y actividades

Como ya se comentó previamente, para la adaptación de las materias al EEES la UDC establece que la docencia se divida en tres bloques: expositiva, interactiva y tutoría de grupo reducido [8]. A continuación, se indica la *metodología* seguida para cada uno de los bloques docentes:

- *Docencia expositiva*: Clases presenciales de una hora de duración donde se describen los contenidos temáticos (véase Cuadro 3) y los objetivos perseguidos. La presentación de contenidos se apoya en la comprensión de ejemplos prácticos y se fomenta en todo momento la participación del alumnado.
- *Tutorías de Grupo Reducido*: Clases presenciales de dos horas con asistencia obligatoria. Estudio y elaboración de ejercicios evaluables sobre los distintos contenidos teóricos de la asignatura.
- *Docencia Interactiva*: Clases presenciales de dos horas de duración con asistencia obligatoria. Se plantea la elaboración y entrega de una práctica que resuelva un problema concreto planteado en el aula.

Es necesario aclarar que las clases de docencia expositiva se imparten todas las semanas del curso, mientras que las clases de TGR y de prácticas se van intercalando. En concreto de cada tres semanas, una de ellas corresponde a seminarios reducidos mientras que las otras dos semanas se destinan a prácticas de laboratorio. El calendario para el primer año de docencia establece docencia de TGR la primera semana del curso, dedicando las dos semanas siguientes a prácticas de laboratorio, y así sucesivamente. Este hecho afecta directamente a la planificación de contenidos a impartir en cada uno de los bloques de docencia. La asignación en horas para cada grupo de alumnos se divide en 15 horas para docencia expositiva (8 semanas), 10 horas para docencia interactiva (5 semanas) y finalmente 5 horas para TGR (3 semanas). Las *actividades* planteadas a lo largo del curso fueron las siguientes:

- Cuestionarios de evaluación relacionados con los contenidos expuestos en las aulas de docencia expositiva. Están disponibles para todos los alumnos, y les permiten validar sus conocimientos sobre la materia. El alumno puede repetir los cuestionarios las veces que crea necesario para mejorar su comprensión. Este hecho permite fomentar el aprendizaje mediante realimentación debido a que se proporcionan los resultados y las explicaciones adecuadamente.
- Trabajos tutelados en los que se plantean una serie de boletines asociados a los contenidos impartidos en las aulas de TGR. Además de discutir en

Unidades	Temario	Dedicación
Introducción	Antecedentes de la IA Problemática y conceptos	2 horas
Resolución	Espacio de estados Búsqueda de soluciones Características generales de la búsqueda Métodos de exploración	5 horas
Representación de conocimiento	Lógica de proposiciones y predicados Métodos declarativos Métodos procedimentales	2 horas
Sistemas de producción	Sistema dirigido por los datos Base de conocimientos Motor de inferencias Memoria activa Dinámica de los sistemas de producción	2 horas
Razonamiento	Modelo categórico Modelo de factores de certidumbre Teoría evidencial Lógica difusa	4 horas

Cuadro 3: Unidades temáticas para la IA simbólica

las clases diferentes ejemplos, se facilitan estos boletines, que cada alumno debe resolver de forma individual y entregar en la siguiente clase de TGR. Los contenidos, y por tanto los trabajos tutelados se adaptan al calendario estipulado para las sesiones a impartir que, como ya se comentó previamente, tienen lugar cada dos semanas alternas del curso. En concreto, la primera sesión es justo a comienzo de curso, cuando el alumno ha asistido únicamente a una hora de docencia expositiva, correspondiente a una introducción a la asignatura. Así, el contenido del TGR se centra en proporcionar al alumno una visión de la IA basada en sistemas inteligentes, viendo qué tipo de agentes son aquellos que se ocupan de resolver problemas. A partir de los conocimientos adquiridos en esta primera sesión, se organiza la segunda clase de TGR, centrada en estrategias de búsqueda, así el alumno refuerza las nociones que ha visto ya en clase de teoría, y que está comenzando a utilizar en las clases de prácticas. Finalmente, la última clase de TGR se centra en resolver, junto con los alumnos, varios problemas de los diferentes modelos de razonamiento que han visto en teoría.

- Prácticas de laboratorio, en las que se plantea a los alumnos un problema práctico centrado fundamentalmente en los conocimientos de planificación y búsqueda. Esta actividad implica el empleo y programación de algoritmos de búsqueda clásicos, explicados en teoría y en TGR, para resolver adecuadamente el problema planteado. El trabajo incluye también la entrega de una memoria final acorde a un guión establecido y haciendo hincapié en la justificación de los resultados.

- Controles de seguimiento del trabajo realizado. Se establecerán una serie de hitos, a los que corresponderán unas fechas prefijadas de entrega, con el objetivo de controlar el avance de los alumnos en la realización de prácticas. De esta manera, se pretende evaluar de forma continuada el trabajo de los alumnos, así como fomentar la interacción con el docente favoreciendo la resolución de dudas.

### 3. Evaluación

Debido al enfoque y a la metodología aplicada en la materia, parece lógico que la evaluación final dependa de diversos factores. Así, la valoración del alumnado se basa en tres aspectos principales especificados en el Cuadro 4 junto con sus porcentajes de valoración.

	%
Examen escrito	60
Realización prácticas de laboratorio	30
Elaboración trabajos tutelados	10

Cuadro 4: Factores a evaluar y porcentajes en la nota final

La realización de las prácticas de laboratorio y los trabajos tutelados, así como su entrega en plazo y la superación de los mismos son requisitos para que el alumno pueda presentarse al examen. Éste consiste en una prueba escrita al final del cuatrimestre que permite valorar los conocimientos y ciertas competencias que se exigen al alumnado. Para superar la materia es indispensable superar el examen así como haber entregado y

aprobado todos trabajos planteados. Se establecen una serie de restricciones que se indican a continuación,

- La nota del examen de teoría no se guarda para la segunda oportunidad de la convocatoria.
- Los trabajos tutelados deben entregarse a lo largo del curso en las fechas indicadas con el objeto de realizar una evaluación continuada del alumnado. Debido a esto, no es posible una entrega de tales trabajos para la segunda oportunidad de la convocatoria en el mes de julio.
- Las prácticas de laboratorio se evaluarán de acuerdo a una serie de criterios que se facilitan al alumnado junto, con el enunciado del problema a resolver. Para valorar el trabajo continuado del alumno se realizan una serie de controles de seguimiento, que de ser superados satisfactoriamente supondrán un 33 % de la nota asociada a las actividades de laboratorio, asignando el restante 67 % de la nota a la que se derive de la evaluación de la entrega final del trabajo de prácticas. La nota de prácticas se conserva para ambas oportunidades de la convocatoria, en el caso de resultar aprobadas.

## 4. Resultados

En cuanto a los resultados obtenidos tras la evaluación final de los alumnos en los contenidos de la IA simbólica, la nota final máxima que se alcanzó fue 8, en la primera oportunidad, y 8,4 en la segunda oportunidad de la convocatoria. El Cuadro 5 muestra las notas medias y la desviación estándar para cada uno de los apartados evaluables. Para el cálculo de la media de la nota final se han tenido en cuenta solamente a aquellos alumnos que realizaron el examen de teoría, ya que en caso contrario se considera que el alumno está en la situación de “No Presentado” a la oportunidad correspondiente. Por el contrario, las notas medias calculadas para los apartados de prácticas y TGR tienen en cuenta las tareas entregadas durante la evaluación continua. La Figura 2 muestra la distribución de alumnos según su nota final. Para una mejor visualización, la nota final está truncada a su valor entero y los porcentajes de alumnos han sido calculados con respecto al número de presentados en cada oportunidad (la suma de porcentajes de cada oportunidad se considera como 100 %).

De los 197 alumnos matriculados, 51 se presentaron al examen de teoría en la primera oportunidad, y 45 de ellos superaron satisfactoriamente los contenidos de la IA simbólica. Con *superar* nos referimos a tener una nota final mínima de 5, y además cumplir el requisito de haber obtenido como mínimo una nota de aprobado en la parte práctica. No obstante, 7 de los 45 alum-

Notas	1ª oportunidad		2ª oportunidad	
	Media	Desv.	Media	Desv.
Final	6,3	1,3	6,1	1,2
Teoría	5,8	1,6	5,8	1,8
Práctica	6,0	2,6	5,7	2,3
TGR	4,9	2,1	4,4	1,9

Cuadro 5: Notas medias de la parte simbólica

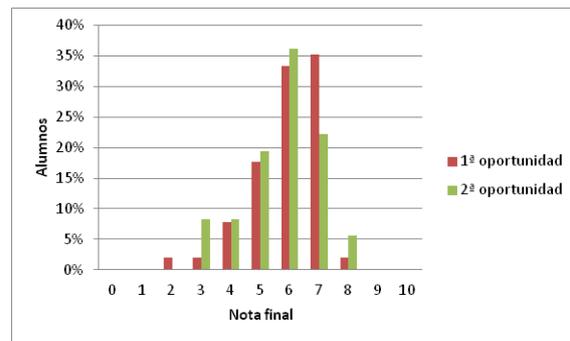


Figura 2: Distribución de alumnos según la nota final

nos anteriormente mencionados no consiguieron aprobar la asignatura por no haber superado la otra parte de la misma (IA subsimbólica), motivo por el cual fue necesario que repitiesen también el examen correspondiente a la IA simbólica en la segunda oportunidad. Finalmente, 38 alumnos superaron la materia, en su totalidad, en la primera oportunidad de la convocatoria. En cuanto a la segunda oportunidad, de un total de 159 alumnos con opción a examen se presentaron 36 estudiantes. De ellos, un total de 30 superaron la parte de IA simbólica. Respecto a aquellos alumnos que ya se habían presentado a la primera oportunidad (junio) de la convocatoria, la mayoría superaron la parte simbólica en la segunda, salvo dos suspensos y un no presentado.

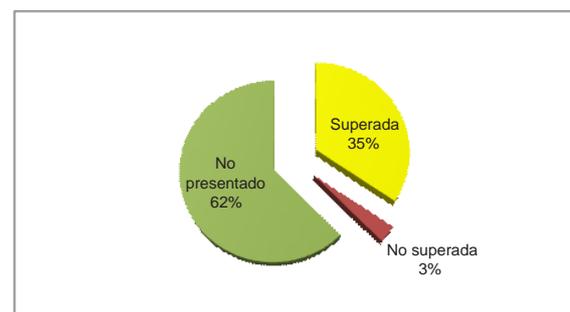


Figura 3: Resultados de IA simbólica en porcentajes

En resumen, y tras la primera convocatoria (dos oportunidades) de la asignatura se puede observar (véase Figura 3), que un 35 % de los alumnos matriculados superan la IA simbólica frente a, un 3 % que tendrán

que repetir la materia. A partir de estas estadísticas se pueden discutir diferentes cuestiones. En cuanto a la distribución de las calificaciones, en la Figura 2 se comprueba que más de la mitad de las notas finales de IA simbólica están concentradas entre el 6 y el 8, con una desviación estándar cercana a 1, que es la desviación de una distribución normal. Por el contrario, en el Cuadro 5 se observa que en las notas de evaluación continua (prácticas y TGR) la desviación estándar es significativamente mayor. Evidentemente, las calificaciones obtenidas son fruto del esfuerzo personal de cada alumno, que debe ser valorado individualmente, pero no obstante existen ciertos factores que contribuyen a que la desviación estándar sea menor en la nota final que en la evaluación continua. En primer lugar, la obligatoriedad de superar la práctica supone que los alumnos con opción a examen tienen garantizado un mínimo de 1,5 puntos sobre los 10 de la nota final (como dato, las notas finales más bajas fueron un 2,1 en la primera oportunidad y un 3,7 en la segunda). En segundo lugar, la inmensa mayoría de los alumnos entregó al menos algún trabajo de evaluación continua en las primeras semanas del cuatrimestre (el 84,1 % del alumnado presentó el primer boletín de tareas de TGR, el 70,5 % el segundo y finalmente el 57,5 % el tercero), independientemente de lo que hiciesen después. En la primera oportunidad el 87 % de los alumnos entregó algún boletín de TGR, mientras que el porcentaje de alumnos que además entregaron la práctica de IA simbólica se reduce al 45 % de los matriculados, sin olvidar que para presentarse al examen final de la asignatura era obligatorio superar además las actividades prácticas de la parte de IA subsimbólica. Como puede observarse también, el no penalizar a alguien con un suspenso por haberse limitado a realizar únicamente trabajos de evaluación continua repercute al final en un mayor porcentaje de alumnos que constan como no presentados en las actas.

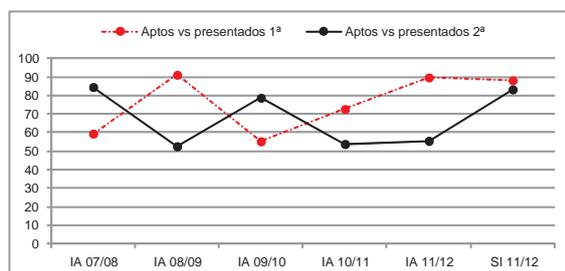


Figura 4: Comparativa resultados obtenidos en IA simbólica en Ingeniería y Grado. Alumnos aptos frente a presentados

Las Figuras 4 y 5 muestran una comparativa de los resultados académicos obtenidos por los alumnos en la materia de IA (plan en extinción) durante los cinco úl-

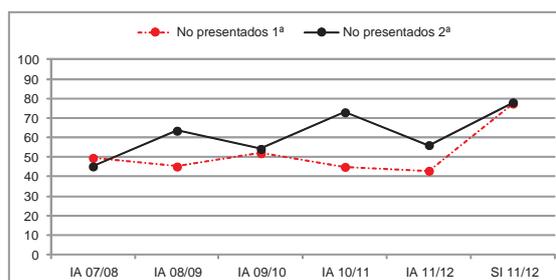


Figura 5: Comparativa resultados obtenidos en IA simbólica en Ingeniería y Grado. Alumnos no presentados

timos cursos y en la materia de SI del Grado en el curso académico 2011/2012. Como se puede observar en la Figura 4 en las dos oportunidades de SI el porcentaje de aprobados frente a presentados se sitúa dentro de los niveles más altos de los últimos cinco cursos. Asimismo y en relación con lo anterior, la Figura 5 muestra que el porcentaje de no presentados en SI supera en ambas oportunidades a los de cualquier convocatoria de IA en el periodo mencionado. Finalmente, cabe destacar que las estadísticas para las dos oportunidades de SI son muy similares, a diferencia de lo que ocurre en la materia IA donde, existía una mayor disparidad entre convocatorias. No obstante, cabe recordar que en el nuevo plan de estudios las dos oportunidades están separadas únicamente por un mes, a diferencia del plan antiguo donde el periodo entre pruebas era de tres meses.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En primer lugar, cabe destacar que los docentes encuentran un reto enfrentar los problemas estructurales debidos a la ubicación de la materia de SI en el plan de estudios de la nueva titulación. El hecho de que la asignatura se imparta en el segundo curso conlleva una serie de inconvenientes que se manifiestan cuando el alumnado se enfrenta a los contenidos de la materia. Entre ellos podemos destacar que los estudiantes no poseen los conocimientos de base suficientemente afianzados, no dominan los lenguajes de programación para realizar las prácticas de laboratorio, y no disponen de tiempo suficiente para asimilar conocimientos. Como consecuencia principal de estos hechos los profesores han constatado una tasa creciente de abandono a lo largo del curso académico. La obligatoriedad en la entrega de trabajos y prácticas de laboratorio hace que el alumno tenga un intenso trabajo continuo que, en muchos casos, no consigue afrontar por motivos como la ausencia de conocimientos de base o la dificultad para plasmar los contenidos teóricos. Esto se refleja en un elevado porcentaje de alumnos no presentados a la

materia, como se comentó en la sección previa. La situación ideal sería que la materia se impartiese en el tercer curso de la titulación y a ser posible en el segundo cuatrimestre. Este margen de un año permitiría que los alumnos tuviesen un bagaje adecuado para afrontar la materia. Por otro lado, los resultados obtenidos permiten comprobar que los alumnos que presentan adecuadamente los trabajos y prácticas a lo largo del curso no tienen problema para superar el examen de teoría, alcanzando un elevado porcentaje de aprobados.

Dejando a un lado los problemas estructurales, para los que no hay una posibilidad de solución a corto plazo, pasamos a valorar los problemas encontrados con respecto a la organización docente. Debido a que se está tratando una materia de nueva implantación, los responsables de la docencia son conscientes de la necesidad de un plan de seguimiento y mejora continuado. Así, en el primer año de implantación de los estudios de la IA se han detectado problemas que deben intentar solventarse. Tras una puesta en común y una discusión entre los docentes implicados se toman una serie de decisiones que conforman el siguiente plan de mejora:

- Con respecto a las TGR se elimina la asistencia obligatoria y se reorganizan los contenidos de las dos primeras, para centrarnos en obtener de los alumnos una mejor comprensión de los problemas relacionados con la búsqueda de soluciones, ya que es éste el tema concreto de las prácticas. Además, teniendo en cuenta los resultados obtenidos y considerando la elevada tasa de abandono, es necesario reforzar los conocimientos necesarios para las prácticas en cuanto al contenido teórico-práctico del que debe disponer previamente el alumno.
- Para que un alumno pueda presentarse al examen de teoría se elimina la obligatoriedad de los dos criterios siguientes: (1) la entrega de las prácticas de laboratorio y los trabajos tutelados, (2) obtener una nota mínima en prácticas ni en trabajos entregados. De esta manera se espera que aumente la calidad de los trabajos y prácticas entregadas ya que los alumnos estarán motivados por el hecho de aprender de manera continuada y de optar a una buena calificación final.
- Para ser evaluados y formar parte de la calificación final (evaluación continua), las prácticas y trabajos tendrán un plazo de entrega obligatorio. Las entregas fuera de los plazos fijados implicarán una penalización en la nota asociada a la tarea en cuestión.
- No se permite la reentrega de prácticas ni de trabajos tutelados para la segunda oportunidad, pero se mantiene la nota obtenida.

El plan de mejora se está realizando en la actualidad en el segundo año de impartición de la materia. A pesar de los inconvenientes encontrados, la experiencia de la implantación se considera adecuada y se espera obtener mejores resultados.

## Referencias

- [1] S. Briggs. Changing roles and competencies of academics. *Active learning in Higher Education*, 6, 256–268, 2005.
- [2] J. Crosby. Learning in small groups. *Medical Teacher*, 18(3), 189–202, 1996.
- [3] C. J. Fornaciari and K. L. Dean. Experiencing Organizational Work Design: Beyond Hackman and Oldham. *Journal of Management Education*, 29(4), 631–653, 2005.
- [4] R. Fruchter. Dimensions of Teamwork Education. *International Journal of Engineering Education*, 17(4/5), 426–430, 2001.
- [5] D. Jaques and G. Salmon. Learning in groups. *Routledge*, 2006.
- [6] M. Weaver. Do yo students value feedback? Student's perception of tutor's written response. *Assesment and Evaluation in Higher Education*, 331(3), 379–394, 2006.
- [7] I. Zurita Martín. La lección magistral. *Técnicas docentes y sistemas de evaluación en educación superior*, 17–22, 2010.
- [8] Normativa por la que se regulan las enseñanzas oficiales de grado y máster universitario en la Universidade da Coruña. Disponible en [http://www.udc.es/export/sites/udc/normativa/\\_galeria\\_down/titulos/normativa\\_grao\\_mestrado.pdf](http://www.udc.es/export/sites/udc/normativa/_galeria_down/titulos/normativa_grao_mestrado.pdf).
- [9] Real Decreto 1459/1990 del 26/10/1990 por el que se establece el título universitario oficial de Ingeniero en Informática. Disponible en <http://www.boe.es/boe/dias/1994/11/23/pdfs/C00131-00142.pdf>.
- [10] Memoria del título de graduado en Ingeniería Informática por la Universidade da Coruña. Disponible en <http://www.fic.udc.es/files/23661/23661ingenieriainformaticaUDCv3.pdf>.
- [11] Ficha del Grado en Ingeniería Informática por la Universidade da Coruña. Disponible en <http://www.fic.udc.es/files/24137/24137FichaGradoEI.pdf>.

# Una estrategia para la enseñanza de metodologías ágiles

Patricio Letelier Torres

Depto. Sistemas informáticos y Computación  
Universidad Politécnica de Valencia  
letelier@dsic.upv.es

M<sup>a</sup> Carmen Penadés Gramaje

Depto. Sistemas informáticos y Computación  
Universidad Politécnica de Valencia  
mpenades@dsic.upv.es

## Resumen

El propósito de este trabajo es presentar una estrategia docente para la enseñanza de metodologías ágiles, que hemos refinado durante más de 10 años de aplicación en asignaturas de Ingeniería Informática, y que actualmente acabamos de trasladar al Grado en Ingeniería Informática. Se trata de 2 asignaturas consecutivas que integran tanto el aprendizaje de métodos y técnicas para el desarrollo de software como su puesta en acción en el marco de un proyecto de desarrollo de software. Si bien se ofrece una visión global de las metodologías, gran parte del contenido de estas asignaturas se centra en el enfoque ágil. En la asignatura *Proceso del Software* (PSW) se introducen los conceptos de Kanban [1], Lean Software Development [6], Scrum [3,7] y Extreme Programming [2], y se complementa su aprendizaje con el apoyo de diversos ejemplos y actividades. También en esta asignatura se realiza un trabajo práctico de exploración y planificación de un proyecto ágil. En la asignatura *Proyecto de Ingeniería de Software* (PIN) se forman equipos de 8 a 10 integrantes y se recrea el desarrollo ágil de un producto software empleando diversas prácticas ágiles, siguiendo un proceso iterativo e incremental, realizando 3 sprints, y todo ello apoyado con una herramienta para la gestión del proyecto. La organización y todo el material de PSW está disponible en [psw.tuneupprocess.com](http://psw.tuneupprocess.com).

## Abstract

The purpose of this paper is to present a teaching strategy that we have refined over 10 years of application in computer engineering courses, and now we have just moved to the new Degree in Computer Engineering. These two consecutive subjects integrate both, the learning of software development methods and practices and its implementation in the context of a project. We provide an overview of methods and practices, but certainly most of the contents of these subjects are focused on agile methods. The subject *Software Process* introduces the concepts and practices included in

the most popular agile methods; Kanban, Lean Software Development, Scrum and Extreme Programming, and their learning is complemented with a practical activities. In this subject the students also work on the exploring and planning phase of an agile project. In the subject *Software Engineering Project* working in teams participate in the agile development of a software product using a set agile practices and using a tool for collaboration support, following an iterative and incremental process, and carrying on three sprints. All the educational materials of PSW subject are available for download from [psw.tuneupprocess.com](http://psw.tuneupprocess.com).

## Palabras clave

Metodologías ágiles, prácticas ágiles.

## 1. Motivación

En el currículum de estudios de ingeniería del software los contenidos asociados a metodologías de desarrollo de software cumplen un papel fundamental. Si bien es imprescindible que el alumno se forme en técnicas asociadas a las diversas actividades del desarrollo (planificación, requisitos, diseño, programación y pruebas, entre otras), es también muy importante que sea capaz de poner todo ese conocimiento en práctica, de forma integrada en el contexto de un proyecto, y trabajando en equipo. Hasta principios de la década pasada, en el ámbito metodológico se enseñaba de forma exclusiva el enfoque tradicional, teniendo como representante más destacada a la metodología Rational Unified Process (RUP, producto de IBM) o bien su correspondiente propuesta contenida en el libro del Proceso Unificado [4]. Con menos popularidad, en el contexto de España, también se ha tenido como alternativa metodológica tradicional a Métrica [5].

En los últimos años las metodologías ágiles se han hecho un hueco en el ámbito industrial y representan una clara demanda del mercado en cuanto a la formación con la que deberían contar los titulados de informática. Sin embargo, en el contexto de las metodologías ágiles no existen referentes inte-

gradores sino más bien diversos métodos que coinciden en ciertos principios y prácticas, pero que no constituyen un cuerpo de conocimiento consensuado y reconocido. La explicación teórica e independiente de cada práctica o método (por ejemplo, las prácticas de Scrum o la explicación del método Kanban) resulta relativamente sencilla. El verdadero desafío es su aplicación eficaz en un contexto particular, dado por el equipo, dominio de aplicación, tecnología, cliente-contrato, etc. Las críticas dirigidas a las metodologías ágiles se refieren a los inconvenientes para ser introducidas en entornos que ya trabajan de una forma tradicional, o para escalarlas en un contexto dado que pueda requerir procesos más exigentes en cuanto a prácticas y técnicas. Como contrapartida, hay que reconocer que las metodologías tradicionales, aunque ofrecen un planteamiento más global y ambicioso de prácticas y técnicas, tienen serias dificultades para ser adaptadas y aplicadas eficientemente en el contexto de proyectos “pequeños”. Hasta ahora las comunidades tradicionales y ágiles se han mantenido enfrentadas y la mayoría de la información disponible refleja este hecho.

En el contexto de la Universidad Politécnica de Valencia, comenzamos a finales de los 90s instaurando la enseñanza de metodologías en asignaturas de último curso de Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Informática. En un comienzo nos centramos exclusivamente en metodologías tradicionales, luego fuimos incluyendo algunos contenidos de metodologías ágiles, hasta que en la actualidad, aunque mantenemos un enfoque global del proceso del software, nos hemos centrado en el enfoque ágil. Nuestra estrategia ha sido refinada a lo largo del tiempo y en su estado actual se basa en los siguientes aspectos:

- Si bien hacemos una introducción a los métodos ágiles más populares, lo que se enfatiza son las prácticas que hay detrás de cada método. Consideramos más importante el conocer el conjunto de prácticas ágiles, saber seleccionar las adecuadas al contexto y saber aplicarlas, que el centrarse en enseñar un método ágil específico.
- Damos mucha importancia a la estrategia de implantación de prácticas ágiles y los posibles obstáculos para dicha implantación, ofreciendo pautas al respecto.
- Si bien explicamos las diferencias del enfoque ágil respecto del tradicional, no insistimos en el típico enfrentamiento ágil-tradicional, incluso dejamos abierta la posibilidad de realizar mezclas de prácticas ágiles con algunas provenientes del enfoque tradicional.

- Utilizamos una herramienta para gestión ágil de equipos de trabajo, desarrollada por nosotros ([www.tuneupprocess.com](http://www.tuneupprocess.com)), y que está totalmente acoplada con nuestro planteamiento, aunque esto no impide que pueda utilizarse otras herramientas.

Es importante destacar que la mejora de contenidos y del enfoque docente a lo largo del tiempo se ha visto complementado con nuestra experiencia en numerosos proyectos reales y con asesorías en mejora de procesos que hemos realizado colaborando con equipos de trabajo en empresas.

El objetivo de este trabajo es describir nuestra estrategia para la enseñanza de metodologías ágiles. En concreto el plan de estudios vigente se compone de dos asignaturas: Proceso del Software (PSW) y Proyecto de Ingeniería del Software (PIN), que hemos coordinado estrechamente para ofrecer un visión global del proceso software, aunque centrándonos mayoritariamente en métodos ágiles. Además, hemos creado una página web ([psw.tuneupprocess.com](http://psw.tuneupprocess.com)) que muestra el programa detallado de PSW y contiene los enlaces para descargar todo el material utilizado, incluyendo presentaciones, ejemplos, actividades, preguntas de examen, plantillas para evaluación, etc.

La estructura del resto del artículo es la que sigue. En la sección 2 se presenta el método docente de ambas asignaturas. En la sección 3 las técnicas de evaluación utilizadas. En la Sección 4 las lecciones aprendidas a lo largo de los años de impartir metodologías ágiles. En la Sección 5 las herramientas de apoyo utilizadas. Finalmente se presentan las conclusiones, que incluyen una valoración de los alumnos respecto a la estrategia seguida.

## 2. Método docente

Proceso del Software (PSW) y Proyecto de Ingeniería de Software (PIN) son dos asignaturas del módulo de especialización en Ingeniería del Software dentro del Grado en Informática, impartidas en los cuatrimestres 3B y 4A, respectivamente. PSW cuenta con 4.5 créditos y PIN con 6 créditos. Para ambas asignaturas tenemos una programación cronológica de 14 semanas en las cuales se aborda trabajo de teoría, seminario y laboratorio (en el caso de PIN solo se trata de trabajo de seminario y laboratorio). Hemos concentrado en PSW la presentación y entrenamiento en conceptos y prácticas ágiles, dejando en PIN el protagonismo de su aplicación en el marco de la recreación de un proyecto de desarrollo.

Contamos con alrededor de 50 alumnos matriculados que cursan ambas asignaturas, pues habrán seleccionado el módulo de especialización en Ingeniería del Software. Los alumnos se distribuyen

en dos grupos, más o menos equilibrados en cuanto a número de alumnos.

## 2.1. Programa de PSW

La Figura 1 muestra el programa de la asignatura PSW (tal como de muestra en su página web). Contamos con alrededor de 14 semanas lectivas. Cada semana tenemos una sesión de teoría, y en la mayoría de ellas tenemos como complemento la presentación de ejemplos y la realización de actividades. Es decir, en el horario de aula se reserva un tiempo para comentar los ejemplos que ayudan a ilustrar los conceptos explicados en la correspondiente sesión de teoría, y también se realizan las actividades que permiten a los alumnos poner en acción conceptos o ejercitar prácticas ágiles. En la Figura 1 se remarcan los enlaces correspondientes para la descarga de las pautas y material utilizado en cada ejemplo y actividad.

En la parte práctica (sesiones en laboratorio) se realizan 10 sesiones, que empiezan en la tercera semana de la asignatura para dar tiempo a ver antes la introducción a las metodologías ágiles en la parte de teoría. El propósito de la parte práctica es que los alumnos elaboren una planificación ágil de un proyecto de desarrollo de software (propuesto por ellos mismos), realizando la exploración y captura ágil de requisitos, elaborando un plan iterativo de desarrollo y realizando la preparación de un sprint. Esta preparación del primer sprint incluye la selección de ítems candidatos (desde un Backlog priorizado) y para cada uno de ellos la elaboración de bocetos de interfaz, definición de pruebas de aceptación, y un diseño muy preliminar para poder realizar una estimación. Una vez preparados los ítems candidatos para el primer sprint, se confirma el sprint contrastando las estimaciones con la capacidad del equipo para el período del sprint. El profesor desempeña el rol de cliente e instructor para cada equipo. También en la parte práctica los alumnos aprenden a colaborar a través de una herramienta. El trabajo es realizado en equipos de 4 integrantes sin hacer distinción de roles entre ellos. En las 5 primeras sesiones de prácticas los equipos se entrenan tanto en la herramienta que utilizarán como en las tareas que realizarán, trabajando en un Caso de Estudio que ilustra todo el trabajo que posteriormente tendrán que desarrollar con su producto. El trabajo de prácticas concluye con la presentación que realiza cada equipo de su producto al final de la asignatura.

## 2.2. Programa de PIN

En PIN recreamos el trabajo de un equipo en el desarrollo de un producto software siguiendo un proceso incremental que mezcla principalmente prácticas de Kanban y Scrum. El trabajo realizado

en PIN es aplicado, aunque durante toda la asignatura el profesor destaca y refuerza los aspectos teóricos que se van poniendo en práctica. Los alumnos forman equipos de 8 a 10 integrantes. Al iniciar la asignatura los equipos seleccionan un producto entre los que fueron elaborados en la asignatura PSW, es decir, cada equipo comienza el desarrollo de uno de los productos preparados en la asignatura PSW. Cada equipo realiza tres sprints, y en el último sprint se debe conseguir lo que sería una entrega a producción de su producto. Las fechas de término de cada sprint son establecidas al comienzo de la asignatura cuidando que cada sprint tenga alrededor de 3 semanas efectivas de trabajo, es decir, sin considerar festivos ni vacaciones.

En los tres sprints realizados los equipos tienen la oportunidad de mejorar su forma de trabajo, experimentando con diferentes configuraciones de proceso e incorporando prácticas adicionales en cada sprint. Esta mejora continua de proceso es dirigida por el profesor, el cual enfatiza los elementos configurables y el proceso que está presente en cada sprint. Al final de cada sprint, inmediatamente después de la Reunión de Revisión, se realiza una Reunión de Retrospectiva para evaluar el desempeño del equipo y establecer mejoras para el sprint siguiente. La intervención del profesor durante toda la asignatura es muy importante en cuanto a ir enfatizando los errores que comete el equipo, y correspondientemente haciendo recomendaciones para que el equipo consiga mejorar su desempeño. Con nuestra experiencia hemos podido acotar y reproducir de forma bastante predecible los acontecimientos que se presentan durante el trabajo de cada equipo, y para ello tenemos definidas pautas para cada sprint. Estas pautas incluyen las recomendaciones a los equipos en cuanto a prácticas ágiles que se podrían aplicar o reforzar durante el proyecto. Algunos ejemplos de lo que se incluye en dichas pautas se indican a continuación: (a) “En el primer sprint los equipos trabajarán con pre-asignación total de las actividades a los miembros del equipo (lo cual generará ineficiencias en cuanto a esperas por trabajo que tiene asignado otro compañero)”; (b) “En el primer sprint se les debe insistir en la validación con el cliente, tanto de los bocetos como de las pruebas de aceptación”.; (c) “Penalizar al equipo si en la Reunión de Revisión el cliente descubre funcionalidad no obvia que no fue validada durante el sprint”; (d) “En el segundo sprint se les debe añadir como mejora el llevar un seguimiento más preciso del avance del sprint para así poder negociar oportunamente con el cliente”; (e) “En el segundo sprint presionar a los equipos para que incorporen funcionalidades no previstas y que excedan su capacidad en el sprint (obligándolos a negociar)”; etc.

Aula		Laboratorio	
1	Presentación de la Asignatura ( <a href="#">Pautas Inicio de Prácticas</a> )		1
	<b>Unidad 1:</b> Introducción al Proceso del Software ( <a href="#">Presentación 1</a> ) ( <a href="#">Lecturas Complementarias</a> ) <b>Actividad:</b> Hard Choices ( <a href="#">Material</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> )		
2	<b>Unidad 2:</b> Metodologías Tradicionales ( <a href="#">Presentación 2</a> ) ( <a href="#">Lectura Complementaria</a> )		2
3	<b>Unidad 3:</b> Metodologías Ágiles - Introducción ( <a href="#">Presentación 3a</a> )	<b>INICIO</b> Caso de estudio de entrenamiento ( <a href="#">Indicaciones</a> ) ( <a href="#">Documento Visión</a> ) ( <a href="#">Unidades de Trabajo</a> ) ( <a href="#">Hoja Evaluación Prácticas</a> )	3
4	<b>Unidad 3.1:</b> Gestión Ágil de Requisitos ( <a href="#">Presentación 3.1</a> ) ( <a href="#">Lecturas Complementarias</a> ) <b>Ejemplo:</b> Documento Visión ( <a href="#">Documento</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> ) <b>Ejemplo:</b> Pruebas de Aceptación ( <a href="#">Documentos</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> ) <b>Actividad:</b> TDRE - Identificando PAs ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>Actividad:</b> Planning Póker ( <a href="#">Material</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> )	4
	<b>Actividad:</b> Ilustrando el concepto WIP ( <a href="#">Pautas</a> ) <b>Ejemplo:</b> Cumulative Flow Diagram (CFD) ( <a href="#">Hoja</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>Actividad:</b> Herramienta soporte Kanban ( <a href="#">Pautas</a> )	
5	<b>Unidad 3.2:</b> Prácticas y Métodos Ágiles ( <a href="#">Presentación 3.2</a> ) ( <a href="#">Lecturas Complementarias</a> )	<b>Actividad:</b> Ilustrando Kanban y CFD ( <a href="#">Hoja</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> )	5
6	<b>Unidad 3.3:</b> Agilismo en acción ( <a href="#">Presentación 3.3</a> ) <b>Ejemplo:</b> Multi-kanban en Tune-up ( <a href="#">Pautas</a> )		6
7		<b>ENTREGA</b> Caso de estudio de entrenamiento	7
<b>Examen 1 (Ejemplo de Examen 1)</b>			
8	<b>Unidad 3.4:</b> Equipo Ágil ( <a href="#">Presentación 3.4</a> ) <b>Actividad:</b> Trabajo usando kanban físico ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>INICIO</b> Caso de estudio Visión producto, Identificación Wus ( <a href="#">Pautas</a> ) <b>Reunión:</b> Brainstorming ( <a href="#">Pautas</a> )	8
	<b>Actividad:</b> Uso de funcionalidades en producto ( <a href="#">Pautas</a> ) ( <a href="#">Hoja</a> ) <b>Ejemplo:</b> Gestión del Product Backlog ( <a href="#">Pautas</a> ) <b>Actividad:</b> Sixes Game ( <a href="#">Hoja</a> ) ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>ENTREGA</b> Visión Producto, Sprint 1 y Backlog	
9	<b>Unidad 3.5:</b> Planificación y Seguimiento Ágil ( <a href="#">Presentación 3.5</a> ) <b>Ejemplo:</b> Seguimiento de Sprints y Proyectos ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>PREPARACIÓN</b> Sprint 1	9
10			10
11	<b>Unidad 3.6:</b> Implantación del Agilismo ( <a href="#">Presentación 3.6</a> ) <b>Actividad:</b> AGILE Roadmap ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>ENTREGA</b> Sprint 1 preparado	11
12	<b>Unidad 3:</b> Metodologías Ágiles - Conclusiones ( <a href="#">Presentación 3b</a> ) <b>Actividad:</b> Ball Point Game ( <a href="#">Pautas</a> )	<b>Co-evaluación de equipo por equipo</b> (Pautas en Hoja de Evaluación Prácticas)	12
13	Conclusiones de la Asignatura ( <a href="#">Presentación</a> )		13
14	Presentaciones de Productos, su Sprint 1 y Backlog ( <a href="#">Pautas</a> ) Co-evaluación de presentación de equipo por participante ( <a href="#">Fichero</a> ) Auto-evaluación ( <a href="#">Fichero</a> ) Encuesta ( <a href="#">Preguntas</a> )		14
<b>Examen 2 (Ejemplo de Examen 2)</b>			

Figura 1: Programa de la asignatura PSW (tal como se muestra en su página web psw.tuneupprocess.com)

### 3. Método de evaluación

En ambas asignaturas realizamos evaluación continua. En PSW tenemos 7 actos de evaluación, los cuales se describen a continuación, indicando sus respectivos pesos en la nota final:

- 2 exámenes de respuesta abierta (40%). En cada uno se hacen alrededor de 10 preguntas de respuesta muy breve. Estos exámenes duran 45 minutos y se corrigen inmediatamente después de que los alumnos entregan el examen. Los exámenes son corregidos de forma cruzada por los alumnos y siguiendo las pautas del profesor, lo cual genera una interesante discusión respecto de cada pregunta.
- 4 entregas asociadas a las prácticas (55%): (a) práctica de entrenamiento en la herramienta de apoyo y en el proceso que se aplicará (15%), (b) documento visión del producto e identificación global de requisitos (15%), (c) preparación del primer sprint (15%) y (d) presentación del producto con su primer sprint y Backlog (10%). Para las entregas (c) y (d) se realiza co-evaluación; en la entrega (c), siguiendo pautas dadas por el profesor, los equipos se evalúan entre ellos, y en la presentación (d), y también siguiendo pautas proporcionadas por el profesor, cada equipo evalúa la presentación de producto de los otros equipos.
- 1 auto-evaluación que cada alumno hace de su desempeño y aprendizaje en la asignatura (5%). Para esto a los alumnos se les proporciona rejilla de ítems para que los valoren.

En PIN tenemos 8 actos de evaluación, los cuales se indican a continuación:

- Revisión del Sprint 1 (20%).
- Reunión de Retrospectiva 1 (5%).
- Revisión del Sprint 2 (20%).
- Reunión de Retrospectiva 2 (5%).
- Revisión del Sprint 3 (20%).
- Reunión de Retrospectiva 3 (5%).
- Presentación de la entrega (20%). Co-evaluación entre equipos siguiendo los criterios de evaluación dados por el profesor.
- Auto-evaluación del alumno (5%), basada en una rejilla de ítems dada por el profesor.

En PIN, en las reuniones y en la presentación de la entrega el profesor determina un puntaje para el equipo en base a unos criterios de evaluación establecidos y conocidos por los equipos. Dicho puntaje es distribuido por los equipos para obtener la nota individual de cada miembro. Las notas de

las Reuniones de Retrospectivas las otorga el profesor en base a la reflexión de mejora que realice el equipo, en la cual deben identificar problemas y proponer posibles mejoras, planteadas en términos de reforzar o añadir prácticas ágiles.

### 4. Lecciones aprendidas

Actualmente, en los nuevos estudios del Grado en Informática, tenemos las mejores condiciones curriculares para la aplicación de nuestra estrategia, disponiendo de dos asignaturas consecutivas (semestres 3B y 4A). Además, por estar ambas dentro del mismo módulo de intensificación, los alumnos de dicho módulo deben matricularse en ambas. Sin embargo, esto no ha sido siempre tan favorable y hemos tenido que ir haciéndonos un espacio y consecuentemente evolucionando el enfoque. A continuación comentaremos algunos aspectos de esta evolución, los obstáculos que hemos ido resolviendo y algunas recomendaciones que podemos ofrecer al respecto.

1. ¿Qué hacer si para abordar estos contenidos solo se tiene espacio en una asignatura?. Hemos probado esta situación desfavorable y concluimos que es complicado conseguir en una misma asignatura sintetizar los contenidos de PSW y PIN. Una alternativa menos ambiciosa, que también hemos puesto en práctica, fue centrarnos en la propuesta de PIN, renunciando a proporcionar una visión global de métodos ágiles, centrándose en una configuración de proceso ágil específica (cercana a Scrum). Sin embargo, actualmente nuestra recomendación cuando se tiene solo una asignatura sería llevar a cabo nuestra propuesta para PSW.
2. Existe mucha información asociada a metodologías ágiles y bastantes propuestas concretas de métodos, todas ellas con mucho solape de terminología, conceptos y prácticas. Así pues, en los contenidos hemos ido haciendo cada vez más énfasis en la mezcla de prácticas ágiles y en cómo implantarlas en un contexto específico, en lugar de presentar los métodos como excluyentes o antagonistas. Conseguir esto ha sido una evolución, dirigida principalmente por nuestra experiencia en aplicación real de metodologías ágiles y también con la experimentación docente año tras año.
3. Es fundamental que cada equipo tenga un instructor y un cliente, especialmente este último es fundamental para dar realismo al trabajo práctico realizado por los equipos. Hemos probado con dos profesores realizando cada rol para cada equipo (de forma alterna) y aunque nos pareció el ideal en cuanto a realismo, fue

más difícil de poner en práctica puesto que muchas veces era necesario que estuviesen ambos profesores en la misma clase, lo cual no era siempre posible. Así pues, hemos decidido que en cada grupo el profesor correspondiente desempeñe ambos roles para todos los equipos del grupo. Lo importante es que el profesor como instructor remarque el rol que está desempeñando en cada momento, como también que los participantes soliciten la intervención del profesor explícitamente indicando si quieren soporte del instructor o quieren resolver cuestiones de planificación, requisitos y/o validación con el cliente.

4. Un principio básico ha sido siempre que el profesor se involucre en la orientación de los equipos y la supervisión del proceso. Los equipos podrían llegar a generar un producto al final de la asignatura, prescindiendo de dicho apoyo del profesor durante el proyecto, pero probablemente los equipos se centrarán solo en la programación y en la documentación a posteriori. Si el objetivo es que los alumnos apliquen un proceso de desarrollo explícito es fundamental la intervención constante del profesor. Gracias a que el profesor desempeña el rol de cliente nos aseguramos que existirá un continuo contacto del profesor con los equipos durante el proyecto. Para hacer viable el aumento en la dedicación del profesor en cuanto a interacción con los equipos (como instructor y como cliente), hemos aprovechado la evaluación continua e in-situ para que el trabajo de revisión del profesor se reduzca y se integre con las actividades y trabajo realizado en clase. De forma orientativa el profesor dedica fuera de clases unas dos horas semanales para interactuar con los alumnos, lo cual se realiza a través de la herramienta que utilizamos.
5. La incorporación y aplicación de prácticas ágiles debe realizarse de manera gradual. En PIN no es recomendable que ya en el primer sprint los equipos trabajen con una configuración de proceso muy ambiciosa. Hay que tener en cuenta que al principio tienen más riesgos derivados de su inexperiencia en trabajar en equipo y probablemente en las tecnologías utilizadas. Aprovechando el desarrollo iterativo, en cada sprint se pueden ir introduciendo mejoras en el proceso. Es más, en las retrospectivas posteriores a cada sprint el mismo equipo debe reflexionar y proponer (con apoyo del instructor) las mejoras que se pondrán en práctica en el siguiente sprint.
6. Definitivamente no es recomendable intervenir en la tecnología que cada equipo utilizará para

desarrollar su producto (en PIN). De esta forma, ellos asumirán sus propios riesgos al respecto evitando que recurran al profesor para resolver problemas técnicos. El rol del profesor como instructor es apoyar en cuanto al proceso utilizado, y como cliente debe tomar decisiones respecto del producto, todos los aspectos técnicos deben quedar en manos del equipo. Por contraparte, tratándose de una asignatura de proceso no ponemos mayores inconvenientes en cuanto a que quizás no se utilice la tecnología de desarrollo más apropiada, por ejemplo, que se haga un desarrollo de escritorio cuando lo lógico podría ser un desarrollo web. Normalmente los equipos deciden utilizar tecnologías que han visto en otras asignaturas, aunque también algunos equipos acuerdan utilizar una tecnología dominada por algún miembro que anima a que el resto la aprenda. Por otra parte, si bien advertimos que la arquitectura del producto es importante, destacamos que un proyecto exitoso debe antes que nada cumplir con las expectativas del cliente en cuanto a alcance, plazos y coste. Por lo anterior, desde hace tiempo renunciamos a dedicar tiempo a revisar y evaluar la arquitectura del producto, consideramos que esto excede el tiempo y las competencias de las asignaturas PSW y PIN.

7. La incorporación de una herramienta para la gestión del proyecto contribuye a hacer explícito el proceso y promover una disciplina de trabajo. Si bien somos conscientes que las herramientas son un medio y no un fin, aprender una metodología de desarrollo de software conlleva trabajo en equipo, el cual requiere visibilidad del trabajo, comunicación y colaboración. La situación de los alumnos corresponde con un equipo de desarrollo no colocalizado, que sólo tiene la oportunidad de reunirse cara-a-cara puntualmente unas veces por semana (aprovechando básicamente los horarios de la asignatura). La incorporación y uso de una herramienta para gestión del proyecto y para apoyar la colaboración no presencia entre los participantes (incluido el cliente) se hace imprescindible.
8. En cuanto a espacios docentes, lo más apropiado sería contar con la infraestructura usualmente recomendada para equipos de trabajo en metodología ágiles; mesas amplias, sillas con ruedas, pizarras en el espacio de trabajo, etc. Esto favorecería tanto las actividades realizadas en PSW como el desarrollo del producto en PIN. Hemos pasado por diferentes situaciones, en general disponiendo de un aula para la parte teórica y un laboratorio para la

parte práctica. Si bien no hemos contado con dichas condiciones óptimas, esto no ha sido gran inconveniente. Para llevar a cabo nuestro programa, especialmente en PIN, aprovechamos todas las horas presenciales sin distinguir entre trabajo de aula o seminario, o trabajo de laboratorio. En aula instamos a los alumnos para que traigan sus portátiles, aunque no es indispensable para todo el trabajo del equipo estar con un ordenador.

9. En PIN hemos intentado reproducir los roles planteados por Scrum. Probamos con el profesor como Product Owner y Scrum Master, y el equipo con el rol genérico Desarrollador. Este planteamiento presenta los mismos inconvenientes que en el contexto industrial; el Product Owner debería estar en estrecho contacto con el equipo, debería hacerse cargo de la definición del trabajo y de la planificación de la entrega. Es decir, un buen Product Owner debería ser un Jefe de Proyecto, Analista y Cliente, todo a la vez y en la misma persona. En proyectos reales es muy difícil conseguir dicho Product Owner ideal. Según lo anterior, respecto de la relación entre el cliente y el equipo de desarrollo hemos optado por un planteamiento más realista y sencillo para la asignatura. El profesor desempeña el rol de Cliente y un miembro del equipo tiene el rol de Product Manager, rol que preferimos llamar así para remarcar que tampoco se trata de del Jefe de Proyecto tradicional, pues queremos que el equipo se auto-organice.

## 5. Herramientas de apoyo

En PSW, para ilustrar aisladamente algunas prácticas ágiles utilizamos simplemente papel y lápiz, alguna herramienta sencilla como Trello ([www.trello.com](http://www.trello.com)) o una hoja de cálculo. De hecho cuando comenzamos a trabajar con Extreme Programming y luego con Scrum, las Historias de Usuario las escribíamos en fichas de papel y en hojas de cálculo. Sin embargo, por nuestra experiencia en proyectos reales y en implantación de prácticas ágiles, hemos visto la conveniencia de disponer de una herramienta que permita gestionar dicha información, facilitando el trabajo colaborativo, especialmente para equipos distribuidos.

En 2006 tuvimos la suerte de participar en el desarrollo de una herramienta para la gestión ágil de proyectos, como parte de un proyecto de colaboración con una empresa. Con la experiencia en la implantación y mantenimiento de dicha herramienta decidimos construir desde cero nuestra propia herramienta, llamada Tune-up, la cual está totalmente alineada con nuestro enfoque para implantar

prácticas ágiles. No tenemos espacio suficiente en este artículo para hacer una descripción de Tune-up, sin embargo, tenemos un sitio web con información al respecto: [www.tuneupprocess.com](http://www.tuneupprocess.com). La herramienta se ofrece de forma gratuita para uso académico, incluyendo apoyo para instalación, formación y soporte.

## 6. Conclusiones

Impartir una asignatura de proyecto como PSW o PIN podría simplificarse a: formar equipos de trabajo, asignarles un proyecto y establecer los artefactos que deben entregar al final de la asignatura. El profesor podría limitarse a esperar la reacción de cada equipo, que probablemente no llegará hasta el final del curso cuando los alumnos tengan que hacer la entrega. Esta estrategia extrema puede tener como positivo el hecho que los alumnos probablemente cometerán muchos errores, sin embargo, el profesor no intervendría oportunamente para que los alumnos aprendan a corregirlos.

Nuestra estrategia, con el tiempo se ha ido posicionando en el extremo opuesto al anterior. El profesor, como instructor, interviene constantemente destacando los errores cometidos por los equipos. Gracias a la evaluación continua y al proceso iterativo, los equipos tienen la oportunidad de ir mejorando su forma de trabajo durante el proyecto.

Nuestras colaboraciones en proyectos reales han enriquecido nuestras asignaturas y las ha orientado fuertemente hacia la preparación del alumno para el mercado laboral en lo que respecta a los contenidos abordados. Consecuentemente, el no contar con esta experiencia podría ser un inconveniente para impartir adecuadamente estas asignaturas, pero como contraparte, el alto grado de estructuración y el detalle del material preparado reducen el impacto de dicho inconveniente. Además, no solo dejamos disponible nuestro material, sino que también ofrecemos nuestro apoyo para la implantación de estas asignaturas. Esperamos establecer contactos y colaboraciones docentes con profesores de otros centros de estudio. Asimismo, tal como indicamos antes, ofrecemos nuestra herramienta sin limitaciones para su uso académico, junto con formación y apoyo para su implantación.

Nuestra experiencia también nos ha llevado al convencimiento que, desde el punto de vista pragmático, en la aplicación de metodologías el contexto del equipo es determinante. Si se ignora este hecho existe un alto riesgo que la iniciativa de implantación o mejora de proceso fracase. Dicho contexto normalmente hace inviable el aplicar de forma exclusiva un método ágil específico. Además, cuando ya existe alguna metodología implantada no es fácil prescindir de ella ni tampoco

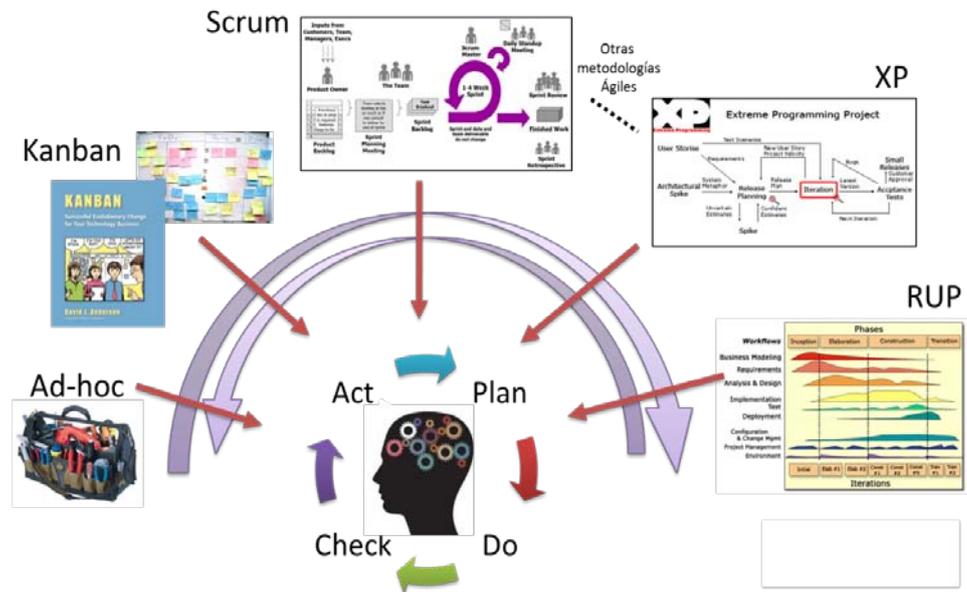


Figura 2: Mezcla y refinamiento de prácticas para un contexto específico

realizar una transición de ella conviviendo con prácticas ágiles. Según todo lo anterior el enfoque de implantación también es un aspecto clave que hemos incluido en nuestras asignaturas. Nuestra propuesta considera un diagnóstico del contexto de trabajo del equipo, la selección de prácticas convenientes para dicho contexto desde un abanico de métodos (Figura 2), posibilitando mezclas de prácticas y su adaptación, todo ello en una hoja de ruta en la cual las prácticas se van incorporando paulatinamente, evaluando en cada paso su efectividad.

Este año, al finalizar PSW hemos realizado una breve encuesta anónima con preguntas enfocadas a conseguir una valoración del alumno respecto de nuestro enfoque docente. La encuesta ha sido respondida por 42 alumnos (sobre un total de 50). A continuación se presentan algunas de las afirmaciones valoradas por los alumnos, indicando en cada caso la suma de porcentajes de respuestas “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo”.

- Los contenidos de la asignatura tienen una clara aplicación en el ámbito laboral (95%).
- Los contenidos de la asignatura han sido eficazmente apoyados con ejemplos y actividades que refuerzan su aprendizaje (88%).
- La asignatura promueve el espíritu crítico respecto de los métodos de trabajo en un equipo (82%).
- La asignatura promueve hábitos de organización del trabajo individual y disciplina de colaboración eficaz con los compañeros de equipo (80%).

- El proyecto de trabajo en equipo permite al alumno recrear con bastante realismo un escenario de trabajo en equipo (81%).
- La asignatura proporciona pautas respecto de cómo debería enfrentarse la implantación de prácticas ágiles en un equipo de trabajo (85%).

Estos resultados confirman que los alumnos han reconocido el enfoque que hemos querido darle a la asignatura.

## Referencias

- [1] David J. Anderson. Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business. Blue Hole Press, 2010.
- [2] Kent Beck. Extreme Programming Explained: Embrace Change. Addison-Wesley, 1999.
- [3] Mike Cohn. Succeeding with Agile: Software Development using Scrum. Addison-Wesley, 2010.
- [4] Ivar Jacobson., James Rumbaugh y Grady Booch. The Unified Process Development Process. Addison-Wesley, 1999.
- [5] Ministerio de Administraciones Públicas de España. Metodología Métrica v.3. Disponible en: <http://bit.ly/WZ7ySx>.
- [6] Mary & Tom Poppendiek. Leading Lean Software Development. Addison-Wesley, 2010.
- [7] Ken Schwaber y Jeff Sutherland The Scrum Guide. Disponible en: <http://bit.ly/VyF9ow>.

# Identificando algunas causas del *fracaso en el aprendizaje de la recursividad*: Análisis experimental en las asignaturas de programación

Carmen Lacave, Ana Isabel Molina, Juan Giralt  
Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad, 4  
13071 Ciudad Real  
{Carmen.Lacave, AnaIsabel.Molina, Juan.Giralt}@uclm.es

## Resumen

La recursividad es una herramienta muy potente para la solución de problemas complejos, sin embargo constituye uno de los conceptos más difíciles de entender por los alumnos cuando están aprendiendo a programar. En este artículo se describe una experiencia desarrollada en las asignaturas de *Fundamentos de Programación I* y de *Metodología de la Programación* en la Escuela Superior de Informática en Ciudad Real, que tenía como objetivo identificar las necesidades del alumnado a la hora de enfrentarse a la asimilación del concepto de recursividad. El hecho de haber realizado la experiencia en distintos cursos nos ha servido para identificar empíricamente los aspectos que más dificultades les suponen en distintas etapas de su aprendizaje. El estudio que se presenta en este artículo nos ha permitido contrastar la opinión y experiencia de los distintos grupos de estudiantes. Las conclusiones de esta experiencia y las lecciones aprendidas permitirán diseñar en el futuro una herramienta para la visualización de la recursividad que se adapte a las distintas necesidades del alumno, dependiendo de la etapa de aprendizaje en la que se encuentre.

## Abstract

Recursion is a powerful tool for solving complex problems but it really is one of the most difficult concepts for students to understand when learning to program. This article describes the experience developed in the subjects of *Fundamentals of Programming I* and *Programming Methodology* in the School of Informatics in Ciudad Real in order to identify the needs of students when faced with the assimilation of recursion. The fact that the experience has been carried out in different courses has allowed us to identify empirically those aspects more difficult

for the understanding of recursive algorithms at different stages of the learning. The study presented in this article allows us to contrast the opinion and experience of different groups of students. The conclusions of this experience and the lessons learned will enable design a tool for visualization of recursion to suit different needs depending on the student's learning stage.

## Palabras clave

Experiencia docente, recursividad, programación, análisis de dificultades.

## 1. Introducción

La *recursividad* es una técnica de programación muy potente, puesto que permite resolver problemas muy complejos en función de las soluciones de los mismos problemas, pero de menor tamaño, basándose en el principio de inducción matemática. El poder de la recursión se basa en la posibilidad de definir un conjunto infinito de objetos o de operaciones computacionales con una declaración finita [11]. Es por ello que el concepto de recursividad aparece en todos los currículos de los primeros cursos de programación.

Sin embargo, la recursividad es uno de los principales obstáculos al que se tienen que enfrentar los alumnos cuando comienzan a programar, por lo que desde hace tiempo se trabaja intentando conocer las principales causas por las que resulta tan complicado dominarla [8,10], así como en proponer distintos métodos que ayuden a paliar estas dificultades [4,10]. Una de las tendencias actuales es utilizar *técnicas de visualización*, ya que a pesar de que no hay evidencias contundentes de que tenga como consecuencia una mejora en el proceso de aprendizaje [5], es un elemento motivador para el estudiante [3,9].

Los esfuerzos han ido encaminados al desarrollo de diferentes herramientas de visualización de programas recursivos [1,7] (véase Perez Carrasco para una revisión completa), pero no existen trabajos que hayan ofrecido datos empíricos que justifiquen el por qué del uso de unas u otras herramientas de visualización, o que justifiquen el empleo de una metodología específica. Además, las propuestas que se han realizado no inciden en las distintas necesidades del alumnado. De hecho, el mayor inconveniente de las herramientas de visualización más conocidas, y específicas para programas en Java, *Srec* [7] y *Jeliot*[1], es que no se puede determinar qué elementos de la recursividad son aquellos sobre los que interesa incidir, dependiendo de la etapa del aprendizaje en la que se encuentra el alumno. Por ejemplo, el programa *Srec* es demasiado complicado para los alumnos de primer curso puesto que aún no entienden el concepto de pila o de árbol, que son las estructuras visuales que esta herramienta utiliza para representar gráficamente el comportamiento de las llamadas recursivas. En el caso de *Jeliot*, la interfaz puede llegar a ser demasiado confusa para los alumnos debido a la cantidad de información que ofrece. Otros programas, como el propuesto en [2] tienen una interfaz que genera una ventana distinta para visualizar cada llamada recursiva, lo que puede resultar más intuitivo para los alumnos de 1º; sin embargo, no está disponible.

Puesto que el diseño de herramientas de visualización supone una alta carga de trabajo para quienes generan las visualizaciones (generalmente profesores) [5], conviene determinar previamente qué elementos de la recursividad son los que más trabajo les cuesta entender a los estudiantes en función del conocimiento previo adquirido, con el fin de elegir convenientemente las técnicas de visualización que mejor se adapten a sus necesidades.

Por tanto, nuestro *objetivo* es el de identificar los elementos o características de la recursividad en los que es necesario incidir más dependiendo de las necesidades de cada estudiante según la etapa del aprendizaje en la que se encuentre. No es lo mismo enfrentarse a la recursividad en primer curso, donde aún no tienen claro el concepto de pila y ni siquiera conocen el de árbol, que en segundo curso, en el que ya han estudiado el manejo de las estructuras de datos más complejas. Para ello, hemos realizado un estudio con los estudiantes matriculados en las asignaturas de *Fundamentos de Programación I* y de *Metodología de la Programación*, cuyos resultados constituyen la principal contribución de este trabajo.

En las siguientes secciones se introducen generalidades sobre la recursividad (Sec. 2) y su estudio dentro de las asignaturas básicas de programación en el Grado de Informática de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real

(ESI) (Sec. 3). A continuación, se presentan los detalles del estudio realizado con los estudiantes matriculados (Sec. 4) y los resultados obtenidos (Sec. 5). Finalmente, se apuntan algunos comentarios finales y las lecciones aprendidas (Sec. 6).

## 2. El aprendizaje de la recursividad

La *recursividad* es la estrategia mediante la que se define un proceso en base a su propia definición. Esta técnica se basa en el principio de inducción matemática, que permite suponer resuelto el problema para todos los casos de menor tamaño que él. El aprendizaje de la recursividad implica el dominio de dos aspectos básicos y complementarios: el primero está relacionado con el *funcionamiento*, esto es, con los procesos que se llevan a cabo internamente para que la llamada recursiva produzca los resultados esperados, es decir, el **cómo** lo hace; el segundo, con el *diseño* de algoritmos recursivos, que se lleva a cabo de forma declarativa incidiendo exclusivamente en el **qué** hace.

Dentro del primer grupo, hemos identificado los elementos claves que se deben tener en cuenta para entender el *funcionamiento* de un algoritmo recursivo:

- *Caso base*. Se define la solución del problema para aquellos casos en los que es trivial o inmediata. Hay que asegurarse de que se llega siempre en un número finito de pasos.
- *Variables locales*. A pesar de que tienen el mismo nombre, son variables distintas e independientes en todas las llamadas, no se modifican los valores de unas llamadas a otras.
- *Paso de parámetros*: en el paso por valor, actúan de la misma manera que las variables locales; en el paso por variable o por referencia, actúan como variables globales, por lo que se puede modificar el valor de una llamada a otra.
- *Paso de objetos como parámetros*: actúan como las variables globales, siempre y cuando no haya operaciones de creación de instancias dentro de la propia llamada recursiva.
- *Vuelta atrás*. Se recuperan los valores de los parámetros por valor y de las variables locales y se devuelve el flujo de ejecución del programa al punto siguiente al de la llamada recursiva.

Un elemento clave propio de la recursividad es la gestión de las distintas *llamadas activas*, esto es, las llamadas que aún están ejecutándose. La mayoría de los lenguajes de programación utilizan pilas, por lo que conviene haberlas estudiado previamente. En el caso de llamadas recursivas múltiples, el funcionamiento se puede ilustrar mediante un árbol o un grafo, por lo que antes de introducir esta parte de la recursividad es aconsejable haber estudiado dichas

estructuras.

Respecto al *diseño* de los algoritmos recursivos, éste está íntimamente relacionado con el proceso de resolución de problemas de forma declarativa. Por tanto, no podemos enumerar una serie de elementos a tener en cuenta en el aprendizaje de esta etapa, sino que hacemos hincapié en el modo de modificar su forma de pensar. Para ello, proponemos dos etapas para diseñar con éxito un algoritmo recursivo:

- En la primera, se establecen los elementos que definen el tamaño del problema y se concretan uno o más casos bases y sus correspondientes soluciones.
- En la segunda, los alumnos deben partir de la idea de que el problema está resuelto ya para datos más pequeños, sin pensar en cómo se ha hecho, haciendo uso precisamente de su capacidad de abstracción para ignorar el desarrollo de todo el proceso. A partir de ahí, se busca la solución del problema en función de la solución que la recursividad, por “arte de magia”, nos ha proporcionado.

### 3. La recursividad en las asignaturas de programación de la ESI

El concepto de recursividad aparece en todos los currículos de Informática, tanto en los de España como fuera de ella, normalmente entre los descriptores de las asignaturas de introducción a la programación de primer curso (CS1). En los estudios de Grado en Informática de la Escuela Superior de Informática, el concepto de la recursividad se imparte por primera vez en la asignatura de *Fundamentos de Programación I (FPI)*, al final del primer cuatrimestre, después de haber introducido los elementos básicos de programación, los principios de la programación estructurada y modular, y las estructuras de datos básicas. En la asignatura de *Fundamentos de Programación II (FP II)*, sin embargo, no se hace demasiado hincapié en trabajar la recursividad puesto que en esta asignatura se presentan los principios de la programación orientada a objetos, el tratamiento de excepciones y la programación orientada a eventos. Es en segundo curso cuando se vuelve a presentar la recursividad como tema transversal en la asignatura de *Estructuras de Datos (ED)*, que se imparte en el primer cuatrimestre del curso. El contenido de esta asignatura se dedica al estudio de las principales estructuras de datos lineales (pilas, colas y listas), y no lineales (árboles y grafos). Sin embargo, la recursividad es una herramienta indispensable en la asignatura de *Metodología de la Programación (MP)*, que se desarrolla en el segundo cuatrimestre de

segundo curso, puesto que lo que se estudia en ella son algunas de las técnicas de programación meramente recursivas, como “divide y vencerás”, *backtracking* y programación dinámica. Tanto es así que la principal causa que esgrimen la mayoría de los alumnos que abandonan la asignatura de *Metodología de la Programación*, o que no la superan, es que les falta dominio de la recursividad, por lo que se les hace muy difícil asimilar las distintas estrategias de resolución de problemas, lo que supone el abandono de la asignatura de un elevado número de alumnos desde las primeras clases. El problema es un poco contradictorio, pero sencillo de explicar. Cuando cursan esta asignatura ya han pasado dos cuatrimestres completos desde que aprendieron los primeros conceptos sobre recursividad y prácticamente no la han vuelto a ver hasta que llegan a *MP*. Esto es porque en *FP II* se dedican en exclusividad al aprendizaje de un nuevo paradigma de programación, el orientado a objetos. En la asignatura *ED* el estudio que se hace de las estructuras de datos es básicamente iterativo (a pesar de que de todas ellas, salvo los grafos, se pueden dar definiciones recursivas), dejando la recursividad para la resolución de algunos ejemplos aislados.

Por eso hemos decidido profundizar en el tema y analizar qué aspectos son los que más dificultades les suponen a los alumnos, con el objetivo de disminuir el fracaso en esta asignatura. Puesto que es difícil medir la capacidad de abstracción de los alumnos para detectar y corregir patrones incorrectos de pensamiento declarativo, nuestro trabajo lo hemos orientado a identificar qué elementos del funcionamiento de los algoritmos recursivos son en los que hay que profundizar, con el objeto de desarrollar, en una fase posterior, una herramienta que permita adaptarse a las distintas necesidades del alumno.

## 4. Las experiencias realizadas

El objeto de nuestro trabajo ha consistido en la realización de dos experiencias en las que se buscaba identificar las carencias y dificultades de los alumnos a la hora de aprender el concepto de la recursividad en distintas etapas de su aprendizaje.

### 4.1. Experiencia en la asignatura de *Fundamentos de Programación I*

La primera experiencia se realizó con 23 alumnos de primer curso de la asignatura FPI, que accedieron a realizar el experimento de forma voluntaria, y de los cuales 5 repetían la asignatura. La actividad se llevó a cabo en la última semana del cuatrimestre, después de haber visto el tema de recursividad y haber tenido tiempo para practicar con ella. A cada participante se

le citó de forma individual para rellenar un cuestionario donde tenían que aportar sus datos sobre edad, si era o no repetidor de la asignatura y valorar en una escala de 1 a 5 tres preguntas sobre su gusto por la programación (*MGP*) y su conocimiento sobre los principios teóricos (*CTR*) y el funcionamiento de la recursividad (*CFR*). La Tabla 1 muestra la distribución de frecuencias de la primera parte del cuestionario. En ella podemos observar que a todos los alumnos les gusta bastante la programación. Por otro lado, la mayoría dice conocer los principios teóricos de la recursividad (65%) y el funcionamiento de la misma (70%).

N=23	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	>=3 (%)*
1. Me gusta programar ( <i>MGP</i> )	0 (0)	0 (0)	5 (22)	9 (39)	9 (39)	23 (100)
2. Conozco los principios teóricos de la recursividad ( <i>CTR</i> )	1 (4.3)	7 (30)	10 (43)	5 (22)	0 (0)	15 (65)
3. Conozco el funcionamiento de la recursividad ( <i>CFR</i> )	2 (8.7)	5 (22)	12 (52)	4 (17)	0 (0)	16 (70)
4. Valoración rep. 1: código solo ( <i>VALR1</i> )	1 (4)	5 (22)	9 (39)	5 (22)	3 (13)	17 (74)
5. Valoración rep. 2: tablas ( <i>VALR2</i> )	0 (0)	2 (9)	6 (26)	10 (43)	5 (22)	21 (91)
6. Valoración rep. 3: diagramas ( <i>VALR3</i> )	3 (13)	5 (22)	3 (13)	9 (39)	3 (13)	15 (65)

Tabla 1. Distribución de frecuencias de los datos de la experiencia 1 sobre un total de 23 cuestionarios. Las columnas corresponden a las valoraciones asignadas a cada una de las respuestas \*La última columna representa el número de alumnos que han contestado a dicha pregunta con un valor mayor o igual a 3.

Además, cada alumno debía resolver individualmente tres ejercicios y valorar dos representaciones con las que se suele ilustrar el funcionamiento de los algoritmos recursivos de cara a facilitar la comprensión de la recursividad (Figura 1). Los dos primeros ejercicios consistían en proporcionar el resultado de la llamada a sendos métodos recursivos; en el tercero debían encontrar el error que aparecía en otro método recursivo. Los tres métodos estaban escritos en Java, puesto que es el lenguaje que aprenden en la asignatura de programación. Además, cada uno de los dos primeros ejercicios se ilustraba con una de las dos representaciones que se suelen utilizar en clase y que se muestran en la Figura 1: las tablas (Figura 1.A) y

los diagramas (Figura 1.B), mediante los que se pretende representar el flujo de las distintas llamadas activas y la vuelta atrás de cada una de ellas. Para solucionar los tres ejercicios disponían de un tiempo máximo de 10 minutos. Los resultados de los ejercicios no son muy buenos: el primer ejercicio (Figura 1.A) lo resuelven correctamente 9 alumnos; 13 el segundo (Figura 1.B) y únicamente 5 encuentran el fallo del método recursivo. Por tanto, estos datos ratifican nuestra idea de que cuando están aprendiendo a programar, les cuesta mucho trabajo dominar la recursividad. Esta conclusión pudiera entrar en contradicción con los datos que aparecen en la Tabla 1, donde se pone de manifiesto que la mayoría de los alumnos creen que los principios teóricos de la recursividad y el funcionamiento de la misma.

A

¿Qué resultado devuelve la llamada X(3)?

	Ida	Vuelta
Llamada	n	Valor
1ª	2	6
2ª	1	2
3ª Caso Base	0	0

```
public static int X(int n) {
    int res=0;
    if (n>0){
        res = X(n-1);
        res=res+n*2;
    }
    return res;
} // Fin método X
```

A. 6    B. 12    C. 36    D. No sé

B

¿Qué resultado devuelve suma(3)?

```

graph TD
    main -- n=2 --> suma1[suma]
    suma1 -- Devuelve 0+2=2 --> main
    suma1 -- n=1 --> suma2[suma]
    suma2 -- Devuelve 0 --> suma1
    suma2 -- n=0 --> suma3[suma]
    suma3 -- ¡Caso base! Devuelve 0 --> suma2
            
```

```
public static int suma(int n) {
    int res=0;
    if (n>0){
        res = suma(n-1);
        if (n%2==0)
            res=res+n;
    }
    return res;
} // Fin método suma
```

A. 4    B. 1    C. 2    D. No sé

Figura 1. Dos de los ejercicios recursivos propuestos a los alumnos, ilustrado cada uno de ellos con un tipo de representación gráfica de la recursividad utilizado en la asignatura de FPI. 1. A: tablas; 1.B: diagramas.

Desde nuestro punto de vista esto no es así. Creemos que la recursividad es una estrategia lo suficientemente compleja como para que, a pesar de que se conozcan los principios sobre los que se fundamenta, los alumnos que empiezan a programar no son capaces de identificar fácilmente qué es lo que hace un algoritmo recursivo y, por tanto, qué resultados devuelve.

En cuanto al tipo de representación que mejor valoran, destaca la 2 (basada en diagramas). Esto coincide además con que el ejercicio que mejor resuelven también es el 2, lo que confirma nuestra hipótesis de que la visualización de la traza del algoritmo es importante para comprender el funcionamiento de la recursividad. En la Tabla 2 se resumen todos estos resultados, a través de los valores de los estadísticos más descriptivos: la media, desviación típica, mediana y moda.

	<i>Edad</i>	<i>MGP*</i>	<i>CTR</i>	<i>CFR</i>	<i>VALR1</i>	<i>VALR2</i>	<i>VALR3</i>
$\mu$	19,3	<b>4,17</b>	2,83	2,78	3,17	<b>3,78</b>	3,17
$\sigma$	3,27	0,78	0,83	0,85	1,07	0,9	1,3
<b>Mediana</b>	18	4	3	3	3	4	4
<b>Moda</b>	18	5	3	3	3	4	4

Tabla 2. Resumen de los datos correspondientes a la experiencia llevada a cabo con los alumnos de *FPI*. \*Los nombres de las columnas 2 a 7 corresponden a las abreviaturas de los ítems 1 a 6 del cuestionario descritos en la Tabla 1.

## 4.2. Experiencia en la asignatura de Metodología de la Programación

En este caso, puesto que ya tienen mucha más experiencia en programación y, supuestamente, con la recursividad, pretendimos identificar los aspectos de esta técnica que más trabajo les cuesta entender, teniendo en cuenta el momento del aprendizaje en el que se encuentran.

Para ello, preparamos un cuestionario que respondieron voluntariamente 91 alumnos de los matriculados en la asignatura de *Metodología de la Programación* (31 de ellos repetidores de la asignatura). El cuestionario lo entregamos el primer día de curso de la asignatura en el 2º cuatrimestre y lo completaron al finalizar la clase. En el cuestionario debían valorar de 1 a 5 cada uno de los ítems subjetivamente. El cuestionario contenía 30 preguntas sobre aspectos relacionados con su conocimiento previo, su estilo de aprendizaje, su método de estudio, sus dificultades a la hora de entender y usar la recursividad y posibles formas de solucionarlas. Además, para contrastar los datos con los obtenidos en la experiencia de primero (descrita en la sección anterior) añadimos tres ejercicios que debían resolver, junto con la valoración de las representaciones de la recursividad que mejor les sirvieran para obtener el resultado correcto. Los tres ejercicios consistían en devolver el resultado de la llamada a sendos métodos recursivos escritos en Java. El primer ejercicio contenía simplemente el código del método; los dos

últimos eran exactamente los mismos del experimento descrito en la sección anterior (Figura 1).

## 5. Resultados y Discusión

El análisis de los datos lo hemos realizado en distintas fases, que se describen en los apartados que siguen a continuación.

### 5.1 Considerando conjuntamente los datos comunes a los cuestionarios de 1º y 2º curso

Si analizamos los datos comunes a ambos cursos, resumidos en la Tabla 3, y los comparamos con los de la Tabla 2, podemos extraer algunas conclusiones interesantes.

	<i>MGP*</i>	<i>CTR</i>	<i>CFR</i>	<i>VALR1</i>	<i>VALR2</i>	<i>VALR3</i>
$\mu$	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2,8</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>
$\sigma$	1	1	1	1,1	1	1,2
<b>Mediana</b>	4	3	3	3	3	3,5
<b>Moda</b>	4	3	3	3	3	3

Tabla 3. Resumen de los datos correspondientes a la experiencia llevada a cabo con los alumnos de *MP*. \*Los nombres de las columnas 2 a 7 corresponden a las abreviaturas de los ítems 1 a 6 del cuestionario descritos en la Tabla 1.

La primera de ellas es que la media de *MGP* (ítem 1 del cuestionario) ha bajado ligeramente pero, sin embargo, las de *CTR* (ítem 2) y *CFR* (ítem 3) han subido, lo que es lógico pues han tenido otras asignaturas en las que han estudiado y utilizado la recursividad. Sin embargo, ahora se igualan las valoraciones de las representaciones.

Para intentar comprender el porqué de dichas variaciones, decidimos realizar un análisis de las correlaciones entre los datos, obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 2. A partir de ellos podemos deducir que los que están en 2º curso tienen un mayor número de aciertos (0,35), aunque el hecho de que el valor de correlación no sea cercano al 1 nos hace pensar que en las demás asignaturas de programación que cursan durante el segundo cuatrimestre de 1º (*FPI*) y el primero de 2º (*ED*) no mejoran demasiado sus conocimientos en recursividad. Además, aquellos a los que les gusta programar hacen una mejor valoración (0,23) de la representación número 2 (Figura 2.A), pero el hecho de estar en cursos superiores hace que disminuya la valoración de la misma (-0,19). Como el número de

	Edad	Curso	MGP	CTR	CFR	VALR1	VALR2	VALR3	Nº CONT	Nº BIEN
Edad	1.00									
Curso	<b>0.33****</b>	1.00								
MGP	-0.14	-0.12	1.00							
CTR	<b>0.22*</b>	0.17	0.08	1.00						
CFR	<b>0.23*</b>	<b>0.29**</b>	0.01	<b>0.69****</b>	1.00					
VALR1	-0.15	-0.15	-0.08	-0.06	-0.14	1.00				
VALR2	-0.07	<b>-0.19</b>	<b>0.23</b>	-0.06	-0.03	0.15	1.00			
VALR3	0.14	0.11	0.16	-0.03	0.00	-0.06	<b>0.37****</b>	1.00		
Nº CONT	-0.05	<b>-0.29**</b>	-0.02	0.06	0.16	0.18	0.02	0.00	1.00	
Nº BIEN	0.08	<b>0.35****</b>	0.14	<b>0.24**</b>	<b>0.39****</b>	-0.02	0.00	0.02	<b>0.38****</b>	1.00

\*= $p < .05$  (el mínimo coeficiente de correlación significativa para un tamaño muestral de  $n = 114$  es 0.184)

\*\*= $p < .01$  (el mínimo coeficiente de correlación significativa para un tamaño muestral de  $n = 114$  es 0.240)

\*\*\*= $p < .001$  (el mínimo coeficiente de correlación significativa para un tamaño muestral de  $n = 114$  es 0.304)

Figura 2. Correlaciones entre los datos de las tablas 1 y 2.

alumnos de 2º curso (91) es mucho mayor que los de 1º (23) esto puede explicar que al final las valoraciones de las representaciones 2 y 3 se igualen. En lo que todos coinciden es en que prefieren visualizar una representación de la traza en lugar de enfrentarse solo al código del algoritmo, como era de esperar.

## 5.2. Considerando sólo los alumnos de 2º curso

En este caso, el cuestionario incluía también un apartado relativo a sus hábitos de estudio y de qué forma pensaban que podrían mejorar sus resultados; las preguntas de esta parte se detallan en la Tabla 4.

Puntúa los siguientes aspectos de 1 a 5 según lo que tú consideres te <b>ayudaría a mejorar</b> , en caso de que tengas problemas con la comprensión y el diseño de programas recursivos, (1: "nada"; 5: "todo")
9. Más ejercicios <i>resueltos por el profesor</i> en las asignaturas de 1º
10. Más ejercicios <i>realizados por mí</i> durante las asignaturas de 1º
11. Mejor material docente
12. Visualización de la traza de los algoritmos recursivos realizadas por el profesor
13. Realización, <i>por mi parte</i> , de las trazas de los algoritmos recursivos
14. Una herramienta software de <i>visualización y simulación</i> de programas recursivos

Tabla 4. Extracto del cuestionario con las preguntas relativas a las posibles formas de mejorar su dominio de la recursividad.

Los datos indican, como muestra la Figura 3, que lo que más les ayudaría a mejorar su conocimiento sobre la recursividad sería la realización de las trazas de los algoritmos recursivos (P13). Después, lo que más valoran es la utilización de una herramienta software de visualización y simulación de programas recursivos (P14) y la realización de más ejercicios durante las asignaturas de primer curso (P10).

Además, el cuestionario también incluía varias preguntas, detalladas en la Tabla 5, sobre el grado de dificultad que les supone los principales aspectos de la recursividad.

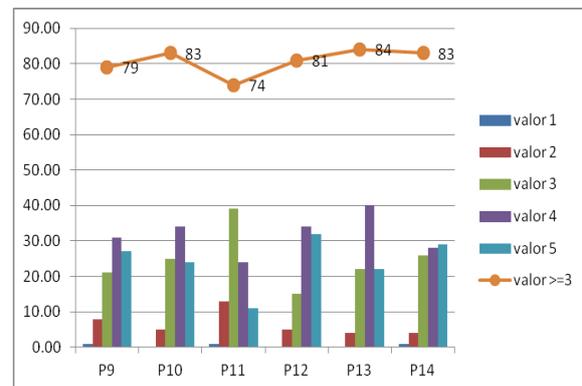


Figura 3. Resultados de las valoraciones de los alumnos a las preguntas de la Tabla 4. La serie naranja representa la suma de los alumnos que han asignado un valor mayor o igual a 3.

La Figura 4 describe los datos recopilados para las preguntas de la Tabla 5. Se observa que lo que más trabajo les supone al 84,6% de los alumnos encuestados es descifrar el funcionamiento del programa cuando existen varias llamadas recursivas (P21), seguido de la evolución de la traza de un algoritmo recursivo (P22) por el 81%, y la recuperación de los valores de variables y parámetros en la vuelta atrás de la llamada activa (P19) por el 77%. Podría parecer extraño que lo que menos dificultad les supone es el paso de objetos como parámetros (P20), pero es lógico pues actúan como si fueran variables globales.

Además, a pesar de las buenas percepciones subjetivas que tienen los alumnos sobre su conocimiento de la recursividad (Tabla 3), únicamente 29 de 91 han resuelto correctamente los tres ejercicios que se les plantearon. Este hecho sugiere que aprender a dominar la recursividad les

cuesta más trabajo de lo que ellos creen.

Valora de 1 a 5 cada una de las siguientes cuestiones según tu <b>grado de dificultad</b> para comprender la recursividad.
15. La llegada al caso base desde el caso general
16. Acceso y modificación de parámetros y variables locales
17. Acceso y modificación de las variables globales
18. Llamadas activas
19. Recuperación de los valores de variables y parámetros en la vuelta atrás de la llamada activa
20. Paso de objetos como parámetros
21. Funcionamiento del programa cuando existen varias llamadas recursivas
22. Seguimiento de la traza de un algoritmo recursivo

Tabla 5. Extracto del cuestionario con las preguntas relativas a los aspectos básicos de la recursividad.

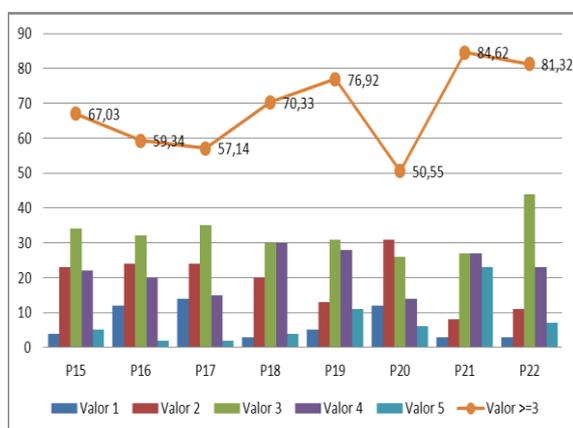


Figura 4. Resultados de las valoraciones de los alumnos a las preguntas de la Tabla 5. La serie naranja representa la suma de los alumnos que han asignado un valor mayor o igual a 3.

Asimismo, el análisis de correlaciones de los datos del cuestionario revela más información que merece la pena ser tenida en cuenta. Por falta de espacio, no incluimos una tabla con todos los resultados del análisis de correlaciones<sup>1</sup> y sólo destacamos los más relevantes:

- Los que más conocimiento dicen tener sobre los principios teóricos de programación son los que creen que conocen mejor el funcionamiento de la recursividad (0,67), la comprenden mejor (0,6) y valoran su utilidad (0,48). Por eso, son los que opinan que menos problemas tienen con el acceso y modificación de variables locales (-0,29), acceso y modificación de variables globales (-0,22), vuelta atrás en la recursividad (-0,26) y funcionamiento del programa con varias

llamadas recursivas (-0,21).

- A aquellos que más trabajo les cuesta diseñar programas recursivos también les cuesta más trabajo comprender el funcionamiento del programa cuando existen varias llamadas recursivas (0,36) y son los que peor realizan el ejercicio 2 (-0,21).
- Lógicamente, a los que más trabajo les cuesta entender el acceso y modificación de parámetros y variables locales, también les cuesta el acceso y modificación de las variables globales (0,85), las llamadas activas (0,41), la vuelta atrás (0,41), el paso de objetos como parámetros (0,40) y el funcionamiento de un programa con varias llamadas recursivas (0,). Son también los que peor resuelven el ejercicio número 2 (-0,21).

La última fase del análisis ha consistido en aislar los datos de los 29 alumnos de 2º curso que han respondido bien a las tres preguntas y hemos procedido igualmente a realizar un análisis de correlaciones de los datos<sup>2</sup>. El único resultado destacable es que los que consideran que mejor conocen los principios y el funcionamiento de la recursividad son los que también consideran útil una herramienta software de visualización y simulación de programas recursivos (0,38).

## 6. Conclusiones y trabajo futuro

La recursividad es una herramienta muy importante y potente para la solución de problemas complejos. Sin embargo, aunque los alumnos creen que entienden sus principios teóricos y su funcionamiento, las experiencias llevadas a cabo con los alumnos que empiezan a programar en 1º, e incluso con los que llevan ya más de un año programando, en el caso de los de 2º, demuestran que no la dominan. Es más, les supone un gran obstáculo para superar asignaturas obligatorias como las de *Metodología de la Programación*, en la que el uso de la recursividad es clave para el desarrollo de las estrategias de resolución de problemas como “divide y vencerás”, *backtracking* y programación dinámica. De hecho, los alumnos consideran que son precisamente sus dificultades a la hora de utilizar esta técnica una de las principales causas que les lleva a no superar la asignatura.

En este trabajo nos hemos planteado identificar, apoyándonos en datos empíricos, aquellos aspectos que más trabajo les supone dominar, con el objetivo de incidir más en ellos. Así, se concluye que los aspectos más problemáticos son los relacionados con

<sup>1</sup> El mínimo valor del coeficiente de correlación significativo para una muestra de  $n=91$  es 0,21 para una confianza del 95%; de 0,27 para una del 99%, y de 0,34 para una del 999%.

<sup>2</sup> El mínimo valor del coeficiente de correlación significativo para una muestra de  $n=29$  es 0,37 para una confianza del 95%; de 0,47 para una del 99% y de 0,58 para una del 999%.

la vuelta atrás, la recuperación de valores en las llamadas anteriores, así como el funcionamiento de la recursividad en los casos en los que existen múltiples llamadas recursivas.

La visualización de la traza les ayuda a la comprensión del funcionamiento y a resolver mejor los ejercicios, pero hay que definir herramientas adecuadas al nivel de aprendizaje de cada alumno, puesto que el nivel de conocimiento y, por tanto, los recursos del alumnado son diferentes en cada etapa de aprendizaje. Así, aunque todo el alumnado coincide en que es muy importante visualizar la traza del algoritmo, los recursos que se pueden utilizar en primer curso no pueden, ni deben, ser los mismos que los de segundo, donde ya se pueden utilizar pilas y árboles sin problemas.

Además, los resultados obtenidos al comienzo de este curso nos han servido para introducir en el temario de la asignatura de *Metodología de la Programación* de 2º un tema adicional dedicado exclusivamente a profundizar en la recursividad: tanto en los principios del diseño, como en el análisis del funcionamiento de la misma. Todo esto ya ha servido, de momento, para aumentar el interés del alumnado y disminuir el abandono prematuro de la asignatura, tal y como venía ocurriendo en años anteriores.

A lo largo del curso pretendemos realizar experiencias similares mediante las que vayamos midiendo cómo el hecho de incidir en los aspectos que más dificultades les supone repercute en su motivación y, por tanto, en su rendimiento académico.

Como trabajo futuro, tal y como se ha comentado anteriormente, nos planteamos la implementación de una nueva herramienta de visualización de la recursividad que permita adaptar el aprendizaje del alumno dependiendo de sus necesidades. Dicha herramienta está ya en sus primeras fases de desarrollo.

## Referencias

- [1] Ben-Bassat, R., Ben-Ari, M., Uronen, P.A. (2003). The Jeliot 2000 program animation system. *Computers & Education*, 40(1), pp.1-15
- [2] Dershem, H.L., Erin Parker, D., Weinhold, R. (1999): A Java function visualizer. *Journal of Computing in Small Colleges*, Vol. 15.
- [3] Hundhausen, C., Douglas, S., Stasko., I (2002), A Meta-Study of algorithm visualization effectiveness, *Journal of Visual Languages and Computing*, 13, 259-290.
- [4] Levy, D., Lapidot, T. (2000), Recursively speaking: analyzing students' discourse of recursive phenomena *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol 32(1), 315-319
- [5] Naps, T., Röbling, G., Almstrum, V., Dann, W., Fleischer, R., Hundhausen, C., Korhonen, A., Malmi, L., McNally, M., Rodger, S., Velázquez, J. Á. (2003a): Exploring the Role of Visualization and Engagement in Computer Science Education. *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol. 35(2), pp. 131-152.
- [6] Naps, T., Cooper, S., Koldehofe, B., Leska, C., Röbling, G., Dann, W., Korhonen, A., Malmi, L., Rantakokko, J., Ross, R., Anderson, J., Fleischer, R., Kuittinen, M., McNally, M. (2003b): Evaluating the educational impact of visualization. *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol. 35(4), pp. 124-136.
- [7] Perez Carrasco, A., Sistema Generador de Animaciones Interactivas para la Docencia de Algoritmos Recursivos, Tesis Doctoral, URJC, 2011.
- [8] Sooriamurthi, R., Problems in Comprehending Recursion and Suggested Solutions, *Proceedings of the 6th annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE)*, Canterbury, UK, June 2001, 25 - 28.
- [9] Urquiza, J., Velázquez, J. Á. (2009): A Survey of Successful Evaluations of Program Visualization and Algorithm Animation Systems. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, Vol. 9(2), ACM Press: New York, NY, Article 9.
- [10] Velázquez Iturbide, J.A. (2000), Recursion in gradual steps (is recursion really that difficult?) *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol 32(1), 310-314
- [11] Wirth, N. (1976) *Algorithms+Data Structures=Programs*. Prentice Hall.

# Estudiando el nivel en matemáticas de alumnos de nuevo ingreso en ingeniería informática: percepción y realidad

Maximo Cobos, Miguel Arevalillo, Paloma Moreno, Ricardo Olanda  
Departament de Informàtica  
Universitat de València  
46100, Burjassot, Valencia  
maximo.cobos@uv.es

## Resumen

Son muchos los cambios experimentados en la docencia universitaria desde la implantación de los nuevos grados impulsados por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). No obstante, el nivel de los alumnos de nuevo ingreso en materias como matemáticas o física sigue siendo uno de los problemas que más preocupan a muchos docentes universitarios, especialmente a aquellos que imparten asignaturas de formación básica en los primeros cursos de Ingenierías. Si bien estas asignaturas requieren unos conocimientos mínimos que se presuponen adquiridos durante la formación pre-universitaria, la experiencia demuestra que existe un gran desajuste entre la realidad y lo que el profesor asume como ya conocido por el alumnado. Es más, la percepción propia del alumno sobre su propio nivel parece resultar distorsionada en muchas ocasiones, lo que puede llevar a problemas en su rendimiento académico desde el mismo inicio de su etapa universitaria. En este artículo se describe una experiencia llevada a cabo en la Universitat de València con el fin de evaluar el nivel de matemáticas de los alumnos de nuevo ingreso en el Grado en ingeniería Informática, las diferencias existentes dependiendo de su etapa educativa anterior, y su influencia en el rendimiento universitario posterior. Para ello, se ha realizado una prueba técnica consistente en una serie de ejercicios matemáticos de nivel básico y un cuestionario sobre la percepción que los alumnos tienen de su propio nivel. Los resultados revelan el desajuste entre la percepción del alumnado y la realidad, y una correlación importante entre el nivel de matemáticas de los estudiantes de nuevo ingreso y los resultados académicos conseguidos en el primer año de universidad.

## Abstract

The European Higher Education Area (EHEA) has motivated important changes in academic teaching.

However, the entry level of students in modules such as Physics or Maths is still a problem in Engineering courses. These subjects require a basic knowledge that should have been acquired at secondary education, but experience shows a large gap between what students are supposed to know and what they actually know. Moreover, the student's own perception on its own level seems to be frequently distorted, which can lead to performance problems from the very beginning of his/her academic life. In this paper, we describe the experience carried out to evaluate some of the above aspects on fresher computer science students. Two types of tests were conducted: a technical test consisting of a series of basic math exercises; and a questionnaire for assessing the students' perception on their own math level. The results are analyzed and discussed, identifying the interrelationship between the above aspects. In particular, results reveal a significant gap between the students' perception of their own academic level and the reality. In addition, an important correlation has been observed between the maths level on enrolment and the academic scores achieved during the first year.

## Palabras clave

Nivel de matemáticas, alumnos de nuevo ingreso, ingeniería informática.

## 1. Introducción

La asignatura de Matemáticas es, sin duda, una de las asignaturas más importantes para el estudio de cualquier rama de la ingeniería. Su carácter de materia instrumental permite al alumnado seguir avanzando en su formación, dotando a los futuros ingenieros de pensamiento analítico, rigor y objetividad numérica en el desarrollo de su profesión. Sin embargo, los últimos informes y estadísticas generales sobre el estado de la educación en España arrojan resultados decepcionantes. En el estudio PISA 2003 (*Programme for Inter-*

*national Student Assessment*), que está principalmente orientado a evaluar las competencias matemáticas en chicos/as de 15 años, España está en el puesto 26 de 41 países evaluados y en la posición 23 dentro de los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), sólo por delante de Italia, Portugal y Grecia entre los países de la Unión Europea [3]. El informe PISA 2012 (que se publicará en diciembre de 2013) volverá a estar centrado en la evaluación de las matemáticas, por lo que se conocerá de forma más precisa cuál ha sido la evolución de los jóvenes españoles en esta competencia desde PISA 2003.

Las causas de estos malos resultados son variadas. En este contexto, la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, cita graves problemas en la formación matemática en España, especialmente en primaria y secundaria [2]. Por un lado, los profesores de primaria reciben una preparación inadecuada durante sus años de formación, provocando un rechazo de esta disciplina que termina propagándose a los alumnos. En secundaria, si bien la formación matemática de los profesores es sólida, los problemas suelen tener más bien un carácter organizativo y de ausencia de autoridad frente al alumnado. Así, los problemas mayoritarios a nivel universitario se derivan principalmente de los problemas en primaria y secundaria, implantando sesiones de “*nivel cero*” al inicio del curso académico.

Algunos estudios llevados a cabo en España demuestran claramente los problemas anteriores [4, 5]. Un amplio porcentaje de estudiantes se enfrentan a las matemáticas sin los conocimientos mínimos adquiridos. Esto, sumado a un marcado déficit motivacional y a una negativa actitud, termina en una percepción de incapacidad por parte del alumnado que desemboca fácilmente en el fracaso. De hecho, la percepción del alumno puede ser en ocasiones muy distinta a la de su rendimiento real, ya sea sobrevalorando o infravalorando sus propias capacidades. Esta percepción suele estar muy relacionada con la planificación del estudio del propio alumno, por lo que el impacto en su rendimiento académico puede ser especialmente significativo.

A este respecto, cabe también destacar la diferencia de nivel existente entre alumnos que acceden desde Bachillerato y los que lo hacen desde Ciclos Formativos. En este artículo, analizamos varios factores relacionados con el nivel de matemáticas que tiene el alumno de nuevo ingreso, incluyendo:

- El nivel de matemáticas que tienen los alumnos de nuevo ingreso en el grado de Ingeniería Informática, y las diferencias con respecto a su propia percepción acerca del mismo.
- Las diferencias de nivel entre alumnos procedentes de Bachillerato y de Ciclos Formativos/FP.
- La influencia del nivel inicial de matemáticas en el rendimiento académico universitario, y si el

conocimiento que posee el alumno cuando accede a la universidad es determinante en cuanto a los resultados finales obtenidos.

La estructura del resto del artículo es la siguiente. En primer lugar, en la sección 2, describimos la metodología de análisis utilizada, exponiendo las pruebas realizadas. Seguidamente, en la sección 3, se presentan y discuten los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 4, se exponen las conclusiones principales de la investigación.

## 2. Metodología

El estudio se ha llevado a cabo en la Universitat de València, y está basado en una prueba técnica de matemáticas y un cuestionario de opinión. Ambas pruebas se realizaron durante la primera semana del curso académico (concretamente, el segundo día de clase). Antes de su realización, se les explicó detalladamente a los alumnos la motivación de la misma y la importancia de que fueran sinceros en sus respuestas. Respecto a la prueba técnica, se les explicó que ésta no tenía validez académica y no conllevaba ningún tipo de penalización en caso de fallo.

La prueba técnica realizada consiste en un total de 8 ejercicios matemáticos, organizados en nivel creciente de dificultad. Las respuestas a esta prueba permiten evaluar las carencias en una serie de competencias matemáticas de los alumnos de nuevo ingreso. La prueba técnica se complementa con un cuestionario con el fin de conocer la vía de ingreso del alumno a la universidad y cuál es su percepción subjetiva respecto a su nivel de matemáticas. De esta forma, se pretenderá establecer una relación entre tales competencias y la percepción que el alumno tiene de su preparación para afrontar los contenidos de la titulación. Finalmente, los resultados obtenidos al final del primer cuatrimestre en dos asignaturas de características bien distintas (Matemáticas I e Ingeniería, Sociedad y Universidad) nos permitirán determinar si el nivel inicial del alumno determina de alguna forma su rendimiento académico como alumno universitario. Además, los datos de acceso a la universidad se utilizarán para relacionar los aspectos anteriores con la procedencia del alumnado, observando las diferencias entre alumnos de bachillerato y ciclos formativos/FP.

A continuación describimos en detalle cada una de las dos pruebas.

### 2.1. Prueba Técnica

El diseño de esta prueba ha contemplado los siguientes requisitos con el fin de cumplir los objetivos del estudio:

- debe poder realizarse en un tiempo reducido,
- debe evaluar distintos niveles de conocimiento,
- debe evaluar competencias de nivel de primaria y secundaria, y
- debe alcanzar aquellas competencias cercanas al nivel universitario que los alumnos deberán utilizar desde el comienzo del curso.

Teniendo en cuenta lo anterior, la prueba se compone de los siguientes ejercicios:

1. *Sumar dos fracciones y simplificar:*

**Enunciado:** Suma y simplifica:  $\frac{15}{4} + \frac{9}{8}$ .

Es la competencia evaluada de nivel más básico (primaria). Requiere poco tiempo para su resolución y puede aportar información sobre el origen de las carencias observadas.

2. *Obtener el límite de un quebrado de polinomios del mismo grado:*

**Enunciado:** Calcula el siguiente límite:

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{3x^2 + 2x + 3}{4x^2 + 7x}$$

Además de poder ser resuelto inmediatamente, implica conocer el concepto de límite de una expresión matemática, formando la base de otras competencias evaluadas como son el cálculo diferencial e integral.

3. *Resolver un sistema de ecuaciones lineales (compatible determinado):*

**Enunciado:** Resuelve el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} x + 3y - 2z &= 5 \\ 3x + 5y + 6z &= 7 \\ 2x + 4y + 3z &= 8 \end{aligned}$$

Implica un conocimiento básico de álgebra lineal y de gran importancia en ingeniería informática. Aunque de todos los ejercicios es el que puede resultar más laborioso, implica la aplicación de una metodología y una buena capacidad de cálculo (nivel de secundaria).

4. *Multiplicar dos números complejos:*

**Enunciado:** Realiza la multiplicación de números complejos:  $(3 + 2i)(5 + i)$ .

Implica conocer propiedades básicas (propiedad distributiva) y aplicarla al conjunto de los

números complejos, los cuales son muy necesarios en el estudio de la física y la ingeniería.

5. *Describir el concepto de derivada:*

**Enunciado:** ¿Qué es la derivada de una función?

Sin ser un ejercicio de cálculo, pretende evaluar el aprendizaje a un nivel superior de comprensión. Permitirá relacionar el conocimiento del alumno a nivel de comprensión de concepto con su nivel a la hora de aplicar las reglas de cálculo asociadas al mismo (nivel avanzado).

6. *Calcular una derivada de una expresión sencilla:*

**Enunciado:** Calcula la siguiente derivada:  $\frac{d}{dx}(\ln x^2)$

Permite evaluar el conocimiento de las reglas de derivación y compararlo con el conocimiento que se tiene del concepto (nivel avanzado).

7. *Describir el concepto de integral:*

**Enunciado:** ¿Qué es una integral?

De forma similar al punto 5, se pretende que el alumno describa brevemente el concepto de integral (nivel avanzado).

8. *Calcular una integral indefinida sencilla:*

**Enunciado:** Calcula la integral:  $\int x \cos(x^2) dx$

Se trata de que el alumno aplique las reglas básicas de integración (nivel avanzado).

## 2.2. Cuestionario

El cuestionario de opinión consiste en una serie de preguntas acerca de la vía de acceso del alumno a la universidad y de la percepción subjetiva que tiene sobre su nivel de preparación para afrontar los estudios universitarios. Las preguntas que lo conforman son:

1. **Procedencia.** *Provengo de:*

- Bachiller
- Ciclos Formativos de Grado Superior, Formación Profesional de 2º grado o Módulos III.

2. **Preparación subjetiva.** *¿Cómo de preparado te sientes con respecto a tu nivel de matemáticas para afrontar tus estudios universitarios?*

- Muy poco preparado.
- Poco preparado.
- Suficientemente preparado.
- Bastante preparado.
- Muy preparado.

3. **Nivel subjetivo.** ¿Cómo calificarías tu nivel en matemáticas?

- Muy bajo.
- Bajo.
- Normal.
- Alto.
- Muy alto.

4. **Atribución de la responsabilidad.** ¿Con cuál de las siguientes afirmaciones estás más de acuerdo?

- Que los alumnos adquirieran un nivel suficiente para afrontar los estudios universitarios es responsabilidad de la Universidad.
- Que los alumnos adquirieran un nivel suficiente para afrontar los estudios universitarios es responsabilidad de los centros de educación secundaria.
- Que los alumnos adquirieran un nivel suficiente para afrontar los estudios universitarios es responsabilidad de los propios alumnos.
- El nivel necesario para afrontar los estudios universitarios se puede adquirir durante la marcha a lo largo de la carrera.

### 3. Resultados

El número total de alumnos participantes en la prueba fue de 39, de los cuales 21 provenían de Bachiller y 18 de FP2/Ciclos Formativos. La prueba técnica se evaluó asumiendo que los ejercicios eran de una dificultad muy pequeña si realmente el alumno poseía la competencia a evaluar mediante el ejercicio. Según esta asunción, se decidió evaluar cada ejercicio de forma binaria (correcto/no correcto). En la corrección de las pruebas no numéricas se ha adoptado como correcta cualquier explicación que demostrara que alumno conocía el concepto y lo entendía suficientemente, aunque la explicación fuera muy sencilla y sin formalidad matemática.

#### 3.1. Conocimiento del alumno de nuevo ingreso

El porcentaje de alumnos que superó cada uno de los ejercicios propuestos se muestra en la Figura 1(a). Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95 % obtenidos mediante el método "adjusted Wald", siendo este método el recomendado para el cálculo de los intervalos de confianza asociados a porcentajes de éxito en pruebas de resultado binario [1]. En general, se puede apreciar cómo existe un cambio muy significativo entre el ejercicio de suma de fracciones (94,9 %) y el resto de ejercicios, con una tasa de superación mucho menor. Si observamos estos datos por vías de acceso, encontramos las primeras diferencias significativas en cuanto al perfil del alumno de nuevo ingreso. Estas diferencias pueden observarse comparando las gráficas de las Figuras 1(b) y 1(c), que se corresponden con

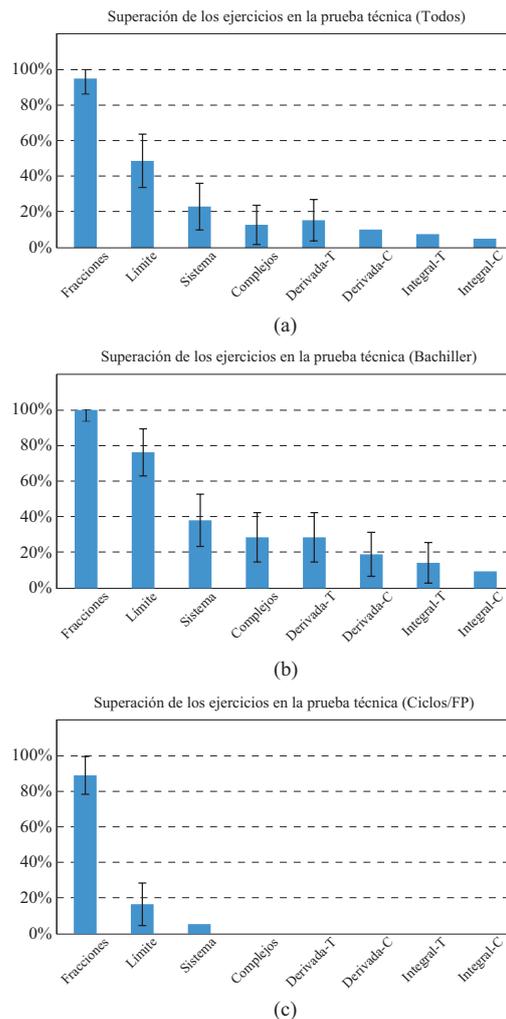


Figura 1: Tasa de superación de los ejercicios de la prueba técnica. (a) Todos los alumnos. (b) Alumnos de Bachiller. (c) Alumnos de Ciclos Formativos/FP.

los resultados obtenidos por alumnos provenientes de Bachiller y Ciclos Formativos, respectivamente. Solamente un alumno procedente de Ciclos Formativos fué capaz de resolver el sistema de ecuaciones, y ninguno de ellos resolvió la multiplicación de complejos ni respondió a ninguna de las cuestiones relacionadas con la derivación y la integración. En el caso del límite, mientras en Bachiller el porcentaje de alumnos que consiguieron resolver el ejercicio ronda el 75 %, la proporción de alumnos de Ciclos Formativos que lo superó no alcanza el 15 %. En términos globales, los alumnos procedentes de Bachiller fueron capaces de resolver una media de 3.1 problemas. Esta cifra contrasta con la media de 1.1 problemas por parte de los alumnos de Ciclos Formativos. Aunque los resultados sugieren importantes deficiencias de conocimiento en los alumnos procedentes tanto de Bachiller como de Ciclos Formativos, éstas son más acusadas en este último caso.

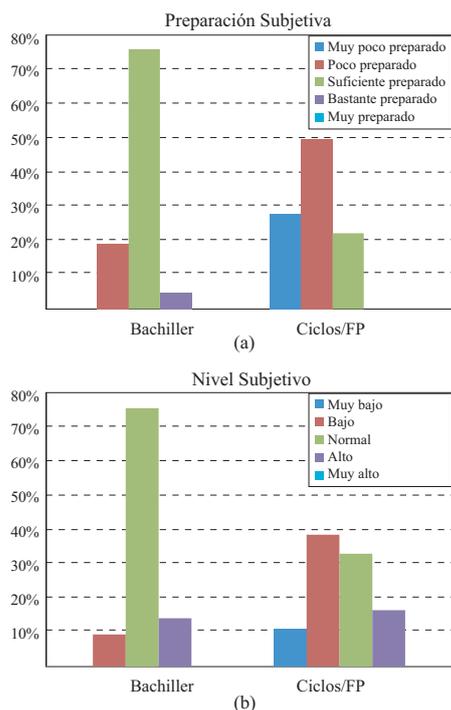


Figura 2: Percepción del alumno sobre su conocimiento según su procedencia. (a) Preparación subjetiva para afrontar los estudios universitarios. (b) Calificación subjetiva de su propio nivel.

### 3.2. Percepción del alumno de su propio conocimiento

Si nos referimos a la percepción del alumno de su propia preparación en matemáticas, observamos que, en general, el alumno se siente poco preparado para afrontar sus estudios universitarios. De entre todas las respuestas, solamente un alumno calificó su nivel de preparación como “bastante preparado”, y ninguno lo calificó de “muy preparado”. De forma similar, cuando se les pregunta sobre su nivel de matemáticas, ninguno de los alumnos ha seleccionado la respuesta “muy alto”, y solamente 6 alumnos lo califican de alto. Las gráficas de la Figura 2(a) y 2(b) muestran los porcentajes correspondientes a cada respuesta, agrupados por procedencia.

Si contrastamos el número de ejercicios que han resuelto correctamente con su percepción de preparación y nivel en matemáticas, advertimos una sobrevaloración de su conocimiento. En las gráficas de la Figura 3(a) y 3(b), se observa que los alumnos que juzgan que tiene una preparación bastante buena, han obtenido una media de 3 ejercicios resueltos, y que aquellos que juzgan que su nivel de matemáticas es alto, han resuelto correctamente una media de 2.5 ejercicios de los 8 propuestos.

De forma adicional a los resultados anteriores, re-

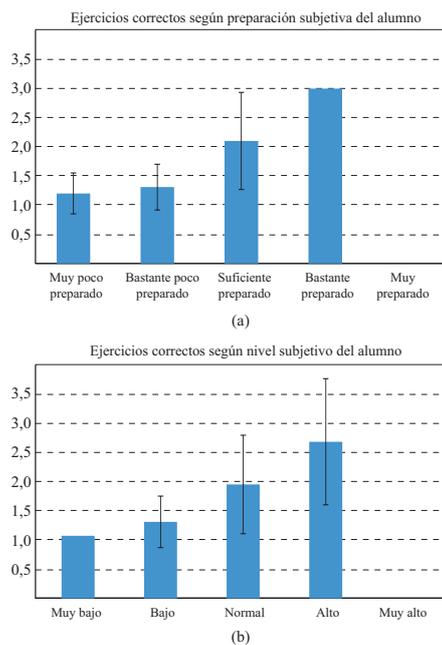


Figura 3: Ejercicios correctos según (a) Preparación subjetiva del alumno y (b) Nivel subjetivo del alumno.

sulta interesante saber cuál es la opinión que tiene el alumno respecto a la responsabilidad personal y de las entidades educativas en la adquisición de nivel. La pregunta 4 del cuestionario está dedicada al estudio de este aspecto específico. La Figura 4 muestra los resultados a esta pregunta según la procedencia de los alumnos. Puede observarse que, para los alumnos de Bachiller, la mayor responsabilidad la tienen los centros de educación Secundaria (43%), seguidos de los propios alumnos (33%) y de la Universidad (18%). Este resultado contrasta con el caso de los alumnos de Ciclos Formativos/FP, ya que la gran mayoría opina que la mayor responsabilidad la tiene el propio alumno (45%), seguido de la Universidad (27%) y de los centros de Secundaria (16%). Tanto en el caso de

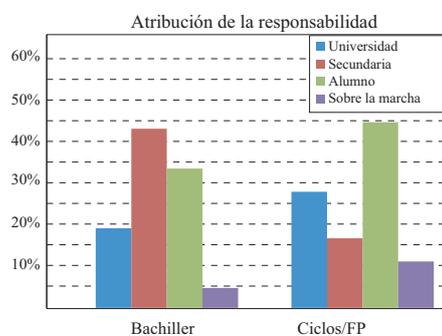


Figura 4: Atribución de la responsabilidad de adquisición de nivel por parte del alumno según su procedencia.

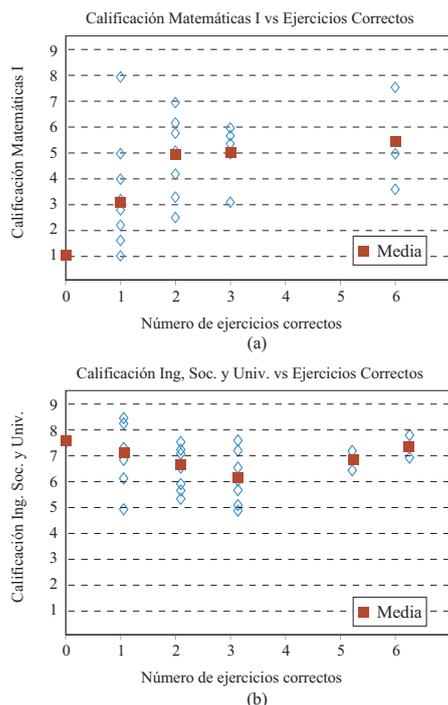


Figura 5: Percepción del alumno sobre su conocimiento según su procedencia. (a) Preparación subjetiva para afrontar los estudios universitarios. (b) Calificación subjetiva de su propio nivel.

Bachiller como en el de Ciclos, es un número reducido de alumnos los que opinan que el nivel en matemáticas puede adquirirse sobre la marcha a lo largo de los estudios universitarios, por encima de la posible responsabilidad que puedan tener los centros o el propio alumno en el nivel con el que comienzan los estudios universitarios.

### 3.3. Influencia del conocimiento de partida sobre su rendimiento universitario

Otro resultado interesante es la influencia del resultado del test en sus calificaciones universitarias. Para ello, hemos contemplado dos asignaturas de características dispares: Matemáticas I e Informática, Sociedad y Universidad. La asignatura Matemáticas I es la primera asignatura de formación básica dedicada al estudio de las matemáticas que han de afrontar los estudiantes de primer curso. Con una carga de 6 ECTS, la asignatura está diseñada para suplir carencias en el conocimiento matemático de muchos alumnos que han accedido a la universidad sin estudiar Matemáticas en segundo de Bachiller. Además, sirve de base para estudiar conceptos más avanzados en las asignaturas Matemáticas II y Matemáticas III, ambas en el segundo cuatrimestre

del primer curso. Los contenidos de la asignatura son álgebra lineal, cálculo diferencial e integral de una variable y estadística. Por otro lado, la asignatura Ingeniería, Sociedad y Universidad, es una asignatura obligatoria de primer curso enfocada a facilitar la incorporación de los estudiantes a la universidad, dotándolos de conocimientos y herramientas que les faciliten la transición desde los estudios secundarios a los universitarios. Además de ofrecer una visión general de la universidad y de la ingeniería, es una asignatura que comprende varias actividades de mentorización dirigidas al desarrollo de competencias transversales, como la planificación del tiempo y técnicas de estudio, el trabajo en equipo, y el manejo de tecnologías para el desarrollo de sus estudios.

En cuanto a Matemáticas I, la Figura 5(a) muestra un gráfico de dispersión que relaciona el número de ejercicios correctamente resueltos en la prueba de nivel realizada a principio de curso con las calificaciones que figuran en el acta de primera convocatoria de la asignatura Matemáticas I. Los cuadros rojos muestran la media de calificaciones obtenidas en la asignatura en función del número de ejercicios resueltos correctamente en la prueba inicial. En este caso, puede observarse claramente una relación logarítmica, que sugiere que el conocimiento inicial constituye un indicador aceptable del rendimiento académico en esta asignatura. Estos datos son especialmente relevantes, ya que interpretándolos conjuntamente con los datos anteriores, indican una mejora sustancial y casi lineal del rendimiento académico conforme mejora la base matemática inicial. Esta relación lineal se mantiene hasta alcanzar un mínimo de, aproximadamente, 2 ejercicios correctos. A partir de este punto, los resultados únicamente mejoran ligeramente.

Sin embargo, la misma observación en la asignatura Informática, Sociedad y Universidad conduce a resultados muy diferentes. Dichos resultados se expresan en el mismo formato en la Figura 5(b). En este caso, no se observa ninguna relación relevante entre las calificaciones obtenidas en la prueba inicial y las calificaciones que figuran en el acta de la asignatura.

## 4. Conclusiones

En este artículo, hemos descrito un estudio realizado con el fin de evaluar el nivel de matemáticas de los alumnos de nuevo ingreso en el Grado en ingeniería Informática. Además, se han estudiado las diferencias existentes entre alumnos procedentes de Bachillerato y de Ciclos Formativos, contrastando datos objetivos con su propia percepción de nivel. Finalmente, se ha estudiado la influencia de su nivel inicial en su rendimiento académico.

Como primer resultado de importancia, se ha obser-

vado un nivel insuficiente en el nivel de matemáticas de los alumnos de nuevo ingreso. Además, este nivel es sustancialmente inferior entre los alumnos procedentes de Ciclos Formativos. Como dato relevante, ninguno de estos alumnos ha sido capaz de resolver la multiplicación de dos números complejos expresados en forma cartesiana, y solo uno de los 18 que han formado parte del estudio ha sido capaz de resolver un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas. Además, ninguno de los alumnos de Ciclos Formativos ha sido capaz de resolver alguno de los cuatro ejercicios relacionados con la derivación y la integración. Como segundo resultado a destacar, se observa una sobrestimación del alumnado sobre su propio nivel de matemáticas y preparación para afrontar la universidad. En concreto, los alumnos que consideran que tienen un nivel alto de matemáticas han conseguido resolver correctamente una media de 2,5 ejercicios, de los 8 que comprendían la prueba. Por último, el análisis realizado revela que el nivel de matemáticas de entrada tiene una influencia sustancial sobre las calificaciones obtenidas en la asignatura Matemáticas I, pero no sobre los obtenidos en Ingeniería, Sociedad y Universidad. Sin duda, sería interesante estudiar si los resultados son extensibles a otras asignaturas de naturaleza diferente a las estudiadas. En particular, sería especialmente interesante el estudio del impacto del nivel inicial de matemáticas en asignaturas de programación.

## Referencias

- [1] Alan Agresti and Brent A. Coull. Approximate is better than exact for interval estimation of binomial proportions. *The American Statistician*, 52:119–126, 1998.
- [2] Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. La actividad matemática en España: un presente brillante y un futuro sombrío. Disponible en web<sup>1</sup>, 2003. Consultado en febrero de 2013.
- [3] Ministerio de Educación Política Social y Deporte. Informe PISA 2003: matemáticas (informe español). Disponible en web<sup>2</sup>, 2008.
- [4] Julio Antonio González-Pienda, José Carlos Núñez, Luis Alvarez, Paloma González, Soledad González-Pumariega, and Cristina Roces. ¿cómo explicar tanto fracaso en el aprendizaje de las matemáticas? *Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación*, 10(8):349–358, 2003.
- [5] Natalia Ruiz López and José Bosch Betancor. La educación matemática en España. *Práxis Educativa*, 2(2):151–160, 2007.

---

<sup>1</sup><http://www.rac.es/ficheros/doc/00188.pdf>

<sup>2</sup><http://www.mecd.gob.es/>



# ENIAC: una máquina y un tiempo por redescubrir

Xavier Molero

Departament d'Informàtica de Sistemes i Computadors  
Universitat Politècnica de València  
46022 València  
xmolero@disca.upv.es

## Resumen

Aunque los computadores actuales son más pequeños, baratos y rápidos que los precedentes, muy a menudo el estudio minucioso de las *viejas glorias* de la historia de la informática nos permite comprender mejor, no solo algunos de los aspectos de la tecnología informática de aquel momento e incluso de la actual, sino también rasgos socioculturales propios del entorno científico y humano de la época concreta en que estas venerables máquinas se desarrollaron.

El ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*), uno de los primeros computadores electrónicos de la historia, nunca imitado y el único disponible en EEUU entre 1946 y 1949, es un buen ejemplo de todo ello. Y aún más: analizar sus restos puede convertirse en una sorprendente manera de mirarnos en un espejo y descubrir, al mismo tiempo, los aspectos más humanos de la informática. En este trabajo pretendemos mostrar que el estudio del proceso de diseño, construcción y uso posterior de esta máquina de carácter experimental nos puede aportar, todavía, un gran abanico de conocimientos útiles y, consecuentemente, podría formar parte de los contenidos de asignaturas básicas tanto de programación como de arquitectura y estructura de computadores.

## Abstract

Although today's computers are smaller, cheaper and faster than previous ones, very often the detailed study of the old glories of the history of computing allows us to better understand not only some aspects of old and contemporary computer technologies, but also particular socio-cultural behaviours of the scientific and human environments when these venerable machines were developed.

The ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*), one of the first electronic computers in the world, never imitated and the only very high performance computation device available in the U.S. between 1946 and 1949, is a good example of it. And even

more: their analysis can be an amazing way to look at ourselves and to discover the more human aspects of computing. In this paper, we show that the study of the design, construction and subsequent use of this experimental machine provides useful knowledge and, consequently, it could be part of the contents of basic subjects about programming and computer architecture.

## Palabras clave

Historia de la informática, sociedad e informática, programación, arquitectura y tecnología de computadores.

## 1. Introducción

El ENIAC está considerado uno de los primeros computadores de propósito general totalmente electrónicos de la historia. Fruto de acuciantes necesidades bélicas —el cálculo de trayectorias balísticas—, su diseño e implementación tuvieron lugar en el que, más de sesenta años después, podemos considerar el hipocentro de la informática tal como la conocemos hoy [10]. Sin embargo, desde su nacimiento se expidió lo que podríamos denominar, sin ninguna pretensión dramática, su certificado de defunción. Y ello debido a que sus mismos creadores, al tiempo que lo ponían en funcionamiento, fueron conscientes de sus limitaciones.

Las principales desventajas serias del ENIAC fueron su reducida capacidad de memoria y su extremadamente difícil programación. Esta última se llevaba a cabo, *grosso modo*, mediante la manipulación de conmutadores y la conexión de cables; como afirmaría más tarde Elizabeth Jean Jennings, una de sus primeras programadoras, *the ENIAC was a son-of-a-bitch to program* [13]. Todas las máquinas que se construyeron poco después, aunque fueron partícipes de la misma tecnología que el ENIAC, se diseñaron según el principio de programa almacenado —una idea que surgió antes de la construcción del ENIAC—, lo que permitió una programación y funcionamiento mucho más sencillos. El ENIAC, que dejó oficialmente de funcionar en

1955, estuvo operativo durante un periodo de tiempo que podemos estimar más que considerable y sufrió, durante este lapso temporal, algunas modificaciones y adaptaciones que hicieron más fácil su programación.

La literatura académica sobre programación y estructura de computadores de ámbito universitario, excepto en raras ocasiones como el conocido libro de Patterson y Hennessy [14], no suele dedicar mucho espacio a la historia de la informática. Y cuando lo hace se detiene poco en el ENIAC y su contexto histórico; de él suele referirse el mérito de haber sido el *primer* computador electrónico, amén de alguna otra característica como la manera de ser programado, el número de válvulas de vacío, soldaduras, resistencias y condensadores que contenía, y otros detalles anecdóticos acerca de sus dimensiones. Y aquí es donde, en nuestra opinión, se comete un grave error, pues se dejan de lado otras valiosas cuestiones susceptibles de ser aprovechadas para la formación de los ingenieros informáticos y cuyo análisis abordamos de manera somera en este artículo.

En particular, el ENIAC delimita claramente la frontera entre la computación antes y después del uso de la electrónica, no ya como la fuerza motriz de la máquina —caso de las máquinas electromecánicas del momento—, sino como la propia *materia* que podía emplearse en la computación. Al igual que la Máquina Analítica de Charles Babbage, las máquinas de Konrad Zuse o la Harvard Mark I de Howard Aiken, el ENIAC era esencialmente una calculadora programable, un poco lejos todavía de los computadores diseñados de acuerdo con el concepto de programa almacenado. Pero, a pesar de ello, era miles de veces más rápida y con muchas más posibilidades de cálculo que sus predecesores, representando, por sí misma, el *eslabón* que une aquellos dispositivos con el computador moderno [6].

Estudiar el proceso de diseño y construcción del ENIAC (Figura 1) significa indagar en las fuentes de inspiración de sus creadores, J. Presper Eckert y John Mauchly, como la máquina calculadora diseñada por Blaise Pascal trescientos años antes; implica conocer de primera mano el papel que las autoridades académicas y militares jugaban en el desarrollo y uso de la tecnología de vanguardia; supone valorar las dificultades con que se enfrentaron los científicos en un contexto bélico y cómo les dieron solución en términos de fiabilidad de diseño e inmediatez de resultados; entraña el análisis de la utilidad de un dispositivo que, por sus características, fue único en el mundo durante al menos un lapso de tres años, dio servicio a aplicaciones de distinta índole pero con un marcado acento militar y ocultadas con un grueso velo de secretismo; conlleva el lujo de presenciar los primeros pasos de la humanidad llevando a cabo la programación de un computador

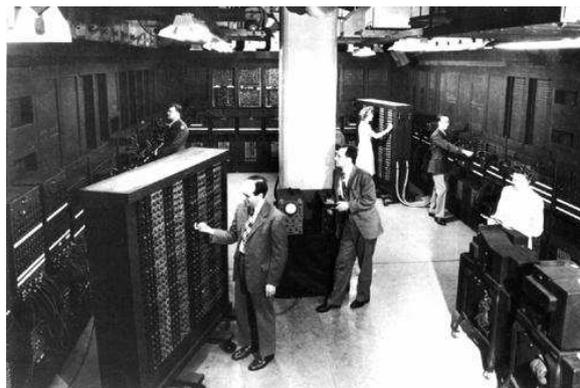


Figura 1: Vista general del ENIAC difundida por la prensa. De izquierda derecha: Homer Spence, Presper Eckert, John Mauchly, Elizabeth Jean Jennings, Herman Goldstine y Ruth Lichterman.

electrónico, pasos dados por un equipo de mujeres totalmente ignoradas por la historia hasta hace bien poco tiempo; presume asistir a la génesis del concepto de programa almacenado —quizás uno de los aspectos más trascendentales acontecidos en la historia de la informática— y al inicio de la controversia en torno a la atribución de su paternidad, y los intentos de patentar, incluso, la idea misma de computador; y permite, finalmente, observar cómo la estética visual de este computador legendario inspiraría la puesta en escena de dispositivos tecnológicos en el cine de ciencia ficción.

Este artículo pone sobre la mesa todas estas cuestiones con el objetivo de justificar por qué el ENIAC, con las limitaciones de su diseño y después del tiempo transcurrido, puede tomarse, *malgré tout*, como punto de partida para estudiar una significativa cantidad de cuestiones referidas a la génesis de la informática moderna que abarcan, por supuesto, temas tecnológicos, pero también antropológicos, sociales e históricos. Asuntos que, en nuestra opinión, podrían aprovecharse en asignaturas relacionadas con la programación, estructura y tecnología de computadores, y que tratamos en los siguientes apartados.

## 2. Los proyectos militares

El proceso de gestación y nacimiento del ENIAC aporta una idea bastante clara de un proyecto desarrollado bajo una enorme presión por las necesidades bélicas del momento [5]. En plena II Guerra Mundial, el ejército norteamericano necesitaba disponer de tablas de disparo para que las piezas de artillería pudieran ser utilizadas de formada adecuada y eficaz. La confección de una tabla de disparo se hacía mediante la resolución de un conjunto de ecuaciones diferenciales.



Figura 2: Responsables del proyecto ENIAC en su presentación a la sociedad. El primero por la izquierda es Presper Eckert, el cuarto es Herman Goldstine y el quinto John Mauchly.

Una sola de estas tablas requería la resolución de unas 3 000 trayectorias distintas. Una persona entrenada y ayudada de una pequeña calculadora electromecánica podía calcular una trayectoria en unas 20 horas, mientras que un dispositivo analógico como el Analizador Diferencial de Vannevar Bush empleaba unos 20 minutos [18]. Con el tiempo, estas limitaciones y el aumento desmesurado de solicitudes de nuevas tablas de disparo obligó al ejército a invertir recursos en el desarrollo de un dispositivo de cálculo más rápido y, sobre todo, necesariamente operativo en un plazo de tiempo muy corto. Una vez construido, el ENIAC fue capaz de calcular una trayectoria en 32 segundos, es decir, unas 40 veces más rápidamente que el analizador diferencial, hasta ese momento el dispositivo de cálculo más rápido disponible.

El *Project PX*, nombre con que era conocido el proyecto secreto encargado de diseñar y construir el ENIAC, se puso en marcha en junio de 1943 como resultado de un acuerdo entre el ejército de los Estados Unidos y la Moore School of Electrical Engineering de la Universidad de Pensilvania. Sorprendentemente, este costoso proyecto fue dirigido por personas relativamente jóvenes. Mauchly, de 35 años, se encargaría de su diseño conceptual y Eckert, de 24, del diseño de los circuitos individuales (Figura 2). Las acuciantes necesidades militares obligaron a aprovechar muchos de los conocimientos previos que tenía el equipo encargado de su construcción. De hecho, la implementación física del ENIAC bebe directamente de la experiencia de sus diseñadores en el ámbito del radar: la electrónica básica de la máquina no hacía sino contar pulsos eléctricos.

Dado que era necesario construir una máquina efectivamente *operativa*, se optó por que cada parte fuese

lo más simple y clara posible. Se utilizaron circuitos sencillos pero funcionales en vez de otros más elegantes. El coste y la fiabilidad fueron dos de los requerimientos esenciales del diseño de la máquina. Así, en vez de usar válvulas de vacío ultrafiabiles y muy caras, se usó una mucho más barata. Sin embargo, a fin de evitar fallos, se redujo el voltaje de funcionamiento y las válvulas se ensamblaron en aproximadamente 700 paneles fácilmente desmontables en caso de fallo. Es curioso que, una vez en operación, la fiabilidad de la máquina se resintió notablemente no por las válvulas, sino debido a los fallos en la lectora y la perforadora de tarjetas, construidas por IBM, que se usaron como dispositivos de entrada y salida de datos [5]. La fiabilidad también se tuvo muy en cuenta durante el uso posterior del ENIAC. Por ejemplo, los cálculos se solían hacer dos veces a fin de comprobar la unicidad de los resultados, y de manera periódica se ejecutaban programas de test cuya respuesta era conocida.

Y es que en un proyecto de esta importancia y envergadura la fiabilidad no era una cuestión baladí. El diseño del ENIAC lo convertía en el dispositivo electrónico más complejo construido hasta ese momento. De hecho, dada la conocida poca fiabilidad de las válvulas de vacío, muchos de los colegas de Eckert y Mauchly desconfiaron abiertamente de la viabilidad del proyecto o, cuanto menos, se mostraron escépticos; entre ellos, George Stibitz y Howard Aiken. Cuando se terminó, el ENIAC, que necesitaba alrededor de 147 kW de potencia para funcionar, supuso todo un logro de la ingeniería eléctrica del momento.

Un problema derivado del uso de válvulas de vacío como elemento de conmutación era el considerable calor que desprendían. Esto obligó al empleo de un notable mecanismo de refrigeración basado en ventiladores. Pero, en contra de lo que comúnmente se pueda creer, el objetivo no fue tanto asegurar el funcionamiento de las propias válvulas como procurar una larga vida a las 70 000 resistencias que formaban parte de su entramado físico.

El coste final del proyecto pone de manifiesto el interés del ejército: el presupuesto inicial de 150 000 dólares creció hasta los 486 804 (tres veces más). Este incremento se debió a que, a pesar de que el diseño del proyecto inicial apenas cambió, sí lo hizo la envergadura de la máquina definitiva. Por ejemplo, el ejército solicitó duplicar el número de acumuladores, que pasaron de los 10 inicialmente previstos hasta los 20 definitivos. Este procedimiento seguido por Eckert de *congelación del diseño*, que daba prioridad a acabar el diseño inicial y que hoy es esencial en informática, permitió que las habituales variaciones y mejoras surgidas durante el periodo de diseño, no hicieran imposible la construcción final del ENIAC [2].

### 3. La cuestión semántica

Las palabras que conforman el acrónimo ENIAC ya sugieren a qué se iba a destinar. Originalmente se denominó *Electronic Numerical Integrator*, lo que dejaba claro que sería electrónico y se emplearía en integración numérica —el método de resolución de las ecuaciones diferenciales que describen las trayectorias balísticas—. Sin embargo, Mauchly ya previó que esta máquina podría resolver un conjunto mucho más amplio de problemas. Finalmente se añadió, por sugerencia de un coronel del ejército, las palabras *and Computer* [9, 18].

Estas cuestiones semánticas hoy nos pueden parecer bastante obvias, pero entonces no lo fueron. El término *computer* refería originalmente a una persona con habilidades matemáticas capaz de resolver ecuaciones, es decir, se usaba como sinónimo de *calculista*. En aquel momento, la mayoría de personas dedicadas a realizar cálculos balísticos para la armada utilizando pequeñas calculadoras de escritorio eran mujeres, ya que se creía que podían hacer este tipo de trabajo de manera más exacta y rápida que los hombres. No fue extraño que en esta época, e incluso años más tarde, se utilizaran personas extraordinariamente dotadas para el cálculo mental [4], como el caso del holandés William Klein, que trabajó en el CERN hasta 1975. Por ejemplo, Klein era capaz de resolver mentalmente multiplicaciones o raíces de grandes números.

Fue alrededor de 1945 cuando el nombre *computer* se empezó a aplicar a los dispositivos automáticos [8]. De hecho, las primeras máquinas automáticas fueron denominadas en inglés *calculators* como en el caso del Mark I de Aiken, también llamado *Automatic Sequence Controlled Calculator*. Incluso Ecker y Mauchly, cuando en 1948 crearon la primera empresa comercial del mundo que fabricaba computadores, la llamaron *Electronic Control Company*, evitando así el uso de un término con una semántica nueva que todavía no se había asentado en el acervo cultural de la sociedad. Una interesante cuestión que viene al hilo, pero no trataremos en este artículo, gira en torno a las distintas acepciones y usos de las palabras *computador*, *calculadora*, *ordenador*, e incluso *informática*.

### 4. Las fuentes de inspiración

Los diseñadores del ENIAC, un dispositivo con una finalidad concreta y que había de construirse en poco tiempo, forzosamente no podrían partir de cero. Antes de participar en el proyecto ENIAC, Mauchly estuvo involucrado en la resolución de modelos numéricos para predecir el clima. Para ello concibió la posibilidad de construir calculadoras de escritorio usando tecnología electrónica; en efecto, su deseo no era otro que *unir*

diez o veinte calculadoras de este tipo para acelerar los cálculos meteorológicos.

En el verano de 1941 Mauchly visitó a John V. Atanassof y pudo examinar su ABC (*Atanassof-Berry-Computer*), un modesto dispositivo diseñado para resolver sistemas de ecuaciones lineales. Aunque parece que no llegó a estar totalmente operativo, una sentencia judicial estableció en 1973 que el ABC fue el primer computador electrónico. Sea como fuere y, según parece, Mauchly tomó de esta máquina calculadora algunas ideas para implementar el ENIAC, como la de usar tubos de vacío como elemento básico de conmutación o la de emplear un reloj para sincronizar las operaciones internas, aunque desestimó otras valiosas posibilidades como la aritmética binaria, la lógica booleana o la clara división entre la unidad de memoria del ABC y las unidades aritméticas.

Sabemos por el propio Mauchly su desconocimiento de los trabajos de Babbage escritos en el primer tercio del siglo XIX, pero Aiken sí los había estudiado; incluso, había leído su autobiografía. El Mark I de Aiken proporcionó una gran inspiración en el diseño del ENIAC. En particular, sus acumuladores no eran otra cosa que versiones electrónicas de los registros mecánicos del Mark I. El empleo de las tablas de funciones del ENIAC, que servían para almacenar valores conocidos de ciertas funciones, a su vez, también fue un concepto tomado de aquella máquina electromecánica.

Por otro lado, el ENIAC utilizaba una técnica de anticipación del acarreo similar a la que Babbage propuso en los diseños de su Máquina Analítica. Y como ya hiciera Babbage en aquel tiempo, los diseñadores del ENIAC también plantearon mecanismos alternativos basados en sumas, restas y desplazamientos, a fin de evitar las operaciones de multiplicación y división, verdaderas bestias negras de los cálculos computacionales también durante el primer tercio del siglo XX. En definitiva, podemos afirmar que, aunque de manera indirecta, también los trabajos de Babbage, vía Aiken, llegarían a influir parcialmente en el ENIAC.

El ENIAC empleaba aritmética decimal y, al contrario de lo que ocurre hoy en día, no requería ninguna conversión de decimal a binario y viceversa. Esto no significa, en absoluto, que Mauchly y Eckert desconocieran las ventajas que el uso del sistema binario aportaba al diseño de los circuitos electrónicos. Por el contrario, lo que ellos pretendieron fue facilitar el manejo de la máquina por parte de los operadores, esto es, hacer que fuera interpretable fácilmente en términos *humanos* [16]. Y no hay nada más sencillo para un humano que ver y leer números expresados en el sistema decimal.

Los números negativos eran representados en el ENIAC mediante la técnica del complemento a 10, que

permite resolver restas mediante sumas. Esta técnica ya había sido introducida en calculadoras más antiguas como, por ejemplo, la *Pascaline*, diseñada por el matemático y filósofo francés Blaise Pascal a mediados del siglo XVII. Por ejemplo, para calcular la resta de dos números de tres dígitos  $745 - 132$ , podemos usar el complemento a 10 de 132, que es  $10^3 - 132 = 868$ , hacer la suma  $745 + 868 = 1613$  y descartar el cuarto dígito, con lo que obtenemos el resultado buscado 613. En la práctica el cálculo del complemento a 10 de un número es muy sencillo: basta con sustituir cada cifra por el valor que le falta para llegar a 9, y al final sumar 1. Así, el número 132 se transforma en 867 y se convierte en 868 tras añadirle un uno.

En la *Pascaline* el complemento a 10 permitía que las ruedas girasen siempre en la misma dirección, lo que facilitaba el diseño y funcionamiento del sistema de engranajes. Los computadores modernos, como sabemos, hacen uso extensivo del sistema binario y utilizan el complemento a 2 para los números enteros negativos. El ENIAC, trescientos años después, efectuaba por medio de la electrónica las operaciones aritméticas de suma y resta exactamente de la misma manera que esta calculadora mecánica cuyo funcionamiento se basaba en engranajes de ruedas dentadas. En su más pura esencia, el ENIAC podría concebirse como un conjunto de *Pascalines* interconectadas [13].

## 5. Maneras de escribir la historia

Si bien en términos estrictamente históricos sesenta y cinco años representan un periodo de tiempo corto, ello no justifica la casi inexistencia de una *necesaria* perspectiva histórica en los ámbitos divulgativos y, peor aún, educativos, de la informática. Por otro lado, como acertadamente señala Barceló [2], la mayor parte de la historia de la informática escrita hasta la fecha proviene de Estados Unidos, es obra de los propios informáticos y en raras ocasiones se aparta de una mera relación de biografías de personas y máquinas, respondiendo a menudo a pretensiones más de calado propagandístico que histórico. Por si esto fuera poco, muchas veces las decisiones que atañen a detalles científicos y técnicos no son sino consecuencias de una simple política de mercado.

En el caso concreto de los primeros pasos de la informática todavía queda mucho por hacer, porque hay que añadir su carácter secreto que, todavía hoy, impide conocer con exactitud todo lo que pasó. El caso de la informática británica de este periodo es un ejemplo perfecto. Las máquinas Colossus, destinadas a tareas de criptografía, fueron implementadas con válvulas de vacío y, sorprendentemente, la primera de la serie estuvo operativa dos años antes que el ENIAC, lo que en su día obligó a cuestionar la consideración de *pri-*

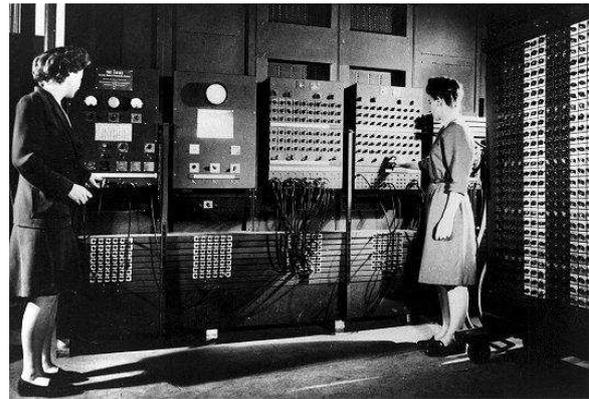


Figura 3: Las programadoras Elizabeth Jean Jennings (izquierda) y Frances Bilas (derecha) junto al ENIAC.

*mer* computador electrónico de que gozó durante mucho tiempo. Con el computador LEO I (*Lyons Electronic Office I*) estaríamos ante un caso similar pero en el terreno comercial [11, 16]. Razones no faltan, por tanto, para hacer nuevos intentos y esclarecer, en la medida de lo posible, estas y otras cuestiones históricas.

El caso del ENIAC ilustra poderosamente, en este sentido, algunos aspectos sobre cuestiones historiográficas. Así, la literatura siempre ha destacado el papel de Eckert y Mauchly como diseñadores y constructores de la máquina. Sin embargo, hubieron de transcurrir casi cuarenta años para conocer con cierto detalle la historia de las seis mujeres que programaron el ENIAC. Estas mujeres, conocidas también como las *ENIAC girls*, que aparecen de perfil en muchas fotografías de la época a modo de *refrigerator ladies* no fueron simples y vistosos reclamos de una máquina sofisticada, sino avezadas matemáticas y lógicas que, una vez concluida la fase de construcción del computador, se enfrentaron con su ardua programación (Figura 3). Algunas de ellas tenían experiencia en la programación del complicado Analizador Diferencial de Bush. Sus nombres son muy poco conocidos: Frances Bilas Spence, Elizabeth Jean Jennings, Ruth Lichterman Teitelbaum, Kathleen McNulty, Elizabeth Snyder Holberton y Marlyn Wescoff Meltzer [13]. A esta lista podemos añadir el nombre de Adele Goldstine (esposa de Herman H. Goldstine), que colaboró con el grupo en la formación del personal que había de programar el ENIAC, y redactó su manual de funcionamiento (*Report on the ENIAC*).

Hasta aquel momento, nadie había programado jamás un computador así y la única herramienta práctica disponible era el diagrama lógico de la máquina. Estas mujeres no solamente se enfrentaron con un problema intelectual de gran complejidad, sino que también hubieron de realizar un gran esfuerzo físico, ya que tuvieron que manipular cerca de 3 000 conmutadores y un gran número de cables a fin de distribuir los datos y pulsos eléctricos a través de los componentes de la

máquina. En general, para programar el ENIAC se necesitaban varios días según la complejidad del problema. En el caso de las trayectorias balísticas este tiempo se veía amortizado porque para calcular una nueva trayectoria solamente había que ajustar unos pocos conmutadores.

Curiosamente, el diseño del programa usado como demostración en la presentación al público del ENIAC fue el cálculo de una trayectoria y corrió a cargo de Elizabeth Jean Jennings y Elizabeth Snyder. Esta última está considerada como una de las mejores programadoras del grupo y participó poco después en el UNIVAC I contribuyendo al desarrollo del lenguaje C-10, prototipo de los lenguajes de programación modernos. Por su parte, Elizabeth Jean Jennings formó parte del equipo que en 1948 transformó el ENIAC en un computador con programa almacenado. Aunque esto provocó una disminución del rendimiento en un factor de 6, redujo su programación a solamente cuestión de horas [18].

En definitiva, este grupo de programadoras demostró un gran talento y eficacia, y fue capaz de desarrollar un método sistemático de uso de la máquina así como de la localización de errores de programación. Por primera vez en la historia, estas mujeres desarrollaron las bases de la programación de computadores, creando la primera biblioteca de rutinas y las primeras aplicaciones de software.

Desde un punto de vista antropológico, aunque estas programadoras fueron en gran medida responsables del éxito del ENIAC, siguieron siendo tratadas como simples empleadas administrativas. Tres de las seis mujeres del grupo acabaron casándose con ingenieros del proyecto y, como consecuencia de ello, algunas de ellas dejaron su puesto para cuidar de su familia.

La prensa tampoco se mostró libre de prejuicios después de la presentación del ENIAC al público. En el artículo que el *New York Times* publicó un día después, se indica que el cálculo efectuado en 15 segundos hubiera requerido el trabajo de un *hombre* entrenado durante varias semanas, obviando de manera incomprensible que, en este momento, el término *computer* era indefectiblemente femenino porque eran mujeres las personas dedicadas a las tareas de cálculo. Ni tampoco se dice nada acerca del trabajo previo que las mujeres invirtieron en la programación del problema (*setup*) en la máquina [12].

Finalmente, el ENIAC nos brinda la posibilidad de asistir a una de las grandes polémicas científicas de la historia: el origen del concepto de programa almacenado (*stored program*) y la atribución que de su paternidad se hace en los textos sobre historia de la informática. El inicio del problema, al menos, sí es bien conocido: vino dado por la difusión del, hoy clásico borrador, *First draft of the of a report of the EDVAC*, escrito y firmado por John von Neumann, un científico

de gran prestigio del proyecto Manhattan que colaboró activamente con Eckert y Mauchly a partir de septiembre de 1944.

A pesar de tratarse de un problema de gran complejidad, la mayoría de las recientes publicaciones (consultense, por ejemplo, [7, 8, 17]) coinciden en aceptar que la idea ya había sido contemplada por los creadores del ENIAC, conscientes de sus deficiencias estructurales y dificultad de programación, antes de la llegada de von Neumann a la Moore School. Dado que, por las necesidades inmediatas del ejército, el ENIAC se construía prácticamente sin cambios y de acuerdo a su diseño original, la puesta en práctica de las innovaciones se haría en el diseño y construcción del EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*), la máquina que había de suceder al ENIAC.

El mérito del borrador de von Neumann se debe, fundamentalmente, a la brillante exposición y síntesis de las ideas que habían tenido lugar durante la concepción del diseño del EDVAC, pero lo hizo sin mencionar a ningún miembro del grupo y, a ojos de los demás, pareció que fue él quien las originó y, con el tiempo, retuvo el mérito de todo el trabajo. La difusión de este borrador de 101 páginas, auspiciada por Goldstine, permitió que las siguientes máquinas se construyeran de acuerdo con los planos allí expuestos y evitó, por otro lado, la monopolización de la incipiente informática por parte de intereses puramente comerciales. Eckert y Mauchly nunca perdonaron esta afrenta de von Neumann y Goldstine, y el resultado fue una legendaria enemistad recíproca que permaneció inalterada durante décadas.

## 6. Aplicaciones del ENIAC

Acabada la guerra el nuevo contexto político mundial estuvo marcado por la Guerra Fría, clima que determinó las aplicaciones en las que se usó el ENIAC. Para hacernos una idea de esta situación social y política, señalaremos que la irracional histeria anticomunista auspiciada en EEUU por el senador McCarthy llegó a afectar a Mauchly quien, entre 1948 y 1952, fue objeto de una rocambolesca investigación del FBI (en [1] se recogen muchos detalles). La razón: Mauchly firmó una petición para la adopción de leyes en favor del control civil de la energía atómica.

Como ya hemos mencionado, la motivación del diseño del ENIAC fue la confección de tablas de tiro de los artilleros durante la II Guerra Mundial. A pesar de la celeridad en acabar el proyecto, el ENIAC se terminó poco después de acabada la contienda y la necesidad de las tablas pasó a un segundo plano. Desde su presentación en público el 14 de febrero de 1946 ya se hizo hincapié en la versatilidad de cálculo del nuevo computador. La prensa recogió la noticia de forma sen-

sacionalista y se llegó a hablar de *cerebro gigante*. Poco después el ENIAC fue trasladado al BRL (*Ballistic Research Laboratory*) en la base militar de Aberdeen para su explotación.

Aunque diseñado con el máximo cuidado en términos de fiabilidad, el uso de una cantidad tan grande de válvulas de vacío impidió que fuera un dispositivo eficiente en términos eléctricos. Por ejemplo, durante los cuatro primeros años de operación, nunca operó más del 70 % del tiempo, y lo normal fue que este valor se acercase al 50 %. Los ingenieros lo apagaban cerca de una vez por semana, circunstancia que daba pie a que más de una válvula se fundiese.

El ENIAC se dedicó principalmente a resolver problemas de dos ámbitos, el militar y el puramente científico. En total, el número de problemas concretos tratados por el ENIAC está en torno al centenar. El 25 % del tiempo se usó en el cómputo de tablas balísticas, que fue el objetivo que motivó su creación. Más del 50 % de los problemas tuvieron que ver con la integración numérica de ecuaciones diferenciales no lineales. En cualquier caso, no hay que perder de vista que el ENIAC fue siempre una máquina experimental, nunca destinada a su producción en masa.

Antes de su presentación en sociedad, por sugerencia de von Neumann, el ENIAC fue usado para evaluar la viabilidad de la bomba de hidrógeno [1, 3, 13, 16], una cuestión surgida dentro del proyecto Manhattan de Los Alamos. Este proyecto había creado las bombas atómicas usadas contra la población civil en Japón. El programa, diseñado por los físicos Stanley Frankel y Nicholas Metropolis y puesto a punto con la ayuda de las programadoras del ENIAC, requirió un millón de tarjetas perforadas. El ENIAC fue utilizado también en problemas de física nuclear, física de la materia y análisis de trayectorias de cohetes experimentales. Estas investigaciones dieron lugar al método de Monte Carlo, al método Símplex y a los primeros procedimientos de generación de números pseudoaleatorios.

El ENIAC tampoco fue ajeno a uno de los problemas clásicos del cálculo desde la Antigüedad: la expansión decimal del número  $\pi$ . En 1949 un grupo de científicos dirigidos por George Reitwiesner lo programó para calcular 2 035 decimales, más del doble del último estudio que recogía 808 dígitos [15]. La máquina tardó 70 horas en obtener el resultado. Poco antes, el ENIAC había ayudado a computar 2 010 decimales del número  $e$ . La intención de los científicos era conocer el grado de aleatoriedad de la distribución estadística de los dígitos decimales de estos números tan importantes en el ámbito matemático. Pero la lista de problemas no acaba aquí, hubo otros, como el cálculo del factorial y sus recíprocos de los 1 000 primeros números naturales o la resolución de modelos atmosféricos.

Finalmente, la posibilidad de disponer en la actuali-

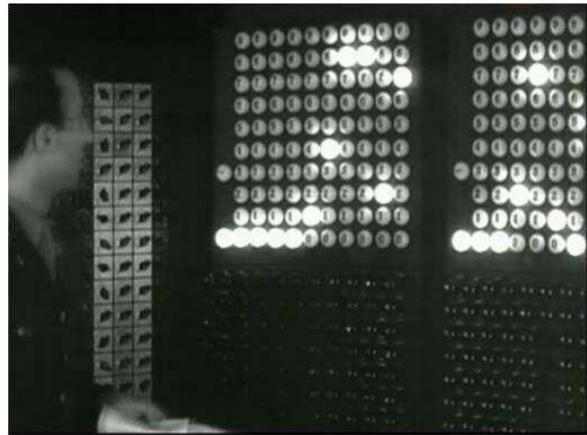


Figura 4: Aspecto de un acumulador durante la operación del ENIAC tal como se presentó a la sociedad.

dad de herramientas de simulación [19] de una máquina como el ENIAC es una oportunidad inmejorable al alcance de cualquiera para comprender más profundamente cuáles fueron los principales obstáculos con que se enfrentaron las personas que lo programaron.

## 7. El ENIAC y la ciencia ficción

La presentación del ENIAC a la sociedad estadounidense fue todo un acontecimiento y, como tal, su recepción fue clamorosa. Por primera vez, la radio emitió noticias sobre el computador y sus imágenes se difundieron ampliamente a través de los periódicos y revistas (el uso masivo de la televisión no se extendió hasta la década de 1950). En ellas se apreciaban sus enormes dimensiones y las distintas unidades conectadas mediante cables de gran longitud. Según Elisabeth Jean Jennings, los periodistas empezaron a escribir entonces *idiotic articles* sobre máquinas pensantes y cibernética. Incluso la Unión Soviética, consciente de la importancia del secreto desvelado, solicitó su adquisición, pero la petición, naturalmente, fue denegada.

El elemento más resaltado visualmente del ENIAC eran los acumuladores (Figura 4). Cada uno almacenaba un número decimal de 10 dígitos cuyo valor se representaba mediante un código de luces. Cada dígito del número se visualizaba por medio de diez válvulas, que representaban cada uno de los posibles valores entre 0 y 9; el valor del dígito en cuestión venía dado por la posición de la válvula que estaba encendida. En su origen, cada acumulador se limitaba a incluir una matriz de pequeños agujeros a través de los cuales se veía el extremo de estas válvulas. Mientras el ENIAC calculaba las válvulas de los acumuladores se apagaban y encendían en una especie de danza luminosa.

Poco antes de la presentación, Eckert y Mauchly se apercebieron de que la luz emitida por las válvulas era

demasiado débil para que las cámaras de Pathé News pudieran captarlas. Entonces decidieron añadir en cada agujero una pequeña lámpara de neón que se encendería de acuerdo con el estado de la válvula encima de la cual se colocaba. Pero fueron un paso más allá: tomaron pelotas de ping-pong, las cortaron por la mitad, las colocaron encima de las lámparas de neón y escribieron la cifra que representaba a fin de que la audiencia pudiera ver y comprender lo que mostraban los acumuladores. Incluso la velocidad del ENIAC fue reducida notablemente para que las cámaras pudieran captar el movimiento de las luces [11, 13].

La puesta en escena no pasó desapercibida a los directores de Hollywood: creyeron que, para que un computador funcionase, había que contemplar un despliegue de conmutadores, cables y luces. Una tradición visual que potenció el lado sublime de la tecnología en general y de la informática en particular, y ha perdurado desde entonces. Todavía hoy podemos percibirla en películas de culto como la trilogía *Matrix* (1990-2003).

## 8. Conclusiones

En este artículo hemos mostrado cómo el estudio de un computador clásico como el ENIAC puede contribuir de manera decisiva a comprender y situar en su justo término un gran número de conocimientos útiles tanto técnicos como humanos. En general, el estudio del desarrollo tecnológico y de su contexto histórico permite tratarlo con la perspectiva adecuada y ayuda, al mismo tiempo, a valorar mejor la tecnología actual y facilitar las proyecciones hacia el futuro.

El análisis del proceso de diseño y construcción del ENIAC posibilita abordar cuestiones técnicas como los primeros usos de la electrónica en computadores, las fuentes de inspiración que intervinieron en su diseño o el advenimiento del concepto de programa almacenado. Ahora bien, el estudio de su contexto histórico también arroja luz sobre otros asuntos de índole social, político o cultural, tales como a qué usos se destina la tecnología de vanguardia, cuál es su proyección y percepción en la sociedad civil o qué grado de objetividad tiene la historia de la informática escrita hasta la fecha. En definitiva, creemos que, en su conjunto, el ENIAC todavía es capaz de sorprendernos con un rico conjunto de temas que podrían aprovecharse y formar parte de los contenidos de las asignaturas que conforman los actuales estudios universitarios de informática.

## Referencias

- [1] Stan Augarten. *Bit by bit: an illustrated history of computers*. George Allen & Unwin, Londres, 1984.
- [2] Miquel Barceló. *Una història de la informàtica*. Editorial UOC, Barcelona, 2008.
- [3] W. Barkley Fritz. ENIAC – a problem solver. *IEEE Annals of the History of Computing*, 16:1:25–45, 1994.
- [4] Jeremy Berstein. *La máquina analítica: pasado, presente y futuro de los computadores*. Labor, Barcelona, 1988.
- [5] J. G. Brainerd y T. K. Sharpless. The ENIAC. *Proceedings of the IEEE*, 87:6:1031–1041, junio, 1999. Reimpreso de *Electrical Engineering*, 67:2:163–172, febrero, 1948.
- [6] Philippe Breton. *Historia y crítica de la informática*. Cátedra, Madrid, 1989.
- [7] Martin Campbell-Kelly y William Aspray. *Computer: a history of the information machine*. Westview Press, segunda edición, 2004.
- [8] Paul E. Ceruzzi. *A history of modern computing*. MIT Press, segunda edición, 2003.
- [9] Carlos A. Coello Coello. *Breve historia de la computación y sus pioneros*. Fondo de Cultura Económica, México, 2003.
- [10] Herman H. Goldstine. *The computer from Pascal to von Neumann*. Princeton University Press, 1980.
- [11] Mike Hally. *Electronic brains: stories from the dawn of the computer age*. Granta Books, Londres, 2005.
- [12] Jennifer S. Light. When computers were women. *Technology and Culture*, 40:3:455–483, julio, 1999.
- [13] Scott McCartney. *ENIAC: The triumphs and tragedies of the world's first computer*. Walker and Company, Nueva York, 1999.
- [14] David A. Patterson y John L. Hennessy. *Estructura y diseño de computadores. La interfaz hardware/software*. Reverté, Barcelona, segunda edición, 2011.
- [15] Brian J. Shelburne. The ENIAC's 1949 determination of  $\pi$ . *IEEE Annals of the History of Computing*, 34:3:44–54, julio-septiembre, 2012.
- [16] Joel Shurkin. *Engines of the mind: the evolution of the computer from mainframes to microprocessors*. W. W. Norton & Company, Nueva York, 1996.
- [17] Eric G. Swedin y David L. Ferro. *Computers: the life story of a technology*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2005.
- [18] Michael R. Williams. *A history of computing technology*. IEEE Society Press, Los Alamitos, CA, segunda edición, 1997.
- [19] Till Zoppke y Raúl Rojas. The virtual life of ENIAC: simulating the operation of the first electronic computer. *IEEE Annals of the History of Computing*, 28:18–25, abril, 2006.

# **Tutoría y soporte a la organización curricular**



# Sistema de soporte para el reconocimiento de estudios previos en el EEES

Joaquim Moré, Jordi Conesa, David Bañeres, Montse Junyent  
Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicaciones  
Universidad Oberta de Catalunya  
Barcelona  
{jmore, jconesac, dbaneres, mjunyent}@uoc.edu

## Resumen

La evaluación de estudios previos es un proceso que todas las universidades deben realizar en el momento de acceso de nuevos estudiantes, puesto que permite reconocer su bagaje universitario anterior. En el modelo LRU, este proceso consistía en la evaluación de unos contenidos que el estudiante debía haber superado para reconocer una asignatura. En el EEES, los criterios han cambiado, ya que la evaluación de las asignaturas se realiza por competencias y no por contenidos superados. En este artículo se presenta el nuevo modelo de reconocimiento de estudios previos que se ha diseñado en nuestra universidad, juntamente con un recomendador que optimiza el proceso de evaluación.

## Abstract

The recognition of external degrees is a process that all universities must perform during the access of new students. This process evaluates whether the academic courses performed by the student can be recognized. In the LRU (University Reform Law) model, this process evaluated the contents of the subjects that the student has passed in order to recognize an individual subject. In the EEES system, the criteria have changed. The evaluation is performed by competences. In this paper, the new criteria of recognition proposed in our university are presented. Moreover, a recommender is also presented to optimize the evaluation process.

## Palabras clave

Convalidar, estudios previos, EEES, recomendador.

## 1. Motivación

La evaluación de estudios previos es un proceso importante en la universidad en el momento de acceso de un nuevo estudiante con estudios iniciados o finalizados. La evaluación de los estudios previos

debe ser rigurosa y definir qué asignaturas el estudiante no tendrá que cursar.

Mientras que en un modelo universitario basado en el sistema LRU, esta evaluación se realizaba en función de los contenidos que se desarrollaban en las asignaturas en cuestión. Los contenidos podían ser en base a los materiales docentes o los objetivos de la asignatura. Ahora, en el EEES, este sistema anterior no debe utilizarse ya que la evaluación de las asignaturas se basa en el logro de las competencias dentro de la asignatura.

Por otra parte, este proceso no es simple. El sistema involucra a un conjunto de personas de diferentes departamentos (técnicos de gestión, profesores, coordinadores de titulación) y hay que tener en cuenta que el factor tiempo requerido para resolver el proceso se ve afectado por el número de estudiantes que solicitan la evaluación de estudios previos y el volumen de documentación aportada. Además, debido a la cantidad de documentación que se analiza y los sistemas de evaluación manuales que comúnmente se utilizan, se puede incurrir en errores durante el proceso. Un error puede aumentar aún más el tiempo de dedicación, porque origina alegaciones a la solicitud y agravios comparativos entre estudiantes. Para optimizar este proceso es necesario introducir nuevos sistemas, como por ejemplo recomendadores que den soporte a estas decisiones y que permitan agilizar el proceso y reducir los errores en el mismo.

En este artículo se describe el nuevo proceso de evaluación utilizado en nuestra universidad. En esta descripción se compara con el proceso antiguo para ver las diferencias más relevantes. Además, se presenta un innovador sistema de recomendación. El profesorado implicado dedica mucho tiempo a este proceso de reconocimiento y las convalidaciones realizadas son susceptibles a errores debidos al proceso manual de búsqueda. Para resolver este problema y optimizar el tiempo de dedicación, este sistema recomendador propone convalidaciones potenciales para cada asignatura.

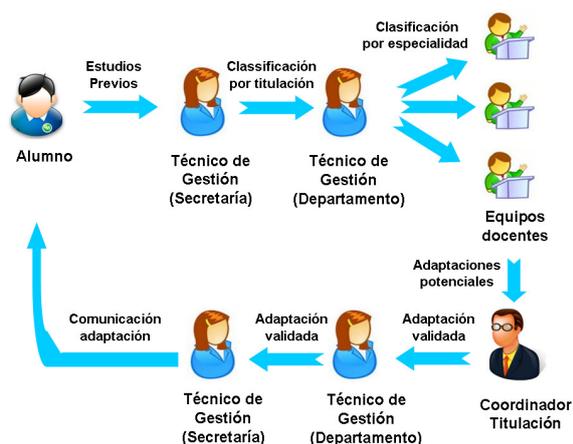


Figura 1: Proceso de evaluación

El artículo se organiza de la siguiente manera: en primer lugar se describe el sistema utilizado en nuestra universidad en las titulaciones basadas en el modelo LRU. A continuación se define la evolución de los criterios para la evaluación en los grados. Posteriormente se presenta una herramienta que permite mejorar y agilizar el sistema de adaptación. El artículo termina con la descripción de los resultados de aplicación de esta herramienta al proceso de convalidación del semestre otoño 2012 y las conclusiones.

## 2. Proceso de evaluación de estudios previos

El proceso de evaluación de estudios previos que utiliza nuestra universidad implica a diferente personal de gestión y profesores de las diferentes titulaciones (ver fig. 1). En secretaría, hay un técnico de gestión que se encarga de tramitar las solicitudes de estudios previos (de estudios iniciados o finalizados) de los alumnos. Esta documentación, una vez recibida por parte del alumno, se archiva en su expediente y se envía al departamento correspondiente según la titulación que el alumno quiere cursar.

En el departamento, el técnico de gestión recibe la documentación que ha enviado el estudiante para ser evaluada (el plan de estudios y los programas de las asignaturas superadas en la universidad de procedencia) relacionados con las titulaciones que se imparten en el departamento. El técnico se encarga de clasificar la documentación presentada por el estudiante por titulaciones y especialidades. Una especialidad (o también conocida como área de conocimiento) es un grupo de asignaturas del mismo ámbito de conocimiento. Esta agrupación sirve para enviar la documentación clasificada al equipo docente que se encarga de la especialidad. Es muy importante esta clasificación por especialidades, ya que de esta forma la documentación es analizada por el profesorado exper-

to y responsable de la temática en cuestión. De esta forma, el equipo docente evalúa las posibles convalidaciones según los criterios establecidos para cada asignatura de la especialidad.

Los informes de convalidaciones potenciales, las que son aceptadas por el equipo docente experto, no se aceptan automáticamente. El coordinador de la titulación es el encargado final de validar los informes. Finalmente, secretaría, recibe los informes validados y realiza la actualización del expediente y la comunicación al alumno.

Este sistema dura aproximadamente 3 meses desde que el alumno presenta la documentación hasta la notificación de la resolución. En caso de alegación, puede alargarse un mes adicional.

Como se puede observar, durante el proceso hay muchos puntos donde se pueden inducir errores, básicamente por la implicación de muchas personas en el proceso, el breve tiempo disponible para resolver las adaptaciones y el volumen de documentación que se debe analizar.

### 2.1. Innovación del proceso: digitalización de documentos

Durante el diseño de los nuevos grados, internamente, en la universidad se decidió reducir el uso de papel y generar un repositorio de planes docentes (en formato pdf) clasificados por titulación y universidad.

Cuando se recibe la documentación por parte del alumno, se comprueba que se haya entregado la última versión del plan de estudios aportado. En caso de que no se encuentre en el repositorio de planes docentes o que, aún encontrándose allí, se haya entregado una versión más actualizada, se digitaliza y se almacenará en el repositorio.

Con la digitalización, el envío del conjunto de expedientes es más eficiente para Secretaría. Para cada alumno, se crea un archivo comprimido con todos los planes docentes aportados digitalizados.

Ahora, la técnica de gestión del departamento, recibe los ficheros comprimidos. Aunque la recepción sea más ágil, procesar este nuevo formato es más ineficiente. El técnico de gestión ya no puede clasificar por especialidad los planes docentes. Hacerlo significaría abrir todos los documentos del archivo comprimido para la creación de un nuevo archivo comprimido con los planes docentes de cada especialidad. Además, los planes docentes digitalizados no tienen ninguna marca que indique el expediente al cual pertenecen. Por lo tanto, en caso de una clasificación implicaría marcar cada plan docente (por ejemplo, cambiando el nombre del plan docente). Todos estos inconvenientes, motivaron que se acabara haciendo el reenvío automático de los ficheros completos a los equipos docentes.

Esta decisión implicó que el equipo docente tuviera que abrir todos los planes docentes aportados por el

alumno, para evaluar un posible reconocimiento. Nótese que la mayoría de dichos planes docentes son irrelevantes para el área en cuestión.

Si analizamos el nuevo proceso, observamos que el número de posibles errores aún es mayor, además de incrementar el tiempo de dedicación requerido por el profesorado en tareas de gestión.

### 3. Criterios de evaluación de estudios previos

Juntamente con la llegada de la digitalización se tuvo que definir los nuevos criterios de adaptación para los grados. En esta sección describimos los cambios en los criterios, presentando inicialmente los criterios utilizados en LRU y posteriormente su adaptación a las titulaciones EEES.

#### 3.1. Titulaciones LRU

La evaluación de estudios previos en las titulaciones antiguas seguía los siguientes criterios principales.

- La asignatura origen del alumno tenía que tener un número de créditos igual o superior a la asignatura de destino.
- El alumno tenía que haber cursado el 80% de los contenidos de la asignatura de destino.
- Se permitía reconocer conjuntos de asignaturas origen por conjuntos de asignaturas destino.
- Se reconocían de oficio las áreas de troncalidad. En caso, de que el estudiante aportara unos estudios universitarios conducentes a la obtención de la misma titulación oficial de destino.

La evaluación de los contenidos se realizaba por objetivos de las asignaturas. Además, también se tenía en cuenta el grado de profundización o de detalle de los materiales docentes de la asignatura origen con respecto a los objetivos de la asignatura destino.

#### 3.2. Titulaciones del EEES

Tal como se define en [1], los criterios de convalidación se deben definir en los nuevos grados. Los criterios principales descritos en el apartado anterior se han seguido aplicando, pero con un cambio en la evaluación de los contenidos de las asignaturas.

En los grados, las asignaturas se diseñan basándose en un conjunto de competencias que se deben lograr en esa asignatura. Por lo tanto, los nuevos criterios de evaluación tienen en cuenta las competencias de las asignaturas.

En el caso de la evaluación de asignaturas de otros grados, la revisión se hace por competencias. En este caso, la evaluación se simplifica. Si dos asignaturas tienen las mismas competencias, en principio, independientemente de los contenidos de las mismas,

deberían ser susceptibles de ser reconocidas. En este caso, se evalúa el grado/nivel de consecución de la competencia definido en la asignatura.

A parte hay que tener en cuenta que en las titulaciones del EEES, en el caso de los grados, existe el reconocimiento de oficio de las materias de formación básica. Siempre y cuando la titulación que se aporte y el grado de destino estén adscritos en la misma rama de conocimiento.

En el caso de evaluación de asignaturas origen de titulaciones LRU se han definido los siguientes criterios:

- Se evalúa el grado de similitud entre los objetivos de la asignatura origen y las competencias específicas de la asignatura destino. Las competencias específicas de la asignatura destino permiten conocer en detalle los contenidos que se realizarán en una asignatura en concreto. Por lo tanto, se ha decidido que el primer criterio tenga en cuenta este detalle para la evaluación.
- Durante el diseño de las asignaturas en el grado, se define el número de horas que el estudiante necesita de trabajo personal para cada uno de los contenidos de la asignatura. En asignaturas origen LRU no disponemos de esta información, aunque tenemos en la mayoría de los planes docentes una planificación de la asignatura. En base a esta planificación y el número de horas de docencia y de prácticas, se analiza el número de horas que el alumno ha destinado a un contenido docente. Nótese que no es un criterio exacto. En muchos casos, esta planificación sólo tiene en cuenta horas de clase presencial, sin tener en cuenta las horas de trabajo del estudiante. Aunque no es exacto, ayuda a tener una aproximación a las horas de dedicación.

### 4. Sistema de soporte a las adaptaciones

El proceso presentado en la Sección 2, implica un número significativo de horas que el personal de gestión y profesorado debe destinar al proceso, que se ha visto incluso incrementado después de la digitalización. Para reducir el impacto sobre las horas de gestión del profesorado, se ha decidido diseñar e implementar una herramienta que ayude en el momento del análisis de los programas recibidos para evaluar.

En la Fig. 2, se puede observar el nuevo proceso de adaptación. La aceptación de documentación (del estudiante) y envío de documentación entre personal de gestión se realiza de la misma forma mediante archivos comprimidos. La innovación se produce por la incorporación de un sistema de soporte a la toma de decisiones para clasificar automáticamente los



Figura 2: Optimización del proceso de evaluación de los estudios previos.

planes docentes por especialidad y, además, indicar el grado de posible reconocimiento de cada uno de los planes docentes. De esta forma, los equipos docentes, tienen información que les permite filtrar mejor los planes docentes de su especialidad e identificar las posibles adaptaciones para cada uno de ellos.

El sistema propuesto permite reducir drásticamente las horas de dedicación del profesorado en el proceso de adaptación de estudios previos. En la siguiente sección, se describe la implementación de dicha herramienta.

## 5. Diseño del sistema de soporte

El sistema propuesto se basa en el uso de técnicas de procesamiento del lenguaje natural para analizar el contenido de los documentos aportados para la evaluación. Una vez identificados los elementos de contenido de dichos documentos, el sistema los compara con los planes docentes de la titulación<sup>1</sup> para encontrar su grado de similitud, es decir, se detecta hasta que punto un plan docente entregado por un estudiante es parecido a cada uno de los planes docentes de nuestra universidad. Una vez recogida toda esa información se analiza y se presenta a los docentes de manera que facilite su trabajo de reconocimiento. El sistema propuesto está compuesto por 5 fases (véase Fig. 3):

1. Análisis automático de los planes docentes de las titulaciones de nuestra universidad: dicho análisis se realizará de forma periódica y tendrá como objetivo crear un conjunto de palabras clave de cada plan docente que represente su contenido de forma significativa.
2. Preprocesado de la documentación presentada: los documentos presentados deberán ser tratados para normalizarlos y facilitar su posterior análisis automático. Esta etapa comprenderá procesos

como el cambio de resolución de los documentos, la realineación de los mismos (pasarlos de horizontal a vertical por ejemplo) y su conversión a texto mediante OCR (siglas de Optical Character Recognition) ya que están escaneados como imagen y por tanto no contienen información en formato textual.

3. Análisis automático de los planes docentes externos: una vez normalizados se extraerá un conjunto de palabras de cada plan docente que definen su contenido de forma significativa.
4. Comparación entre planes docentes de la titulación y planes docentes externos: se comparan exhaustivamente todos los planes docentes de la titulación con todos los planes docentes recibidos.
5. Interface decisional: se presenta la información obtenida en el punto anterior de forma que dé soporte a los docentes, coordinadores en la toma de decisiones y a estudiantes con los criterios de convalidación establecidos.

A continuación se explican en más detalle los diferentes módulos del sistema desarrollado.

### 5.1. Análisis de titulaciones propias

Con el objetivo de poder comparar las asignaturas de las titulaciones de la universidad con las asignaturas presentadas por los estudiantes se debe extraer la información más relevante y significativa de cada asignatura para poder compararla con los planes aportados por los estudiantes.

Periódicamente, semestre a semestre, se ejecuta un proceso automático que recoge los planes docentes de las asignaturas y los analiza utilizando algoritmos de procesamiento de lenguaje natural. El objetivo es identificar los términos que describen la asignatura de forma más significativa. Para detectar dichos términos, antes se deben eliminar las palabras que no aporten contenido a los planes docentes, denominadas stopwords. También deberán identificarse los términos muy genéricos y que, aunque aparezcan en gran

<sup>1</sup> Se definen los planes docentes como los documentos asignados a cada asignatura que definen de forma completa y detallada los contenidos, la evaluación, la metodología, y el profesorado

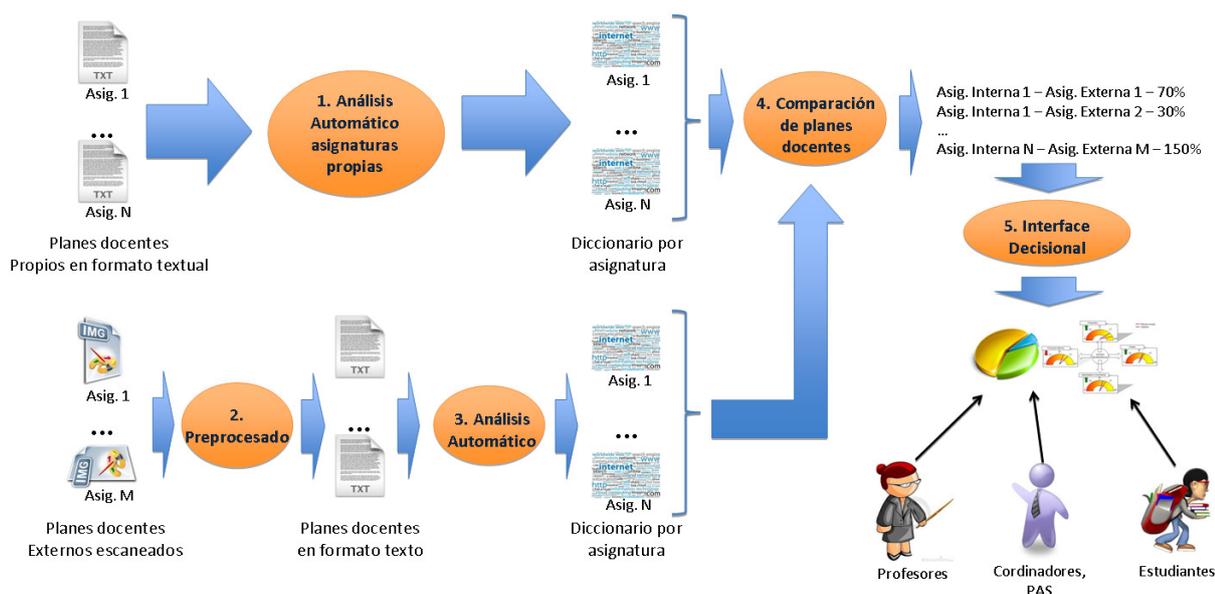


Figura 3: Esquema del recomendador de adaptación de planes docentes.

medida en el plan docente, no son relevantes, como por ejemplo las palabras evaluación, práctica o plagio. Estas palabras, aunque relevantes para conocer la metodología o evaluación de la asignatura, no tratan sobre el contenido de la misma, y por tanto no son relevantes para la comparación.

Una vez detectados los términos más significativos de una asignatura, se generará un diccionario que los recoja. Así pues, al final del proceso obtenemos un diccionario de términos relevantes para cada asignatura que ofrece la universidad. Por ejemplo, en el caso de la asignatura de “Análisis numérico” del Grado de Ingeniería Informática el diccionario contendría palabras como “Teorema de Gauss” o “Ecuaciones diferenciales”.

Nótese que actualmente, el sistema procesa todo el plan docente, es decir, no únicamente las competencias de la asignatura. La razón de esta decisión es que se permita al sistema detectar todos los términos relevantes.

## 5.2. Preprocesado de los planes externos

Tal y como se ha comentado en la Sección 2, los planes externos que presentan los estudiantes son escaneados y recibidos en ficheros PDF, uno por asignatura. Dichos ficheros contienen los planes docentes en formato imagen, lo que requiere un proceso para interpretar el texto que contienen.

El programa OCR utilizado ha sido TesseractOCR<sup>2</sup>. Para que los resultados del programa OCR sean mínimamente satisfactorios y se obtengan en un tiempo razonable, es necesario que los documentos de entrada tengan orientación vertical y una resolución

no demasiado alta. Por tanto, antes de su análisis, el sistema desarrollado realiza los siguientes pasos de forma automática:

- Unificación de la orientación de los documentos: los documentos recibidos pueden venir en cualquier orientación (horizontal, vertical, vertical con dos páginas en una, etc). El objetivo de esta etapa es garantizar que todos los documentos que le llegan al OCR tengan la misma orientación (vertical). Para satisfacer dicho objetivo, el sistema implementado utiliza un conjunto de algoritmos para identificar la orientación de cada documento y en caso de ser necesario, cambiar la orientación de la imagen.
- Cambio de resolución de los documentos PDF: el contenido de los documentos PDF está en formato imagen. Después de diversas pruebas realizadas, se ha comprobado que cuando se utilizan resoluciones menores a 150 ppp (puntos por pulgada) los resultados del OCR se degradan significativamente; y con resoluciones mayores a 200 ppp no se consigue una mejora significativa en el reconocimiento de texto, pero se dispara de forma importante el tiempo de ejecución. Por lo tanto, este proceso aplica una resolución de 200 ppp a los documentos para garantizar un compromiso entre tiempo y calidad de los resultados.
- Aplicación del OCR: Se obtiene un conjunto de documentos de texto, uno por asignatura. Los documentos generados contendrán los planes docentes escaneados en formato textual.
- Finalmente, se aplica un proceso para corregir posibles errores de interpretación utilizando diccionarios y algoritmos que calculan la distancia

<sup>2</sup> <http://code.google.com/p/tesseractocr/>

mínima de edición entre una palabra incorrecta y una de correcta.

Nótese que este proceso depende mucho de la calidad de los documentos y del programa de OCR.

### 5.3. Análisis de los planes externos

Una vez los planes aportados por los estudiantes están en formato textual, se ejecuta un proceso que identifica las palabras más representativas de cada asignatura. El proceso es idéntico al realizado para identificar las palabras relevantes de las titulaciones de nuestra universidad (véase subsección 5.1).

Al final del proceso se obtiene un diccionario para cada asignatura, que contiene las palabras más representativas y que mejor definen a la asignatura.

### 5.4. Comparación de planes docentes

La siguiente fase del sistema compara las asignaturas externas presentadas por los estudiantes, con las asignaturas de nuestra universidad. Dicha comparación se realiza calculando el grado de cobertura que existe entre los diccionarios de las asignaturas internas y externas.

El proceso comprueba cada asignatura externa con todas las asignaturas de nuestra universidad. El resultado es una lista que indica el grado de similitud entre la asignatura presentada por el estudiante y cada una de las asignaturas de nuestra universidad.

Al final del proceso, se obtiene una lista del nivel de similitud de todas las asignaturas presentadas con todas las asignaturas de nuestra universidad. Por ejemplo, una asignatura externa “Comunicaciones Ópticas” según sus contenidos puede tener un alto nivel de coincidencia con asignaturas propias como “Comunicaciones móviles”, “Redes móviles y sin hilos” y “sistemas telemáticos”.

### 5.5. Interface decisional

La fase final analiza la información obtenida para presentarla de la forma más útil posible a profesores, directores de programa, y estudiantes. El objetivo es facilitar que los distintos usuarios de la aplicación puedan visualizar los datos y tomar decisiones de forma más fácil a partir de los datos proporcionados. Para cada tipo de usuario será importante identificar qué información proporcionar y en qué formato.

Respecto a qué información debe seleccionarse, el sistema permite filtrar la información en función de la titulación desde la que se consulta la información. Así pues, si se quieren saber los posibles reconocimientos con la titulación del Grado de Ingeniería Informática, se detectarán y eliminarán las asignaturas de otras titulaciones. Dicho proceso se realiza eliminando las asignaturas de otras titulaciones y potenciando las asignaturas temáticamente más parecidas a los planes externos. Para identificar esta última lista de asignatu-

ras, el sistema promociona las asignaturas con mayor número de etiquetas reconocidas compartidas entre sus planes docentes. El número de asignaturas promocionadas es configurable, aunque hemos utilizado 5 en nuestros experimentos. Supongamos, por ejemplo, que la asignatura externa “Física I” tiene similitudes con las asignaturas “Matemáticas II”, “Fundamentos Físicos de la Ingeniería”, “Estadística”, “Teoría de juegos aplicada a la ciencia política” y “Matemáticas para la Ingeniería”, entre otras. Si se quiere comprobar las posibles convalidaciones en el Grado de Ingeniería Informática, las asignaturas ajenas a la titulación, como por ejemplo “Teoría de juegos aplicada a la ciencia política” serán descartadas y de la lista resultante se priorizará la asignatura de “Fundamentos físicos de la ingeniería” porque es la que comparte con “Física I” más etiquetas temáticas como: “Teorema de Gauss” y “Maxwell”.

Aparte de realizar recomendaciones a nivel de asignatura (con más propensión a errores) se realizarán recomendaciones a nivel de equipo docente. Como ya se ha comentado, las asignaturas se agrupan por especialidad y los equipos docentes son utilizados para coordinar sus asignaturas. Hacer una recomendación a nivel de grupo docente permite una mayor precisión en la detección, ya que a veces las diferencias entre asignaturas parecidas pueden diluirse al aplicar técnicas de procesamiento de lenguaje natural.

Respecto al formato de representación, actualmente el sistema ofrece, las siguientes salidas en función del usuario a quien vaya dirigida la información:

- Recomendación de las asignaturas potenciales a reconocer (con un índice de similitud alto),
- Informes de soporte que permitan dar más garantías a proceso, como por ejemplo identificar las asignaturas con un índice de similitud muy alto y no reconocido.

La intención es generar indicaciones para los estudiantes sobre posibles convalidaciones. Pero la visión de estudiante aún no está disponible.

## 6. Caso de ejemplo

El sistema presentado ha sido probado en un piloto para recomendar las asignaturas a reconocer y para identificar los docentes que, por su especialidad, deberían revisar cada una de las solicitudes.

El test ha implicado el análisis automático de 52 planes externos y su comparación con las asignaturas de la titulación del Grado de Tecnologías de Telecomunicaciones. El objetivo ha sido comprobar la calidad de los resultados del sistema decisional. Para evaluar la calidad de los resultados obtenidos, se ha seguido el proceso de adaptación normal, y se han comparado al final los resultados de las convalidaciones realizadas por los profesores (utilizando el siste-

Asignatura externa	Asignatura convalidada	Asignaturas candidatas	Especialidad o área de Conocimiento
Sistemas operativos	Sistemas operativos	<u>Sistemas operativos</u>	<u>Tecnología y arquitectura de computadores</u>
Redes, análisis y síntesis	Fundamentos tecnológicos	Teoría de circuitos. Matemáticas II. Sistemas electrónicos digitales. Fundamentos tecnológicos II. Fundamentos de matemáticas.	Matemática aplicada, estadística e investigación operativa <u>Tecnología electrónica, teoría del señal y comunicaciones</u>
Laboratorio de comunicación de datos	Estructuras de redes de computadores	Sistemas operativos. Administración avanzada de sistemas operativos GNU/Linux. Protocolos y aplicaciones Internet Redes <u>Estructura de redes de computadores</u>	Arquitectura y tecnología de computadores <u>Redes de ordenadores</u>
Álgebra lineal	Matemáticas I	<u>Matemáticas I</u> Fundamentos de matemáticas Matemáticas para las Ingenierías Matemáticas II Álgebra	<u>Matemática aplicada, estadística e investigación operativa</u>
Programación	Fundamentos de programación	<u>Fundamentos de programación</u> Sistemas electrónica digitales Sistemas operativos Administración avanzada del sistema operativo GNU/Linux Administración de redes y sistemas operativos	Tecnología electrónica, teoría del señal y comunicaciones <u>Ingeniería del software y programación</u>
Economía	Introducción a la economía	<u>Introducción a la economía</u>	<u>Organización de empresas.</u>
Ampliación de matemáticas	Matemáticas II	<u>Matemáticas II</u> Matemáticas I Análisis matemática Fundamentos de matemáticas Señales y sistemas II	<u>Matemática aplicada, estadística e investigación operativa</u>
Física I	Fundamentos físicos de la ingeniería	Matemáticas I <u>Fundamentos físicos de la Ingeniería</u> Fundamentos de matemáticas Matemáticas para las Ingenierías Redes y servicios	<u>Matemática aplicada, estadística e investigación operativa</u>

Cuadro 1. Relación de asignaturas reconocidas y recomendaciones realizadas por el sistema implementado. Se indica la asignatura externa, la asignatura propia adaptada, las primeras 5 asignaturas propuestas y los grupos docentes propuestos por el recomendador. Las asignaturas y especialidad subrayadas indican las que coinciden con la asignación hecha por los profesores.

ma clásico) con las propuestas realizadas por el sistema de soporte.

Como resultado del proceso de reconocimiento clásico se han reconocido 8 asignaturas que se pueden observar en el Cuadro 1 y se han desestimado 44. De estas 44, se ha considerado denegar 34 asignaturas porque sus contenidos no coincidían con los de las asignaturas propias, 6 asignaturas por motivos no informados y 4 asignaturas porque no había ninguna asignatura similar en la titulación de destino. Como se ha explicado anteriormente, los encargados de decidir si se reconoce una asignatura han sido los docentes responsables del equipo docente de la asignatura más cercana a cada asignatura externa. Cómo no hay ningún filtro previo, los profesores han tenido que consultar todos los programas para ver si alguno de ellos se adecuaba a algunas de las asignaturas de su especialidad.

Para analizar la calidad de los resultados obtenidos por el recomendador, se ha estudiado hasta qué punto las asignaturas y equipos docentes propuestos por el sistema son los correctos para cada asignatura externa, es decir, los que tienen asignaturas parecidas a la aportada.

De la tabla anterior puede extraerse que en el 100% de los casos el recomendador escogió el grupo docente correcto. En 5 casos propuso sólo el grupo docente adecuado y en 3 ocasiones propuso un grupo alternativo. Al bajar de grado de granularidad por asignaturas, la calidad de los resultados se degrada. En el caso de asignaturas propuestas, en todos los casos excepto en uno (Fundamentos Tecnológicos) se ha propuesto la asignatura correcta entre la lista de las 5 primeras asignaturas propuestas. Por otro lado, las asignaturas correctas no están en todos los casos entre las primeras dos propuestas. Esto es normal, debido a la ambigüedad de los planes docentes y al posible solapa-

miento de conceptos tratados en distintas asignaturas en distintos niveles de profundidad. No obstante, por el resultado obtenido, se puede comprobar que los resultados son prometedores, y que en algunos casos el sistema ha propuesto la asignatura correcta aunque a partir del nombre de la asignatura externa fuera difícil de encontrar la equivalencia, como por ejemplo en la asignatura “Estructuras de redes de computadores” adaptada por “Laboratorio de comunicación de datos”. En resumen, la precisión del sistema propuesto respecto a las asignaturas adaptadas es del 100% en el caso de la propuesta de equipos docentes, y del 87% en el caso de la propuesta de asignaturas.

Respecto a las asignaturas que no se han adaptado se pueden clasificar en: 1) las que no tienen correspondencia en la titulación y 2) las que no aportan suficientes contenidos para ser adaptados a una asignatura de la titulación.

En el primer caso, el sistema recomendador ha resultado ser poco útil. Aquí podríamos haber esperado que el sistema no recomendara ninguna asignatura ni grupo docente, no obstante en este caso el sistema ha dado falsos positivos, recomendando algunas asignaturas y grupos docentes en sus 4 casos. A menudo, ésta es la consecuencia de la poca concreción de algunos términos, los cuales tienen también presencia en varias asignaturas y, por ello, es probable que aparezca un falso positivo con un término coincidente. Pongamos, por ejemplo, la asignatura “estadística para la investigación lingüística”, con muchos términos de estadística coincidentes con el falso positivo “estadística aplicada a las Ingenierías”.

En el segundo caso, el sistema recomendador ha sido más útil, ya que en 15 casos ha detectado el grupo docente adecuado (el del área de conocimiento de la asignatura externa), en 10 casos ha detectado un equipo docente que no es el adecuado y en 9 casos no ha propuesto ningún equipo docente. De este último grupo, se puede considerar que el sistema recomendador ha acertado en 6 de estos 9 casos, ya que se referían a asignaturas que no estaban en los planes docentes y no tenían que ver con ninguno de los equipos docentes (como por ejemplo “dibujo” o “química”). En conclusión podemos decir que la precisión del método en estas situaciones ha sido del 62%. Por otro lado, la detección de un equipo docente inadecuado también tiene relación con la ausencia de términos precisos. En principio, cuanto más precisos sean los términos, la detección adecuada será más

probable. Detectar un único equipo docente dedicado a las bases de datos es más probable con términos como “MySQL,” o “estructuras de datos relacionales”, que con términos más generales como “base de datos”, o “protocolo” que son comunes en muchas más asignaturas. Por otro lado, hay que tener en cuenta que hay términos precisos que no se han podido detectar por errores del OCR y la poca calidad de los documentos aportados por los alumnos

Por tanto, aunque la precisión del sistema en términos generales no sea muy elevada (sobre un 56%), implica un impacto muy importante en el tiempo de dedicación de los profesores. Un 56% de ganancia implica que los profesores de 12 grupos docentes se pueden ahorrar el análisis de los planes de las asignaturas aportadas.

## 7. Conclusiones

En este artículo se ha presentado los nuevos criterios de adaptación de estudios previos aplicados en nuestra universidad en los nuevos grados. Además, se ha presentado una herramienta de soporte al reconocimiento que puede ayudar a optimizar el tiempo de dedicación del profesorado y equipo de gestión a este proceso. Aunque la herramienta está en un estadio inicial de prueba, los resultados obtenidos son prometedores.

Como trabajo futuro, refinaremos los métodos de detección de términos relevantes para evitar falsos positivos y también analizaremos la coherencia semántica entre los términos del mismo documento con el fin de relacionarlo con el grupo docente adecuado de forma más precisa.

## Agradecimientos

Este proyecto ha sido parcialmente financiado por el departamento de innovación APLICA/2011 de la Universitat Oberta de Catalunya.

## Referencias

- [1] Fermín Sánchez, Criterios de diseño y condiciones de entorno de un plan de EEEstudios de Grado. En *Revista de AENUI de investigación en Docencia Universitaria de la Informática*. Vol. 2, n. 1, 2009.

# Experiencias de tutorización en el Grado de Ingeniería Informática

Lenin Guillermo Lemus-Zúñiga  
Departamento de Ingeniería en  
computadores y Automática  
Universitat Politècnica de Valencia  
Valencia  
lemus@disca.upv.es

Silvia M<sup>a</sup> Terrasa-Barrena  
Departamento de Ingeniería en  
computadores y Automática  
Universitat Politècnica de Valencia  
Valencia  
sterrasa@disca.upv.es

Catalina Rus-Casas  
Departamento de Ingeniería en Electrónica y  
Automática  
Escuela Politécnica Superior de Jaén  
Universidad de Jaén  
crus@ujaen.es

Macarena Espinilla  
Departamento de Informática  
Universidad de Jaén  
Escuela Politécnica Superior de Jaén  
Andalucía  
mestevez@ujaen.es

## Resumen

La implantación del EEES está originando cambios en el modelo docente, cada vez más orientado al trabajo autónomo del alumno. En este nuevo paradigma, la figura del profesor también cambia para adquirir nuevos roles. Así, los profesores y los alumnos de la actual enseñanza universitaria buscan metodologías y herramientas que hagan posible alcanzar los nuevos retos que se plantean. Dentro de las posibles metodologías y herramientas para alcanzar dicho objetivos se encuentra la acción tutorial que es una herramienta que busca la interrelación activa con el alumno/a, realizando una orientación personalizada a través de los tutores. Generalmente, la acción tutorial es lanzada desde cada universidad para que los diferentes centros la pongan en marcha de acuerdo al contexto de las titulaciones de grado que imparte. El objetivo de este trabajo es presentar y comparar la acción tutorial que se está llevando a cabo desde dos centros pertenecientes a la Universidad Politécnica de Valencia y a la Escuela Politécnica Superior de Jaén con el objetivo de analizar ambos planes de acción tutorial y extraer conclusiones basadas en ambas experiencias.

## Abstract

The implementation of the European Higher Education Area (EHEA) involves changes in the teaching model, increasingly the self-learning. In this new paradigm, the teacher also changes to acquire new roles. Therefore, teachers and students of the current

universities search methodologies and tools that provide to meet new challenges. Among methodologies and tools to achieve these goals, we can find the tutorial action plan which is a tool that provides a relationship with the student, offering a personalized guidance by a teacher-tutor. Generally, the tutorial is launched from each university for its different centers. The aim of this contribution is to present and compare the tutorial action plan in two different Spanish universities, Universidad Politécnica de Valencia and Escuela Politécnica Superior de Jaén, in order to analyze both plans and obtain some conclusions about the experience.

## Palabras clave

Plan de acción tutorial, orientación personalizada, tutor-profesor, alumno-tutorizado.

## 1. Introducción

Las Universidades españolas han valorado la necesidad de prestar ayuda a los alumnos de nuevo ingreso para facilitar su integración en todas las actividades universitarias, teniendo como último fin la excelencia académica, la formación integral y la atención apropiada al alumnado. Un pilar en dicho ámbito son los planes de acción tutorial que desarrollan las universidades y que tienen un contexto determinado [1-6].

Tradicionalmente, la labor tutorial en la Universidad ha sido asignada a titulaciones y departamentos

relacionados con las ciencias de la educación, pero desde hace algunos años esto ha cambiado. Acabar con la desorientación que el alumno de nuevo ingreso tiene al comenzar los estudios superiores especialmente en las ingenierías forma parte de nuestras labores docentes. Algunas universidades con docencia en Ingeniería Informática cuentan con experiencia en la acción tutorial como son: la de Extremadura, la de La Coruña, la de Alicante, la de Valencia, la de Málaga o la de Jaén entre otras [7, 8]. Estas Universidades han sido conscientes de la carga de competencias asociadas a esta titulación y conocen la existencia de numerosas situaciones en las que resulta aconsejable orientar al alumnado para facilitar su andadura académica.

El objetivo de este trabajo es presentar y comparar la acción tutorial que se está llevando a cabo desde dos centros pertenecientes a dos universidades españolas, las cuales imparten docencia en la titulación del Grado en Ingeniería Informática. Para ello, en la primera sección presentamos unos preliminares donde se revisa el marco legal y la necesidad de la acción tutorial. En la sección 3 y 4 se presentan de forma individual la experiencia de la Universidad Politécnica de Valencia y la Escuela Politécnica Superior de Jaén. En la sección 5, se presenta una comparación de ambos planes, considerando algunos aspectos relevantes. En la sección 6 se muestran las pautas a tener en cuenta para poder aplicar la puesta en práctica de la acción tutorial en otros centros universitarios y, finalmente, en la sección 7 se recogen las conclusiones de la experiencia.

## 2. Preliminares

En esta sección se plantea el marco legal general en el que se enmarcan cada uno de los planes de acción tutorial puestos en marcha por las universidades españolas así como los aspectos generales que destacan la necesidad de la acción tutorial.

### 2.1. Marco legal

Inicialmente, en el año 2001, la Ley Orgánica de Universidades (LOU) art. 46.2 manifiesta que los estudiantes tienen derecho a “la orientación e información por la Universidad sobre las actividades de la misma que les afecten” y al “asesoramiento y asistencia por parte de profesores y tutores en el modo en que se determine”.

Seguidamente, el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, incorpora el criterio “Orientación al estudiante” en el capítulo 3 del texto, en su artículo 14.2 - Acceso a las enseñanzas oficiales de Grado, enuncia: “Las universidades dispondrán de sistemas accesibles de información y procedimientos de acogida y

orientación de los estudiantes de nuevo ingreso para facilitar su incorporación a las enseñanzas universitarias correspondientes”. Este decreto, también incluye un anexo que se usará como memoria para la solicitud de verificación de Títulos Oficiales y en el que hay una alusión clara a las acciones tutoriales incluidas en los mismos en los puntos “4.1 Sistemas de accesibles información previa a la matriculación y procedimientos accesibles de acogida y orientación de los estudiantes de nuevo ingreso para facilitar su incorporación a la Universidad y la enseñanza” y “4.3 Sistemas accesibles de apoyo y orientación de los estudiantes una vez matriculados”.

Finalmente se cita el Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el 1393/2007, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, y el Real Decreto 99/2011, de 28 de enero, por el que se regulan las enseñanzas oficiales de doctorado, establecen el marco normativo para la ordenación y verificación de enseñanzas oficiales. En este marco, ANECA propone el protocolo de evaluación para la verificación de los títulos universitarios oficiales, Grado y Máster en lo que se señala entre los criterios y directrices de evaluación que “la Memoria de solicitud incorpora procedimientos de apoyo y orientación de los estudiantes una vez matriculados. Dichos procedimientos recogen al menos las principales actuaciones a realizar, una planificación orientativa así como los órganos o unidades responsables de llevarlas a cabo”.

Todo este marco legal, plantea el escenario positivo para que cada uno de los centros que conforman las Universidades españolas se planteen la necesidad de organizar las estructuras que vertebren la acción tutorial.

### 2.2. Necesidad de la acción tutorial

En los estudios universitarios, el alumnado de nuevo ingreso llega a la universidad sin conocer el mundo universitario, los procedimientos, la planificación, etcétera. Este hecho implica un importante obstáculo que el alumno tiene que vencer de forma individualiza.

Por otro lado, uno de los objetivos del grado es promover y fomentar el aprendizaje autónomo del alumno, el cual no se concibe sin un adecuado sistema de orientación y tutorización. Dicho sistema no trata de resolver problemas de índole universitaria sino de orientar a cómo resolverlos para fomentar la autonomía de los estudiantes.

En este contexto, el tutor debe ser un puente entre la institución, centro de la Universidad en el que se realizan los estudios y el estudiante. De este modo, el rendimiento académico del estudiante podría aumentar notablemente sin tener que bajar el nivel de conocimientos o de exigencia por parte del profesorado.

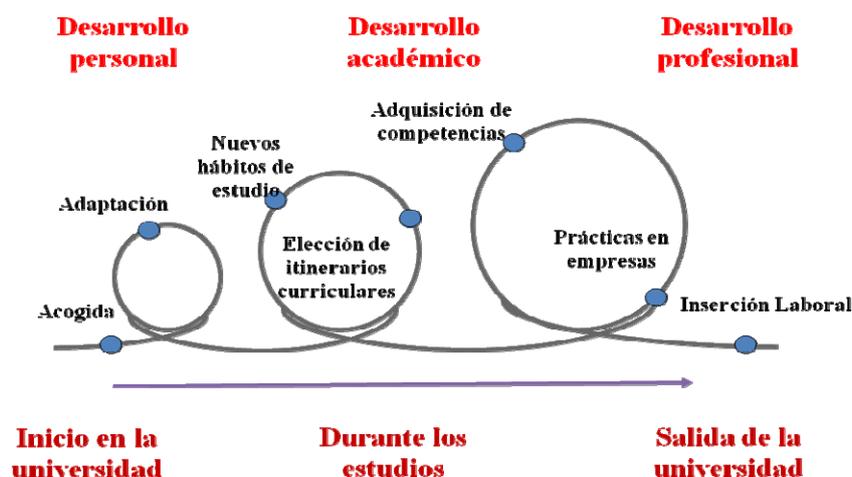


Figura 1: Itinerario del estudiante en la Universidad.

El plan de acción tutorial constituye un reto que tiene la Universidad española en los próximos años. Para facilitar la puesta en marcha de la acción tutorial por parte de las Universidades cabe resaltar las siguientes recomendaciones a la hora de realizar el diseño del plan de acción tutorial:

- Utilizar el sentido común, la experiencia y plantear estrategias activas.
- Comprobar el nivel de los alumnos de nuevo ingreso, para que en caso necesario se proponga al alumno la realización de actividades.
- No todos los estudiantes necesitan la misma orientación, es importante plantear la mejor estrategia para aprender y aprobar de forma personalizada.
- Fomentar el contacto con el alumno tutorizado, bien con el uso de fichas en las entrevistas, bien con el uso de otros canales alternativos que el alumno pueda plantear.
- Tener, un cronograma de entrevistas a lo largo del curso en momentos clave:
  - i) inicio del cuatrimestre.
  - ii) antes de las primeras evaluaciones parciales,
  - iii) antes de las evaluaciones finales
  - iv) al finalizar el cuatrimestre.
- Favorecer la incorporación en la tutorización por medio de la asistencia de mentores (estudiantes de últimos cursos y doctorandos), pero siempre bajo la supervisión del profesor tutor.

Una vez realizada una breve revisión sobre el plan de acción tutorial y su contexto, en las siguientes secciones se van a presentar dos experiencias enmarcadas en los planes de acción tutorial realizados en la titulación de Grado en Informática en la Universidad Politécnica de Valencia y en la Escuela Politécnica Superior de Jaén [9].

### 3. Experiencia en la Universidad Politécnica de Valencia

La Universidad Politécnica de Valencia a través del Programa Integra desempeña un papel importante en el proceso de adaptación del alumno de nuevo ingreso con las Jornadas de Acogida y el Plan de Acción Tutorial Universitario (PATU).

Para presentar la experiencia, primero se indicarán los objetivos, la metodología y los resultados obtenidos durante el curso académico 2011-2012.

#### 3.1. Objetivos del PAT

Los objetivos que persigue el PATU son los siguientes:

- Reducir el impacto que supone el acceso a la Universidad.
- Informar a los alumnos sobre aspectos relevantes del centro y del grado en el que se encuentran matriculados.
- Aumentar la participación del estudiante en las diferentes actividades que organizan el centro y la Universidad, cambiando el rol del alumno de sujeto pasivo a sujeto activo.
- Asesorar tanto individual como grupalmente a los alumnos tutorizados en aquellos aspectos académicos y personales que lo requieran para configurar mejor su itinerario formativo y optimizar así su rendimiento académico.

#### 3.2. Metodología

Con los objetivos anteriormente planteados, se diseña la metodología que sigue.

Inicialmente, los centros envían invitaciones para que los profesores y los alumnos que ya conocen el centro muestren su interés en participar como profesores tutores y alumnos tutores. Para motivar la

participación por parte del profesorado, la Universidad Politécnica de Valencia premia con una dotación económica que oscila entre 100 y 200€ dependiendo del presupuesto la participación en la actividad. Este dinero lleva asociada una restricción y es que debe ser utilizado para comprar material y actividades de tipo educativo o pedagógico.

Apoyados en las experiencias positivas de otras universidades se fomenta la figura del alumno en labores de tutorización [10]. Dicha participación se encuentra bajo el rol tutor y el centro la premia con el reconocimiento de 1,5 créditos de libre elección. De otro lado estarían los alumnos de nuevo ingreso, a los que va principalmente dirigido el plan. En este caso, cuando estos alumnos formalizan la matrícula y se inscriben en una titulación de Grado en Informática se les muestra información sobre el PATU y la opción de inscribirse en dicho plan si lo desean. En la Figura 2 es ilustrada la estructura del plan de la Universidad Politécnica de Valencia.



Figura 2: Estructura organizativa del plan de acción tutorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Una vez fijados los tutores profesores, tutores alumnos y los alumnos tutorizados, los responsables del centro que tienen como misión supervisar el buen funcionamiento del PATU, crean grupos con la siguiente configuración: un profesor tutor, dos alumnos tutores y un máximo de 10 alumnos que serán tutorizados.

En las jornadas de acogida se presenta el programa PATU y se tiene el primer contacto de los grupos PATU. En dicha jornada, los alumnos tutores y el profesor tutor organizan un *tour* para mostrar la

biblioteca, el área de deporte, las salas de acceso libre a ordenadores y la cafetería.

Durante el primer cuatrimestre los integrantes de los grupos PATU se reúnen al menos en 6 ocasiones en los siguientes momentos clave del semestre: Jornadas de acogida (se considera la 1º reunión), inicio del cuatrimestre (2 reuniones), inicio de exámenes parciales (1 reunión), Inicio de exámenes finales del 1º cuatrimestre (1 reunión), al finalizar los exámenes del 1º cuatrimestre.

### 3.3. Resultados obtenidos

A continuación se muestra de forma resumida los datos más relevantes del PATU llevado a cabo durante el curso 2011/2012.

- Participantes: 34 Profesores Tutores, 35 Alumnos Tutores, 244 Alumnos tutorizados, creándose 34 grupos PATU.
- Estadística de asistencia. A las jornadas asistieron los 400 alumnos de nuevo ingreso.
- En general, tanto los profesores como los alumnos tutores y los tutelados muestran un alto grado de satisfacción con el programa.

## 4. Experiencia en la Escuela Politécnica Superior de Jaén

En este caso, la Escuela Politécnica Superior de Jaén se inicia en esta experiencia con la Experiencia Piloto del Plan de Acción Tutorial en las titulaciones de Ingeniería Técnica [11].

Esta experiencia ha tenido su continuación en los nuevos títulos de grado que se imparten en el centro. La Junta de Centro de la Escuela de la Escuela Politécnica Superior de Jaén, aprobó que el plan de acción tutorial (PAT) se extendiera a todos los estudiantes de nuevo ingreso e implicara en la acción a todos los profesores que imparten docencia en el Centro como parte de sus responsabilidades docentes. Dicha decisión fue realizada con el objeto de procurar el cumplimiento del Procedimiento de orientación a estudiantes (PC05) del Sistema de Garantía de Calidad de los nuevos títulos de grado.

### 4.1. Objetivos del PAT

Los objetivos que persigue el PAT de la Escuela Politécnica Superior de Jaén son los siguientes:

- Facilitar la integración del estudiante en la Universidad.
- Mejorar el rendimiento académico, identificando las dificultades que presentan los estudios que están cursando y analizar posibles soluciones.
- Asesorar en la toma de decisiones con respecto a las opciones de formación académica que brinda la Universidad para la elección de su itinerario curricular.

## 4.2. Metodología del PAT

Como se ha comentado, en este caso es una responsabilidad del centro tanto la puesta en marcha como el buen funcionamiento del PAT, y en este caso se implica a todos los profesores que imparten docencia en el Centro y a todos los alumnos de nuevo ingreso.

La Universidad de Jaén para la organización de las actividades y materiales de la acción posee una Unidad Técnica del PAT (UTPAT) cuyo objetivo es planificar el PAT. En la Figura 3 es ilustrada la estructura del plan de la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

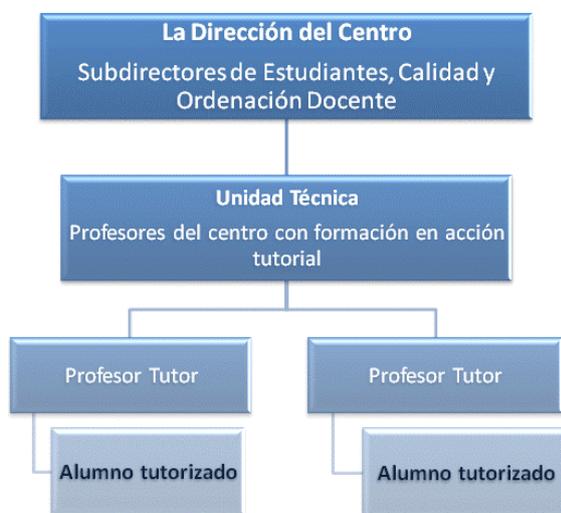


Figura 3: Estructura organizativa del plan de acción tutorial de la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

La primera actividad comienza con la asignación de uno o dos alumnos a cada uno de los profesores-tutores. Además, se establecen y se difunden unas posibles guías de orientación, tanto para que los profesores-tutores como para el alumno tutorizado. Dichas guías están en formato electrónico y se puede acceder a través de la plataforma de docencia virtual que brinda la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Paralelamente a la tutorización, la UTPAT establece un cronograma de actividades en las que se plantean diversos talleres y charlas de índole universitario de gran interés para el estudiante de nuevo ingreso: Taller sobre TIC, Taller sobre el uso de la biblioteca, Taller de preparación a los exámenes orientación y técnicas de estudio y Charla de los programas de movilidad.

## 4.3. Resultados obtenidos

A continuación se muestra de forma resumida los resultados más destacados del PAT de la Universidad de Jaén durante el curso 2011/2012.

El número total de alumnos que solicitan la tutorización de nuevo ingreso es de un total de 124 alumnos, un 50% del total de alumnos a los que va dirigido, aunque sólo un 10% participan en una tutoría activa.

- Solo un 25% de los profesores se implica de manera activa.
- El alumno asiste a alguna de las entrevistas pero, finalmente, a pesar de las invitaciones, abandona el plan.
- En general, tanto los profesores como los alumnos tutelados muestran un grado de satisfacción bajo con el programa.

## 5. Comparación entre las acciones tutoriales llevadas a la práctica en dos Grados en Ingeniería Informática

En esta sección se realiza una comparación entre ambos Planes de Acción Tutorial con el fin de mostrar diferencias relevantes.

### 5.1. Comparación de objetivos

La principal similitud entre ambos planes es que el objetivo perseguido es facilitar la integración del alumnado, reduciendo el impacto que supone el acceso a la Universidad. Ambos avocan a asesorar a los alumnos en la toma de decisiones, en lo relativo a seleccionar las opciones de formación académica, con el fin de optimizar el rendimiento académico. Finalmente, tanto uno como otro informan a los alumnos acerca del funcionamiento de las instalaciones de los respectivos centros.

Por el contrario, la principal diferencia entre ambos planes es que en la Universidad Politécnica de Valencia aporta tutorías grupales que dinamizan la actividad y la hace más atractiva para los estudiantes. Además tratan de motivar a los alumnos para que participen activamente en las actividades organizadas por el centro.

### 5.2. Comparación de aspectos organizativos

La principal similitud entre ambos planes es que los alumnos interesados en participar manifiestan su interés en involucrarse en el plan de manera voluntaria.

En la Universidad Politécnica de Valencia se implican alumnos tutores, estos alumnos reciben un aliciente que consiste en el reconocimiento de 1.5 créditos de libre elección. Además, en dicha universidad los profesores participan voluntariamente y reciben a cambio una pequeña retribución económica al participar en el programa. Mientras, en la Escuela Politécnica Superior de Jaén,

todos los profesores que imparten docencia en el centro participan obligatoriamente como parte de sus labores docentes.

### 5.3. Comparación de metodologías

Ambos planes son muy similares desde el punto de vista de las actividades que plantea para la integración del estudiante de nuevo ingreso en la titulación del Grado de Ingeniería Informática. Se realizan jornadas de acogida o presentación donde se realizan charlas y un tour para mostrar al alumno los servicios del centro. Además, se cuenta con el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) en un caso y con el Gabinete de Orientación en el otro centro para que impartan los talleres relacionados con técnicas de estudio y preparación de exámenes. Se establece un cronograma de actividades de índole universitario para dar soporte al proceso de orientación entre el profesor-tutor y el alumno-tutorizado.

La Escuela Politécnica Superior de Jaén además imparte charlas acerca de los programas de movilidad universitaria y en el PATU no se cuenta con una actividad similar.

Una vez comparados los aspectos más relevantes de la organización de la actividad se comentan los resultados obtenidos con la misma en ambos centros.

### 5.4. Comparación de resultados

Los principales resultados de ambos planes durante el curso 2011-2012 son los siguientes:

- En la Universidad Politécnica de Valencia de los 400 alumnos de nuevo ingreso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática que participaron en las jornadas de acogida, solicitan la participación en el PATU el 60% de los alumnos.
- En la Escuela Politécnica Superior de Jaén, la participación del programa PAT es del 50% de los alumnos matriculados. De los cuales, tan solo participaron de forma activa un 10%.

### 5.5. Comparación de satisfacción del profesorado

En esta sección se recogen algunas de las consideraciones que los profesores que participan en la actividad hacen llegar al centro.

En la Universidad Politécnica de Valencia los profesores que participan en el PATU informan de que:

- La cantidad de reuniones (seis) no les parece excesiva y la asistencia a las reuniones por parte de los alumnos es continua.
- El contar con el alumno tutor hace que la actividad del PATU sea poco intrusiva con su labor académica.

- En general los profesores tutores se sienten gratificados por los resultados que perciben de los alumnos que tutorizan aunque algunos manifiestan que prefieren tutorizar a alumnos que están inscritos en las asignaturas que imparten.

En la Escuela Politécnica Superior de Jaén los profesores que participan de manera activa en el PAT informan de que:

- La cantidad de reuniones (cuatro) propuestas para las entrevistas con los alumnos tutorizados no les parece excesiva y que la mayoría de los alumnos no asisten a ninguna de las reuniones.
- La tarea de contactar con el alumno tutorizado recae sobre el profesor, ya que el centro no proporciona apoyo activo y los alumnos tutorizados rara vez dan el primer paso.
- En general, los profesores tutores desearían que esta actividad fuese voluntaria y reconocida a nivel docente por parte de la Universidad.

### 5.6. Evaluación del impacto en los centros que realizan acción tutorial. Análisis comparativo

Ambos planes son muy similares y siguen las recomendaciones tanto de la LOU como de la ANECA. El aspecto en que difieren más radicalmente es la baja participación de los alumnos en el PAT de la Escuela Politécnica Superior de Jaén. A pesar de tener objetivos, metodologías comunes, la participación no es similar: 60% en la Universidad Politécnica de Valencia y 10% en la Escuela Politécnica Superior de Jaén. La causa de dicha diferencia podría radicar en que en el PATU se realizan las jornadas de acogida donde asisten prácticamente todos los alumnos de nuevo ingreso y es el lugar en donde se les presenta el programa PATU, en el que ya están organizados una serie de grupos de profesores tutores y alumnos mentores. Otra posible causa de la baja participación del alumno de la Escuela Politécnica Superior de Jaén puede deberse a la falta de motivación por parte del profesorado que realiza la tutoría. Dado que en el PAT de la Escuela Politécnica Superior de Jaén todos los profesores que imparte clase en dicho centro asumen como obligación docente la tutorización, mientras que en el PAT de la Universidad Politécnica de Valencia son únicamente los profesores interesados en participar en el plan, los que participan en él.

Esta valoración se justifica por las evidencias recogidas en el seguimiento de la actividad en ambos centros.

A continuación se propone una serie de recomendaciones que pensamos que pueden influir positivamente en la actividad futura de los planes de acción tutorial de los próximos cursos. Además se comparan ideas y las experiencias acumuladas por los

profesores que han participado de manera activa en los PAT dirigidos a alumnos del Grado en Ingeniería Informática.

## 6. Aplicabilidad de la experiencia en otros centros

En esta sección pretende dar las directrices a tener en cuenta cuando se elabora un Plan de Acción Tutorial.

El marco de la tutoría se centra como un proceso de apoyo y guía para los estudiantes, siendo un instrumento de trabajo que se debe adaptar a las particularidades de la titulación a la que va dirigido y a las necesidades de los alumnos a los que va dirigido, por lo que no se puede utilizar como un patrón estático.

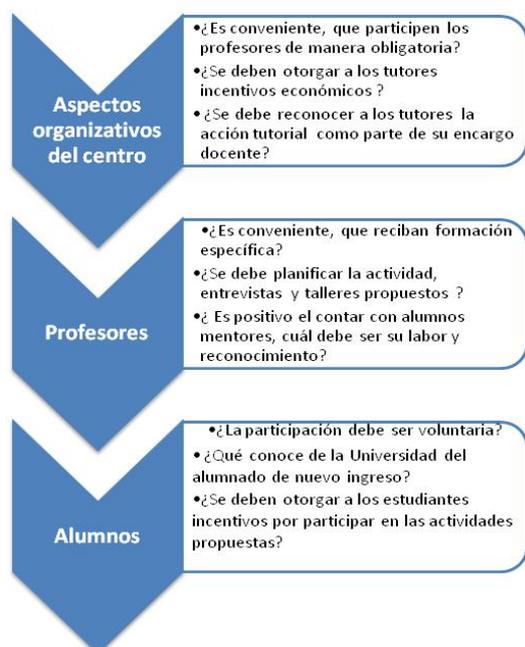


Figura 4: Cuestiones previas al diseño del PAT.

El plan de acción tutorial debe proponer las actuaciones necesarias para que la atención tutorial favorezca aspectos como: el desarrollo académico y profesional, la formación integral y la inserción profesional de los futuros egresados, recogidos de forma gráfica en la Figura 1.

También se debe recordar que no es sólo un ítem recogido en el modelo universitario que plantea el Espacio Europeo de Educación o recogido en alguno de los contratos programa de los centros. La posibilidad de asesorar y acompañar por parte del profesorado a los estudiantes durante su paso por la Universidad puede ser determinante, tanto para una forma-

ción integral del alumnado como para mejorar la propia calidad de la enseñanza universitaria.

Previo al diseño de un plan de acción tutorial habría que plantear preguntas como las enunciadas en la Figura 4 que desde nuestra experiencia deben de ser resueltas por los responsables de la actividad. Además se debe contar con un conjunto de herramientas que faciliten las reuniones de coordinación y los cursos de formación de todos los agentes implicados.

Con esta visión de la actividad se asume que la actitud del profesorado es determinante para la formación integral del estudiante y evidentemente para la puesta en marcha de un PAT que contribuya positivamente a la calidad de la titulación que oferta en centro.

## 7. Conclusiones

En este trabajo se han presentado dos experiencias de planes de acción tutorial llevados a cabo en dos centros universitarios españoles: la Universidad de Politécnica de Valencia y la Escuela Politécnica Superior de Jaén. Para ello, se han presentado de forma individual sus objetivos, metodología y los resultados obtenidos durante el curso 2011/2012. Además, se han analizado las principales similitudes y diferencias en cada una de las dimensiones anteriores. Los resultados principales de este trabajo son que ambos planes siguen las directrices generales marcadas por ANECA y LOU para la orientación del alumno y se ha evidenciado como la participación voluntaria y a la vez reconocida por la institución, tanto de profesores tutores como de los alumnos tutorizados, contribuyen al éxito en el plan de acción tutorial. Nuestros trabajos futuros se encaminan a recabar información de los agentes implicados en ambas universidades sobre el grado de satisfacción y los aspectos que deberían mejorarse con el objetivo de proponer una adecuada estrategia a la hora de implantar un plan de acción tutorial en un centro. Por otro lado, contemplar el plan de acción tutorial en los alumnos egresados es otro de nuestros objetivos en el futuro.

## Referencias

- [1] P. Álvarez y H. Jiménez. Tutoría universitaria. *Servicio de Publicaciones, Universidad de La Laguna*, 2003.
- [2] C. Bustos, J. Callejón, J.M. Herrerías, J.M. Pérez, B. Senes y M.I. Trujillo M.I., Plan de Acción Tutorial. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Granada, 2003.
- [3] F. Castellanos. La orientación educativa en la Universidad de Granada. *Servicio de Pu-*

- blicaciones de la Universidad de Granada*, 1995.
- [4] R. Sanz, Tutoría y orientación en la Universidad. Granada: *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada*. 2003.
- [5] M. Peinado, J.L. Anta. Reflexiones en torno a la innovación formativa en la acción tutorial universitaria. *Revista de iniciación a la investigación de la Universidad de Jaén*. ISSN: 1988-415X Ini Inv, e4: c18, 2010.
- [6] A. Pantoja. La acción tutorial en la Universidad: propuestas para el cambio. C & E: Cultura y educación, ISSN 1135-6405, Vol. 17. 67-82.2005.
- [7] C. León. Actividades de orientación y tutoría en el grado de Informática. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, JENUI*, pp. 119-126. 2010.
- [8] A. Marchal, J. Altarejos, Miguel Álvarez, P. Arranz, C. García, M<sup>a</sup> L. Godino, M<sup>a</sup> D. Gutiérrez, F. Hueso, N. Illán, S. Jiménez, P. Linares, M<sup>a</sup> D. López, R. López, M. Melguizo, S. Salido, P. Ortega, N. Ramos, E. Castro, M. Moya, E. Ruiz. Programa de Tutorías Personalizadas en la Licenciatura de Química. *Revista de iniciación a la investigación de la Universidad de Jaén*. ISSN: 1988-415X , e1: a21. 2006.
- G. Lemus-Zúñiga Lenin, S. Terrasa, C. Rus-Casas, M. Espinilla. Planes de acción tutorial en el ámbito de la ingeniería. Experiencias en la actividad. *JIDINF'12: Jornada de Innovación Docente, Editorial Universitat Politècnica de València*, 2012.
- [9] M.J. García García, M.C. Gaya López, P.J. Velasco Quintana. Mentaría entre iguales: alumnos que comparten experiencias y aprendizaje. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, JENUI*, pp. 119-126. 2010.
- [10] C. Rus-Casas, F. Almonacid , S. Satorres, J. de la Casa, P. de la Rodrigo, J.D. Aguilar. Pilot scheme of a tutorial action plan for industrial engineering students. *Proceedings -Technologies Applied to Electronics Teaching*. DOI: 10.1109/TAAE.2012.6235447, 2012.

# El plan de orientación y acción tutorial en el Grado en Ingeniería Informática

Gara Miranda Valladares  
Dpto. de Estadística, I. O. y Computación  
Universidad de La Laguna  
Santa Cruz de Tenerife  
gmiranda@ull.es

Coromoto León Hernández  
Dpto. de Estadística, I. O. y Computación  
Universidad de La Laguna  
Santa Cruz de Tenerife  
cleon@ull.es

## Resumen

La tutoría universitaria puede estructurarse atendiendo a tres dimensiones: la tutoría académica, la tutoría de carrera y las actividades de orientación. Estas tres dimensiones son complementarias y desde cada una de ellas se gestionan distintos programas y actividades que confluyen en la orientación y la tutorización del alumnado durante el tiempo que permanece en la Universidad. La tutoría académica se realiza a nivel de aula o grupo de docencia de una asignatura en concreto y, por tanto, es coordinada por el propio profesorado de la asignatura. Sin embargo, la tutoría de carrera y las actividades de orientación se realizan a nivel de titulación o incluso a nivel de centro y, por tanto, abarcan planes, programas o actividades más complejas, y que tratan de dar apoyo a un mayor número y diversidad de alumnado. Con el fin de homogeneizar y formalizar este tipo de tutorización y orientación vinculada a los centros, en nuestra Universidad se ha realizado una propuesta de "Planes de Orientación y Acción Tutorial" que ha sido puesta en marcha por primera vez este curso académico 2012-2013. En concreto, en este trabajo se presentarán los detalles de diseño y de puesta en marcha de un Plan de Orientación y Acción Tutorial para el Grado en Ingeniería Informática.

## Abstract

The university tutoring can be structured according to three dimensions: academic tutoring, mentoring and career guidance activities. The academic tutoring is done at the level of classroom teaching and, therefore, is coordinated by the teachers of the subject itself. However, mentoring and career guidance activities are performed at the level of the degrees or faculties, and therefore, include plans, programs or more complex activities, which try to give support to a greater variety of students. In order to standardize and formalize this type of tutoring and guidance related to the centers, in our University, a "Plannig for Guid-

ance and Tutoring" has been launched for the first time this academic year. This paper will present the specific details of design and implementation of such a Plan for a Degree in Computer Engineering.

## Palabras clave

Orientación, tutorización, competencias transversales.

## 1. Motivación

A fin de impulsar la actividad orientadora y tutorial como actividad organizada y planificada institucionalmente, los órganos de Gobierno de nuestra Universidad aprobaron unas directrices para la elaboración, implantación y consolidación de los Planes de Orientación y Acción Tutorial (POAT) de todos sus centros [1]. Una de las principales medidas para la consolidación de estos planes ha consistido en la incorporación de una asignatura al Plan de Ordenación Docente de cada centro, con la denominación "Formación en competencias transversales del grado", con un número de créditos a utilizar para reconocer la atención prestada por el profesorado en las acciones de orientación y tutorización recogidas en el POAT del centro correspondiente - centros donde el profesorado imparte docencia y, además, participa como profesor tutor. Por otro lado, la participación del alumnado en el POAT del centro donde curse sus estudios también será reconocida - como Actividades Extracurriculares - con un total de un ECTS por curso académico. Esta formalización en el reconocimiento de la participación (tanto por parte del alumnado como del profesorado) en las actividades de orientación y tutorización ha supuesto un primer paso en la consolidación y homogeneización de los POAT de las distintas Escuelas y Facultades, pero también ha conllevado a una completa reestructuración de los actuales Planes de Acción Tutorial de nuestra Universidad.

En concreto, en este trabajo se presentarán los detalles de la reestructuración del Plan de Orientación y

Acción Tutorial que se ha llevado a cabo para adaptar este tipo de actividades de orientación y de tutorización a la operativa y funcionamiento general de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSII). Se describirán todos los aspectos considerados durante las fases de diseño, puesta en marcha y ejecución del Plan, haciendo hincapié en el conjunto de actividades propuestas para cubrir un crédito ECTS por curso, y sobre todo, persiguiendo como objetivo final que los alumnos se integren en la escuela y adquieran las capacidades necesarias para afrontar con éxito su futuro académico, profesional y personal. El resto del documento se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se enumeran los objetivos perseguidos con la implantación de planes o programas dedicados a la orientación del alumnado. En el apartado 3 se presentarán las características generales a cumplir por los Planes de Orientación y Acción Tutorial a implantar en todos los centros de nuestra Universidad. Los detalles tenidos en cuenta para el diseño y la planificación del POAT, así como todas las pautas llevadas a cabo para poner en marcha y ejecutar el Plan diseñado se describen en los apartados 4 y 5 respectivamente. Finalmente, en la sección número 6 se enumeran algunas conclusiones obtenidas tras la experiencia de implantación de un POAT en el Grado en Ingeniería Informática.

## 2. La orientación y la acción tutorial en el ámbito universitario

A nivel nacional, la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades en su artículo 46(e), reconoce el derecho de los estudiantes al “asesoramiento y asistencia por parte de profesores y tutores”. El Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, modificado por Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, incorpora el criterio “*Orientación al estudiante*” y establece que los títulos deben disponer de procedimientos de apoyo y orientación a los estudiantes que faciliten a los alumnos de nuevo ingreso su incorporación a la universidad y a los de carrera la adquisición de las competencias establecidas en el plan de estudios. También el Real Decreto 1791/2010, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Estatuto del Estudiante Universitario, incide en las tutorías dedicando el Capítulo V a las mismas.

Asimismo, el Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC) [2] debe asegurar el control, la revisión y mejora continua del plan de estudios, garantizando así su adecuada implantación y desarrollo. Los procedimientos que se recogen en el Programa VERIFICA y en el Programa AUDIT, conciben la orientación y la tutoría como actividades relacionadas con la garantía de calidad de las enseñanzas y especifican el alcance

y contenidos del criterio mencionado. En concreto, se contemplan los siguientes procedimientos:

- Procedimiento para la orientación al estudiante y desarrollo de la enseñanza.
- Procedimiento para la definición de perfiles, admisión, matriculación y captación de estudiantes.
- Procedimiento para la gestión de la movilidad de los estudiantes.
- Procedimiento para la gestión de la orientación profesional.
- Procedimiento para la definición de la gestión de las prácticas externas integradas en el plan de estudios.
- Procedimiento de medición y análisis de resultados.

Con todo lo anterior, podemos concluir que, a nivel formal y legislativo, ha quedado plasmada la importancia y la especial atención que se debe prestar a los sistemas de orientación y tutorización en el ámbito universitario. En este campo de actuación formativa, la labor de orientación y tutoría aparece como una estrategia ante los retos complejos de diversa naturaleza a los que se debe enfrentar de forma permanente el alumnado en la enseñanza superior. Para su superación se precisa de algún tipo de guía, ayuda y asesoramiento que le evite el fracaso, le facilite el éxito, y le acompañe tanto durante su formación universitaria como en la incorporación al mundo laboral. En este sentido, la tutoría orientadora [3] es una modalidad de la función docente que implica procesos sistematizados por los cuales el *profesor tutor* es guía del alumnado a lo largo de su vida académica. La finalidad básica de esta tutorización universitaria [4] es, por tanto, la de ayudar al alumnado a lo largo de sus estudios para la gestión de su propio proyecto formativo en relación a una serie de elementos básicos como: la integración y adaptación al entorno universitario; los procesos de aprendizaje; el acceso a la información; el trabajo autónomo; la transición profesional, etc.

Como ya se ha mencionado anteriormente, este tipo de tutoría está vinculada directamente al alumnado de un determinado centro o titulación, y por tanto, es común que cada centro universitario realice un diseño y planificación específica para dar apoyo orientador a los estudiantes de una determinada titulación o rama de conocimiento. De hecho, esto es lo que ocurría – hasta años anteriores – en nuestra Universidad: cada centro define el tipo de orientación que se prestará al alumnado matriculado en las Titulaciones ofertadas en dicho centro. A nivel general podemos decir que, a la hora de definir el diseño y la planificación de las actividades orientadoras, los centros tienen como objetivo final y común conseguir que el alumnado se integre plenamente en la vida

diaria de la Escuela o Facultad a la vez que adquiere las capacidades necesarias para afrontar con éxito su futuro académico, profesional y personal.

Además de definir y planificar el tipo de tutoría orientadora a ofrecer al alumnado del centro, es importante que el propio centro recoja – de manera formal, ordenada y estructurada – el Plan que ha diseñado. Se podría decir que la motivación para definir más formalmente las actividades de orientación y tutorización llevadas a cabo por un centro, se focaliza en los aspectos siguientes [5]:

- Mejorar la organización y desarrollo de las acciones de orientación y tutoría en el centro, clarificando objetivos, estructurando las diversas actuaciones, concretando funciones y responsabilidades, y optimizando los mecanismos de coordinación y evaluación de las actuaciones implementadas.
- Responder a lo recogido en los diversos procedimientos establecidos en el Sistema de Garantía Interno de Calidad del centro, entendido como mecanismo de supervisión y garantía de calidad de las titulaciones que se imparten en el mismo.
- Recoger, estructurar y ordenar las distintas actividades a realizar para ofrecer apoyo en el proceso de acogida, integración y orientación del alumnado desde la llegada al centro hasta la culminación de sus estudios.

### 3. Características del Plan a implantar

Con el fin de dar respuesta al compromiso de diseñar e implementar un plan de acción tutorial por centro universitario, desde los órganos de gobierno de nuestra Universidad se diseñó y definió un modelo de “*Sistema de orientación y tutoría del estudiante*” que, una vez aprobado por el Consejo de Gobierno de la Universidad, pasó a constituir el modelo marco a utilizar por todos los centros para la elaboración o mejora de su correspondiente *Plan de Orientación y Acción Tutorial (POAT)*. El objetivo general de implantar y/o consolidar este sistema, es el de establecer y coordinar la actividad orientadora y la acción tutorial en la Universidad garantizando unos requisitos mínimos en la implementación de los planes de orientación y acción tutorial por parte de los centros. Además, se pretende también alcanzar los objetivos específicos siguientes:

- Ayudar a elaborar y homogeneizar una estructura funcional de órganos y comisiones, que delimite competencias, establezca los objetivos y gestione los procesos en las circunstancias concretas de cada centro.
- Asegurar el cumplimiento de las exigencias de la verificación y la acreditación de las titulaciones por parte de cada uno de los centros.

- Facilitar el análisis y la medida de los resultados, que permitirá a los órganos de gobierno de la Universidad la toma de decisiones a este respecto.

Una vez fijados los objetivos perseguidos con esta homogeneización de los sistemas de orientación de los distintos centros de esta Universidad, el siguiente paso consistió en definir los requisitos mínimos que debería cumplir todo Plan de Orientación y Acción Tutorial:

- Hacer un diseño del plan que incluya como mínimo los siguientes elementos básicos: introducción, objetivos, estructura del plan, organización del centro para la gestión del plan, acciones y actividades, planificación temporal, y seguimiento y evaluación.
- Estar organizado de acuerdo a dos dimensiones fundamentales: la tutoría de carrera y las actividades de orientación.
- Tener constituidos aquellos órganos necesarios para la organización del POAT. A nivel organizativo el desarrollo del POAT ha de apoyarse en la figura del Coordinador del POAT, que asegure el cumplimiento de sus objetivos. Adicionalmente, el POAT podrá contemplar la creación de una Comisión de Orientación y Tutoría, o apoyarse en las comisiones ya creadas por el centro, vinculadas a la orientación y tutoría.
- Programar acciones de orientación y tutoría del centro y/o por titulación. La planificación de estas acciones se incluirán en el diseño del Plan. No obstante serán susceptibles tanto de revisión y actualización en cada curso académico, como de colaboración/coordinación – en determinados casos – con algunos órganos competentes dentro de la propia Universidad.

Para tener una visión global y concreta de qué se pretende hacer y qué se necesita para lograrlo (formación, recursos, estructura organizativa, reconocimiento, etc.), será necesario llevar a cabo una planificación coherente y una revisión pormenorizada de las funciones de la orientación y la tutoría al estudiante en cada título. En base a esta visión, se diseñará el POAT. Además, es importante tener en cuenta que todo POAT estará subdividido en un Plan de Acción Tutorial y en un conjunto de Actividades de Orientación.

Además de definir los requisitos mínimos que tendrían que cumplir los Planes de Orientación y Acción Tutorial, desde los órganos de gobierno de nuestra Universidad también se definió un sistema de incentivos al profesorado y al alumnado que permitiera en la medida de lo posible poder valorar la participación, tanto del profesorado como del alumnado de cada centro, en el POAT correspondiente. La atención prestada por el profesorado en las acciones tipificadas como “tutoría de carrera” así como las de “orienta-

ción”, derivadas del Plan de Orientación y Acción Tutorial del centro donde imparta docencia, será reconocida en el Plan de Ordenación Docente del departamento correspondiente, de acuerdo con los criterios que establezca el vicerrectorado con competencias en materia de profesorado. Para ello cada centro tendrá un total de 30 ECTS a distribuir entre el profesorado tutor que participe en las acciones de tutorización y orientación. El profesor coordinador del plan de acción tutorial del centro correspondiente asumirá las funciones de gestión del reconocimiento del profesorado participante en el POAT del centro. Para que el profesorado pueda beneficiarse del citado reconocimiento por las acciones realizadas, es imprescindible que el centro en el que realiza las tareas tenga aprobado en Junta de Centro el Plan de Orientación y Acción Tutorial, así como haber sido reconocido en el mismo como profesor participante en él. Por su parte, el alumnado, por cada curso académico que participe en el POAT de su centro, tendrá derecho al reconocimiento de 1 ECTS en el apartado de Actividades Extracurriculares de la titulación en la que esté matriculado.

Como última directriz, se estableció que en el plazo del curso académico 2011/2012, todos los centros de la Universidad deberían tener diseñado y aprobado en Junta de Facultad o Centro, el POAT correspondiente al curso 2012/2013. A partir de ese momento, y como mecanismo de coordinación de los centros con el Vicerrectorado con competencias en calidad, se establecieron unos mecanismos básicos de seguimiento:

- Una vez aprobado el POAT por la Junta de Centro y publicado en la página web del mismo – indicando la fecha de actualización – se remitirá copia certificada al Vicerrectorado con competencias en materia de calidad.
- Durante la implantación y/o consolidación del POAT, se realizarán revisiones periódicas que podrán coincidir con la finalización de cada curso académico, introduciendo las mejoras que se consideren oportunas.
- El Vicerrectorado con competencias en calidad contribuirá, junto con el centro, a la formación del profesorado-tutor para que pueda afrontar el reto y las exigencias de la implantación del Plan de Orientación y Acción Tutorial. Dicha formación se centrará en las funciones del tutor: informativa, de mediación, formativa, de seguimiento y orientación académica, de atención a necesidades de carácter personal, de coordinación horizontal y de transición al empleo.
- Al comienzo de cada curso académico, el Coordinador del Plan de Orientación y Acción Tutorial de cada centro deberá informar al Vicerrectorado con competencias en materia de calidad, de las siguientes cuestiones: relación de profesorado

que participa en el POAT durante ese curso académico, y actualizaciones del POAT.

#### 4. Diseño y planificación

Los objetivos específicos que se pretenden conseguir mediante el diseño e implantación del POAT en nuestro centro hacen referencia a la adquisición, por parte del estudiantado, de aquellas competencias cuya consecución aparece vinculada a la orientación y acción tutorial, así como al abordaje y superación de las dificultades que el centro, a través de su Comisión de Calidad, haya detectado para el adecuado progreso curricular del alumnado. En este sentido, los objetivos contemplados en el POAT de nuestro centro son los siguientes:

- Ayudar a los alumnos de nuevo ingreso a resolver los problemas que origina la transición de la enseñanza secundaria a la enseñanza superior, proporcionándoles información, instrumentos, estrategias y técnicas que les permitan entender y emprender los cambios de actitud necesarios.
- Proporcionar a los alumnos toda la información necesaria y/o útil en relación con la Universidad, con el centro, con la titulación, con otras titulaciones relacionadas y con el mundo profesional, para facilitar y mejorar su ingreso en el espacio de formación superior, su trayectoria universitaria, su entrada en el mundo laboral y la continuidad de su formación.
- Mejorar la adaptación de los estudiantes en la Universidad y centro, fomentando su integración en la vida universitaria y en los órganos de participación y gestión.
- Ofrecer formación y apoyo a los estudiantes para la adquisición de estrategias que contribuyan a mejorar el acceso, manejo de la información y aprendizaje autónomo.
- Promover las habilidades del estudiantado para la adecuada planificación y aprovechamiento de su dedicación al estudio.
- Contribuir a que los estudiantes adquieran habilidades, destrezas y capacidades para la toma de decisiones académicas y profesionales.
- Proporcionar a los estudiantes de los últimos cursos información sobre salidas profesionales, orientación laboral y estrategias para desarrollar habilidades para la profesión.

Una vez fijados los objetivos específicos del POAT de nuestro centro se pasó a estructurar el mismo en base a la acción tutorial propiamente dicha, y en base a las actividades formativas y de orientación. Esto se planteó como la integración secuenciada a lo largo del currículo del alumnado de ambos tipos de actividades. Además, se consideró oportuno que esta secuencia de actividades debería organizarse en torno a las siguientes fases:

Curso del Grado	Actividades de Orientación
Primero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocemos el centro de cálculo</li> <li>2. Conocemos la biblioteca</li> <li>3. Servicios de información y comunicación a disposición del estudiante: portal del estudiante, correo electrónico y tarjeta universitaria</li> <li>4. Uso de las aulas virtuales</li> <li>5. La formación en competencias de información</li> <li>6. Red institucional de becas y ayudas económicas al estudio</li> <li>7. La participación estudiantil</li> </ol>
Segundo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La planificación del tiempo de estudio</li> <li>2. La lectura, la comunicación escrita y la comunicación oral</li> <li>3. La toma de apuntes</li> <li>4. El trabajo en equipo</li> <li>5. Movilidad estudiantil: información específica sobre programas de intercambio nacionales e internacionales</li> <li>6. Talleres y tutorías virtuales y presenciales sobre elaboración de trabajos</li> <li>7. Charla informativa sobre los itinerarios del Grado en Informática</li> </ol>
Tercero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El inglés en la informática: servicios de idiomas</li> <li>2. Concurso universitario de software libre. La primera piedra de tu curriculum profesional</li> <li>3. Tienes ideas... ¿Y si las convertimos en negocio?</li> <li>4. Los parques científicos y tecnológicos como apoyo y fomento a la creación de empresas de base tecnológica</li> <li>5. Fomento de la inserción laboral: foro de empleo universitario</li> <li>6. Charla sobre prácticas en empresa</li> <li>7. Charla sobre trabajo de fin de Grado</li> </ol>
Cuarto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seminario sobre las prácticas externas</li> <li>2. Seminario sobre los trabajos fin de Grado</li> <li>3. Programa universitario de formación para el empleo</li> <li>4. Programas de becas de inserción laboral</li> <li>5. Bolsas de empleo</li> <li>6. Charla informativa sobre otros grados, master, doctorados y títulos propios</li> </ol>

Cuadro 1: Actividades de orientación planificadas para el curso 2012/2013.

1. **Fase de acogida.** Se extiende desde la preinscripción hasta el final del primer cuatrimestre. Es la fase de transición de la Educación Secundaria a la Universidad. En esta fase tiene lugar la reunión inicial colectiva con los estudiantes, donde se facilitará información sobre planes de estudio, normativa académica, instalaciones, servicios universitarios, etc. Asimismo, tendrá lugar la presentación del POAT y de los profesores tutores.
2. **Fase de seguimiento.** Se extiende desde el primer al tercer curso de grado y conlleva orientación en la planificación del currículo (elección de itinerarios, movilidad, prácticas externas, etc.), actividades extracurriculares y sugerencias para la matriculación de asignaturas y mejora del rendimiento académico. Asimismo, la formación destinada a la adquisición de destrezas para el aprendizaje y la planificación del tiempo de estudio. En esta fase también se comienza a ofrecer orientación profesional e información sobre los Trabajos de Fin de Grado y las Prácticas Externas.
3. **Fase de culminación de estudios e inserción laboral.** Comprende el último curso de grado. Se facilitará la información y orientación a los estudiantes para la elaboración del Trabajo de Fin de Grado, las Prácticas Externas, la inserción laboral y, por supuesto, la continuación de los estudios.

Tal y como se muestra en el Cuadro 1, el POAT de nuestra escuela se articula en acciones secuenciadas siguiendo una estructura lógica - acorde a las fases anteriormente descritas - para cada curso del Grado en Ingeniería Informática, en función de los objetivos, necesidades y demandas de información, formación y orientación de los estudiantes. Las actividades de orientación se desarrollarán en grandes grupos (un grupo por cada curso del Grado), y podrán realizarse tanto de manera presencial como virtual. Es de destacar que hay acciones puntuales que aparecen coordinadas y se desarrollan conjuntamente con otros órganos y servicios de la Universidad, a fin de utilizar los recursos con eficacia y eficiencia, evitando así duplicidades. El resto de actividades son específicas del centro y se diseñan e implantan por el propio centro y sus responsables, partiendo de su realidad contextual y las necesidades específicas de su alumnado. El Cuadro 1 recoge únicamente las acciones vinculadas a la orientación, pero faltaría por especificar las actividades dedicadas a la acción tutorial y que llevan a cabo los profesores tutores del centro. Las actividades de tutorización se llevan a cabo en grupos reducidos (entre 12-15 alumnos) o de forma individualizada si así lo solicita el estudiante. Para cada curso del Grado se han planificado las siguientes reuniones entre tutores y alumnado:

- Presentación al inicio del curso.
- Reunión de seguimiento al finalizar el primer cuatrimestre.
- Reunión de fin de curso para analizar el desarrollo global del curso.
- Otras actividades o reuniones convocadas por el tutor.
- Reuniones o consultas bajo demanda del propio alumnado.

Al planificar cada una de las actividades, ya sea de orientación o de tutorización, se define la información siguiente: título de la actividad, objetivos, participantes, fecha y lugar de celebración, encuesta de satisfacción y tarea o trabajo autónomo para el alumnado. Los objetivos de cada una de las reuniones o actividades de tutorización pueden venir definidas por las demandas del propio alumnado, por las carencias detectadas por el propio profesorado tutor, o en su defecto, por la coordinación del POAT que, tras recoger impresiones del profesorado y del alumnado, realiza propuestas de temáticas que pueden ser de interés. Por ejemplo, si en la Universidad se acaban de establecer unas nuevas normas de progreso y permanencia, se recomienda al profesorado tutor que informe o trate el tema con sus alumnos en la próxima actividad de tutorización.

A nivel general, se ha planificado que, para cada curso, se realicen un conjunto de actividades que sumen un total de 10 horas presenciales. De esta

forma, al finalizar el curso se podrá reconocer el correspondiente ECTS a cada uno de los alumnos participantes. Para el reconocimiento de ECTS se le exige al alumnado la participación en al menos el 80% de las actividades organizadas para su curso, así como la cumplimentación de las encuestas o tareas relativas a cada una de las actividades.

## 5. Puesta en marcha y ejecución

Para la puesta en marcha del POAT previamente diseñado, se llevaron a cabo las acciones siguientes:

### 5.1. Difusión

Además de diseñar y planificar adecuadamente los planes de orientación es fundamental saber transmitir, tanto al profesorado como al alumnado, la importancia de los mismos para el entorno universitario. Para la captación de profesorado tutor, se realizó un llamamiento de participación entre los departamentos que imparten docencia en el centro. Los 30 créditos vinculados al profesorado tutor del centro se distribuyeron entre los departamentos y áreas de forma proporcional al número de tutores aportados por el correspondiente departamento y área. En cuanto a la captación del alumnado, de forma complementaria a las acciones de difusión llevadas a cabo por la propia Universidad, desde nuestro centro se pusieron en marcha algunas acciones como:

- Envío de correo masivo a todo el alumnado del centro, indicando los objetivos del POAT y la forma de participar en el mismo.
- Colocación de carteles informativos en todos los tablones de anuncios del centro, así como en las ventanillas de secretaría y de portería.
- Distribución de dípticos informativos entre el alumnado del centro.
- Publicación de noticias e información sobre el POAT en la web y redes sociales del centro.
- Realización de charlas y sesiones informativas entre el alumnado del centro.

### 5.2. Participación

Cabe destacar que en el centro, cada alumno de un determinado curso del Grado, pertenece a un grupo de prácticas, de tal forma que la organización de los horarios de prácticas de las distintas asignaturas de un mismo curso viene ya prefijada en los horarios oficiales del centro. Por cada grupo de prácticas - de entre 25 o 30 alumnos - se han creado dos grupos de tutorías - de entre 12 o 15 personas. De esta forma, todos los alumnos matriculados en el centro pertenecen automáticamente a un determinado grupo de tutorías: 16 grupos de primero, 18 grupos de segundo, 12 grupos de tercero, y 8 grupos de cuarto. Al igual que ocurre con los grupos de prácticas de las asigna-

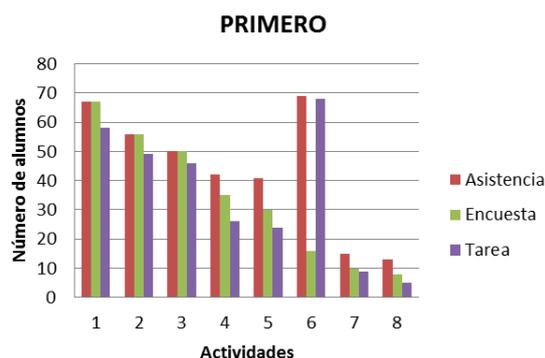


Figura 1: Participación del alumnado de primero.

turas, cada grupo de tutorías tiene asignada una hora y aula dentro del horario oficial del centro. De esta forma, se simplifica la logística necesaria para que los tutores y sus alumnos de tutorías puedan establecer reuniones o actividades en el ámbito del grupo reducido. Un total de 23 profesores (22% del profesorado del centro) se ofrecieron voluntarios para participar como tutores del POAT. Al tener un total de 54 grupos sólo 4 tutores tienen asignados 4 grupos de tutoría en lugar de 2. Hay que tener en cuenta que por cada grupo de tutoría se le reconoce al tutor correspondiente un total de 0.5 créditos. Tras la finalización del periodo de matrícula se publicó oficialmente la asignación de tutores a los grupos de tutorías.

### 5.3. Coordinación

A nivel de coordinación, se han establecido tres niveles o mecanismos:

- **Aula virtual para el alumnado:** se ha habilitado un aula virtual para cada curso del Grado. Dentro de cada aula los alumnos están agrupados por grupos de tutorías. Mediante estas aulas se informa periódicamente al alumnado sobre las próximas actividades a realizar, se les proporciona información de interés, se gestionan las tareas o encuestas que les han sido asignadas y se permite la comunicación directa entre cada grupo y su correspondiente tutor.
- **Aula virtual para el profesorado tutor:** se utiliza principalmente como medio de comunicación entre el coordinador del POAT y los tutores del centro. A través del aula se convocan reuniones de seguimiento, se informa de novedades y se analiza la evolución del POAT durante el transcurso del curso.
- **Comisión de Orientación y Tutoría:** órgano encargado de coordinar la planificación, el desarrollo y el seguimiento del POAT.

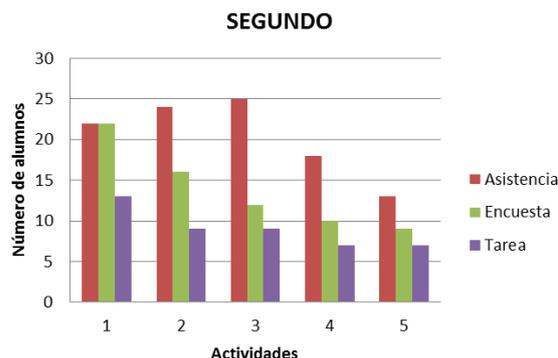


Figura 2: Participación del alumnado de segundo.

### 5.4. Ejecución

La ejecución del POAT diseñado para nuestro centro comenzó a principios de septiembre, con la apertura del curso escolar 2012/2013. A partir de ese momento se comenzaron a llevar a cabo las distintas actividades de orientación a nivel de grandes grupos, así como las actividades individuales de los grupos de tutorías con sus tutores. A pesar de que aún no se han llevado a cabo la totalidad de las acciones planificadas desde un inicio, hay algunos aspectos que ya podemos destacar:

- La participación del alumnado en el POAT es mayor para cursos inferiores y va decayendo conforme avanzamos de curso. El 40% de los alumnos de primero ha participado en alguna de las actividades del POAT de primero (el 80% si consideráramos únicamente el alumnado de nuevo ingreso). Sin embargo, para el alumnado de segundo, tercero y cuarto los datos de participación son del 21%, 18%, y 15% respectivamente. Además, en la Figura 1 y en la Figura 2 (no se han incluido los datos de participación para tercero y cuarto por ser en todos los casos inferiores a los 15 asistentes) podemos ver cómo ha ido decayendo la participación en las actividades conforme ha ido avanzando el curso. En cierto modo, podríamos pensar que las necesidades de orientación del alumnado de últimos cursos es bastante inferior a la que puede tener el alumnado que acaba de llegar al entorno universitario.
- La participación en las actividades de orientación planificadas para grandes grupos (Cuadro 1, Figuras 1 y 2) es mucho mayor que la participación en las actividades de tutorización realizadas con el profesorado tutor. Hasta el momento, la mayor parte de las reuniones convocadas por los tutores no han tenido participación alguna, y sólo en algunos casos hay tutores que han llegado – como máximo – a atender a 3 alumnos en reuniones con sus grupos de tutorías.

- La implicación del profesorado tutor no es muy alta, principalmente porque las actividades que desarrollan con sus grupos de tutorías no tienen prácticamente aceptación entre el alumnado y también porque la mayoría considera que no dispone de una formación especializada para realizar este tipo de tutoría orientadora. La mayoría del profesorado considera que las cuestiones o necesidades de orientación que les plantea su alumnado son, o bien de carácter administrativo o bien de carácter personal (problemas con otros profesores, problemas a la hora de centrarse en los estudios, etc.) y que, por tanto, lo único que puede hacer el tutor es redirigir al alumnado a otros servicios universitarios en los que se les pueda asesorar al respecto.

## 5.5. Evaluación

Desde los inicios de la ejecución del POAT y con los datos que poco a poco se han ido recogiendo es evidente que todo este sistema de orientación necesita de un método de análisis y evaluación. La evaluación que se propone consiste en recoger información relativa al conjunto de acciones que lo conforman, con la implicación de todos los agentes que intervienen en él o que se ven afectados por él: alumnado, profesorado y personal de administración y servicios. Esta evaluación debe ser continuada y sistemática, y utilizarse para mejorar el Plan y dar cuenta de sus actuaciones a todos los órganos implicados. Para ello, desde el comienzo de las actividades, y aprovechando de la utilización de un aula virtual para la gestión de las actividades y la comunicación con el alumnado se están incorporando encuestas generales y específicas para tratar de evaluar los tres aspectos siguientes:

- El diseño inicial y su relación con el contexto (adecuación de los objetivos establecidos durante el análisis de las necesidades, adecuación entre el modelo elegido y los recursos disponibles, grado de implicación institucional, etc.).
- La ejecución del Plan (contexto, agentes implicados, acciones llevadas a cabo, etc.).
- Resultados del Plan (rendimiento, satisfacción, impacto, etc.).

## 6. Conclusiones

Dada la importancia que ha cobrado la acción orientadora y tutorial en el ámbito universitario, es evidente que las Universidades y, por tanto, sus centros hayan ido avanzando en el diseño y en la implantación de Planes de Orientación y Tutorización. Con el fin de formalizar estos Planes y homogeneizar su funcionamiento, nuestra Universidad ha planteado una estructura común para el diseño y la puesta en marcha de los mismos. Además de definir

algunos requisitos mínimos para la estructuración y la planificación de las actividades ha incorporado mecanismos que permitan reconocer la participación en los mismos, tanto del profesorado tutor como del alumnado orientado. Partiendo de estas directrices generales establecidas por los órganos de gobierno de nuestra Universidad se ha descrito el diseño y la planificación concreta que se ha elaborado para una Escuela de Ingeniería Informática.

En este sentido, se ha realizado una selección de actividades que se consideran de interés para la formación integral del alumnado y se han tomado una serie de decisiones que permitan, a nivel logístico, y teniendo en cuenta los recursos disponibles, poner en marcha este Plan de Orientación y Acción Tutorial. Tras la breve experiencia de este curso académico podemos concluir que los principales implicados (tutores y alumnado) aún no han asimilado completamente la necesidad o las ventajas de estos sistemas de orientación. Quizás el alumnado aún desconfía del sistema por pensar quizás que es una forma de controlar, evaluar o supervisar el trabajo que realiza diariamente en sus estudios, y por otro lado, el profesorado considera que no tiene la formación necesaria para ofrecer este tipo de tutorización [6].

## Referencias

- [1] Pedro Ricardo Álvarez Pérez y Miriam Catalina González Afonso. Los Planes de Tutoría en la Universidad: una guía para su implantación. Servicios de Publicaciones de la Universidad de La Laguna 2006.
- [2] Manual del Sistema de Garantía Interna de Calidad de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. [http://www.ull.es/view/centros/etsii/Manual\\_de\\_calidad](http://www.ull.es/view/centros/etsii/Manual_de_calidad)
- [3] Contextos Educativos y Acción Tutorial. Ministerio de Educación y Ciencia, 2004.
- [4] María Luisa Rodríguez Moreno. Hacia una nueva orientación universitaria: modelos integrados de acción tutorial, orientación curricular y construcción del proyecto profesional. Edicions Universitat Barcelona, 2002.
- [5] M. Dolores Santana Lario et al. Plan de acogida y orientación disciplinar de la Facultad de Química. En *Experiencias de innovación educativa en la Universidad de Murcia*, pp. 397 – 410, 2008.
- [6] Benito del Rincón Igea. Tutorías personalizadas en la Universidad. Ediciones de la Universidad de Castilla - La Mancha, 2000.

# **Aplicación de las TIC al proceso de enseñanza-aprendizaje**



# Experiencias de utilización de aplicaciones móviles para la mejora de la participación del alumnado

Carlos Guerrero   Isaac Lera   Antoni Jaume-i-Capó   Carlos Juiz  
Departament de Matemàtiques i Informàtica.  
Universitat de les Illes Balears  
07122 Palma de Mallorca  
{carlos.guerrero, isaac.lera, antoni.jaume, cjuiz}@uib.es

## Resumen

La utilización de *clickers* en el entorno educativo universitario no es novedosa aunque las versiones antiguas de *clickers* llevaban consigo toda una serie de inconvenientes como era la infraestructura, recogida de la información, utilización, etc. Con la generalización del uso de los móviles inteligentes, han aparecido aplicaciones que simulan el comportamiento de los *clickers* tradicionales. Estas aplicaciones resuelven muchos de los problemas de las experiencias anteriores. Pero además, por las características propias de los dispositivos móviles, la utilización de estos *clickers* puede aplicarse en nuevos ámbitos, como por ejemplo, el de intentar buscar una mayor participación de los alumnos durante el desarrollo de las clases. En este artículo se presentan y analizan una serie de experiencias que se han llevado a cabo para utilizar estos dispositivos, ya no solo para la evaluación de los alumnos, si no también para mejorar la interacción entre el profesor y el alumno. Igualmente, se han realizado estudios estadísticos que muestran indicios de mejoría en la participación del alumnado en las clases con estos dispositivos.

## Abstract

Clickers for e-learning at Universities is not a novelty and past drawbacks, e.g., the necessary IT infrastructure and information process, have been overpassed due to the explosion of the smart phone market. There are smart phone applications that simulate the traditional behavior of clickers. These applications not only solve the above mentioned drawbacks but also improve the participation of university students at classroom. In this paper, we present and analyze a set of experiments that have been carried out using these applications. Additionally, we have observed that these applications improve the interaction among professors and students. The paper includes a statistical study showing trends about these improvements.

## Palabras clave

clickers, participación en clase, motivación alumnado, socrative, aplicaciones móviles, teléfonos inteligentes.

## 1. Introducción

En este trabajo se presenta un estudio inicial sobre las bondades de utilizar aplicaciones móviles para mejorar la participación y el aprendizaje de los alumnos. El estudio parte de la creencia que existe entre el profesorado de que algunos alumnos, especialmente en cursos iniciales, no participan en clase por timidez o por estar cohibidos delante del profesor o de sus compañeros. Una de las responsabilidades del docente es mejorar y detectar la falta de participación de los alumnos. Este trabajo está orientado a comprobar la validez de las herramientas móviles como ayuda al profesor para acometer estas responsabilidades.

Tradicionalmente se han utilizado sistemas de respuesta de audiencia (*audience response systems*, ARS), más conocidos como *clickers*, para evaluar las actividades entre los alumnos, el grado de concentración, la interacción entre ellos y el docente, y en la resolución de problemas. Estas herramientas también han sido implementadas como aplicaciones en los teléfonos móviles lo que supone una reducción de costes y de logística. Además, estas aplicaciones son más versátiles y se pueden aplicar en otros tipos de actividades. Nosotros proponemos el uso de las mismas para que los alumnos participen más activamente durante las explicaciones de las clases presenciales.

Existen aplicaciones como *Socrative* [2], que permiten a los alumnos formular preguntas de forma anónima a través de la aplicación. De esta forma el alumno no debería de sentirse cohibido a la hora de preguntar. También pensamos que como consecuencia de aumentar la participación de los alumnos en las clases se puede conseguir un mejor rendimiento y aprendizaje de los alumnos. Por todo esto, nuestras hipótesis de traba-

jo son que el uso de herramientas móviles puede mejorar la participación de los alumnos durante las clases y, en consecuencia, aumentar el número de alumnos que realizan los ejercicios y el total de ejercicios resueltos de forma correcta.

Para contrastar estas hipótesis hemos presentado una serie de experimentos en los que a un mismo grupo de alumnos se les ha evaluado la participación sin utilizar la aplicación móvil y utilizándola en otro tema distinto de la asignatura. Posteriormente se han estudiado de forma estadística las diferencias significativas entre los puntos de observación del experimento.

Los resultados de los experimentos nos han hecho pensar que existen evidencias de que el uso de dichas aplicaciones móviles puede mejorar el grado de participación de los alumnos en clase. Por el contrario, los resultados sobre el aprendizaje del alumnado a raíz de una mayor participación no son tan concluyentes.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección 2 se explican experiencias docentes anteriores con herramientas similares y alternativas de implementación de *clickers*; en la Sección 3 se explican los detalles de como se han realizado los experimentos, los instrumentos utilizados y el diseño del experimento; la Sección 4 muestra los resultados obtenidos en el experimento y su posterior tratamiento; el análisis de los resultados se lleva a cabo en la Sección 5, además de una serie de comentarios sobre la experiencia de los docentes a la hora de utilizar la herramienta seleccionada; y finalmente, en la Sección 6, mostramos las conclusiones del trabajo y planteamos alternativas de trabajo futuro.

## 2. Estado del arte

Existen varios trabajos que utilizan dispositivos para conocer y disponer de información directa de la evaluación docente y del alumnado. Recogemos algunos de estos trabajos divididos en dos grandes grupos. En primer lugar aquellos que analizan la importancia de las herramientas para mejorar la interacción y la participación. En un segundo grupo incluimos los artículos que analizan los *clickers*.

La propuesta de Riesco y Díaz [10] se centra en el uso de herramientas de interacción implementadas directamente en las computadoras de las aulas. El objetivo se centraba en aumentar la atención de los alumnos durante la explicación del profesor y que los alumnos aprovecharan mejor las clases. La metodología utilizada se basaba en el uso de un pequeño cuestionario interpuesto a lo largo de la explicación teórica para obtener una respuesta sencilla y rápida. Las preguntas se muestran a medida que el profesor desee hacerlo y el alumno va respondiendo. Otra evaluación fue la realización de un concurso donde se premiaba la rapidez en

la respuesta. Los resultados presentados son subjetivos pues no se menciona si ha habido una evaluación por parte del alumnado de la mejora de su participación y comprensión de la materia con esta herramienta. Uno de los inconvenientes que citan es la imposibilidad de contar con una infraestructura común a lo largo de las clases y de los múltiples fallos del aplicativo.

McAlister et al. [8] presentan una herramienta para la argumentación basada en el trabajo colaborativo y juegos de diálogo. Bajo su experiencia y en opinión de sus alumnos mostraron que el proceso de argumentación y, por ende el de interacción, era más coherente, variado y extenso que sin utilizar esta herramienta. Ellos emplearon la herramienta de código abierto llamada *AcademicTalk* basada en un cliente IRC de chat. Esta herramienta cuenta con una interfaz similar a la de un foro lo que posibilitaba una comunicación asíncrona. Se puede utilizar durante el desarrollo de una clase para la comunicación entre el alumnado y posibilita la realización de preguntas, pero no facilita la extracción automática de resultados y requiere el uso de un ordenador. Su repertorio de pruebas se basaba en un conjunto de cuestiones y replicas constantes con el alumnado, creando conflictos para motivarles aún más. En sus resultados destacamos la alta participación del alumnado y el reducido número de entradas ajenas al temario de la asignatura, un 1 % no correspondían a la temática.

Kern et al. [7] desarrollaron una herramienta de observación con el objetivo de medir el trabajo colaborativo de un grupo de estudiantes. Basado en el trabajo de Johnson et al. [6], las características a observar fueron: la actitud de interdependencia, la aportación individual, el procedimiento ante el grupo (función, objetivos,...), las actitudes sociales y la promoción de la interacción. La herramienta permitió evaluar todos estos atributos de manera formal y también la inmediatez en la toma de notas. Fue una herramienta basada en el registro de la actividad y comportamiento del alumnado. Podemos considerarlo como un mero repertorio de formularios que no posibilitaban la interacción.

En el segundo grupo de trabajos analizamos aquellos casos en los que se ha analizado los dispositivos *clickers*. El trabajo de Caldwell [4] es una recopilación de trabajos relacionados con los sistemas basados en *clickers*. Incluye temas como la motivación de su uso, su evolución y una serie de ejemplos donde se muestra la bondad de estos dispositivos.

Beth et al. [9] realizaron un estudio sobre la eficacia de los *clickers* donde el número de participantes fue de alrededor de 1290 alumnos. La eficacia venía dada por la participación del alumnado con este tipo de herramientas. Hicieron una comparativa de dos grupos unos con *clickers* y otro sin ellos usando el método tradicional de levantar la mano. A partir de una serie de

cuestiones sobre la experiencia del alumnado vieron que apenas había una mejora en la participación. Resaltamos algunas de sus consideraciones que tuvimos en cuenta durante nuestra experimentación. Una es la posibilidad de crear ansiedad en el alumnado cuando se realizan tales cuestiones y conllevan un peso en la nota. Otra consideración fue la creación de esporádicos grupos de conversaciones (*chats*) ajenos a la temática de la asignatura. Su trabajo contradice el trabajo de McAlister et al. [8].

Álvarez y Llosa [11] utilizaron mandos de radio frecuencia de la empresa *Turning Technologies* con un coste de 100€/mando. Como se puede apreciar a simple vista, esta infraestructura tiene el inconveniente del coste elevado del mando, su disponibilidad y distribución cuando el número de mandos es menor que el de alumnos. Los mandos son unos dispositivos sencillos compuestos por una serie de teclas donde el ritmo de interacción la marcaba el profesor a través de una aplicación proyectada e independiente a la gestión del mando. Esto requiere un estudio a posterior de los resultados. Esta manera asíncrona de interactuar presenta problemas por las diferentes situaciones que se dan en clase: hay alumnos que responden antes y han de esperar a que el profesor cambie de pregunta; otros alumnos más rezagados desconocen la pregunta que se está respondiendo, etc. A diferencia de nuestro estudio, el uso de móviles permite que cada alumno disponga de su propio contexto gracias a la pantalla. Además, no se muestran tan recelosos a la hora de interactuar con un dispositivo cotidiano y propio. Los autores perciben gracias a la herramienta que el alumno es más participativo, consciente de la realización de los ejercicios y puede verse una ligera mejoría en el número de aprobados respecto al grupo piloto.

### 3. Material y método

Para la realización de los experimentos utilizaremos una aplicación de móvil que funciona de la misma forma que los *clickers* tradicionales. Esta aplicación es *Socrative*. *Socrative* dispone de dos módulos separados, por un lado la aplicación para profesores y por otro la aplicación para estudiantes. La aplicación es multiplataforma y está disponible tanto para utilizarse desde un navegador web, como desde un dispositivo Android o iPhone.

La aplicación para profesores es en la que el docente se ha de identificar utilizando usuario y contraseña. Tras llevar a cabo esta acción, al docente se le asigna un número de aula (*room number*) que es con el que identificará el espacio virtual donde se llevará a cabo la interacción con los alumnos. Una vez identificado, el docente puede crear distintos tipos de actividades que serán mostradas en la aplicación del alumno. Estas ac-

tividades se engloban en dos grandes grupos: preguntas individuales o cuestionarios.

Las preguntas individuales están pensadas para ser creadas de forma rápida para responder algún tipo de pregunta que ha enunciado el profesor de viva voz en el aula. Los tipos de respuestas posibles son de selección múltiple, de verdadero o falso y de respuesta de texto libre. Como hemos dicho, en estas preguntas no se mostrará ningún enunciado en el dispositivo del alumno pues están pensadas para responder preguntas durante la clase.

Por otro lado, los cuestionarios están pensados para llevar a cabo una actividad en la que el alumno tenga que responder más de una pregunta. Por lo que las preguntas de un cuestionario deberán de ser creadas anteriormente a la clase, escribiendo el enunciado de cada una de ellas. Los tipos de preguntas disponibles son los mismos que en el apartado anterior. Tanto en el caso anterior como en éste, el docente recibe un resumen detallado de las respuestas realizadas por los alumnos una vez que se ha finalizado la actividad.

Otro elemento a destacar son los denominados *tickets* de salida. Es un cuestionario pre-configurado en la aplicación cuyo objetivo es que el docente reciba una retroalimentación rápida del aprendizaje de los alumnos durante una sesión de clase.

Al inicio de la aplicación de estudiantes la única opción disponible para los alumnos es la introducción del número de aula que les indique el profesor. Una vez que lo han introducido la aplicación queda en espera de los cuestionarios o preguntas que vaya activando el profesor. Cuando éstas son activadas, dicha actividad aparecerá en el dispositivo del alumno y éste podrá responderla.

De entrada, podríamos llevarnos la impresión de que este tipo de aplicación que simula el comportamiento de los *clickers* no nos puede ofrecer más posibilidades que los utilizados tradicionalmente y que sirven únicamente para responder preguntas. Pero sus posibilidades son mucho más amplias.

Por ejemplo, en nuestras actividades hemos utilizado las preguntas de texto libre para dar la opción a los alumnos a preguntar durante la explicación del profesor. Para ello, cuando el profesor inicia la explicación de algún contenido deja abierta una pregunta de respuesta de texto libre y si algún alumno quiere hacer alguna pregunta puede hacerlo a través de la aplicación. Esto podría ser bueno para alumnos de primeros cursos en los que son más reticentes a preguntar de viva voz en el aula por un tema de timidez. Como las respuestas son anónimas también podría ser ideal para casos en los que el alumno detecta que hay algún conocimiento básico o trivial que no entiende, pero que por vergüenza ante el profesor o sus propios compañeros, no se atreve a preguntar.

Bloque de contenidos	Tarea	Métricas	Socrative
$BC_a$	Explicación de los contenidos	Dudas de la explicación	$P_a$ No
	Primer ejercicio $E_i$	Respuestas alumnos	$R_i; C_i$ No
		Dudas de la resolución	$D_i$ No
	Segundo ejercicio $E_j$	Respuestas alumnos	$R_j; C_j$ Sí
Dudas de la resolución		$D_j$ No	
$BC_b$	Explicación de los contenidos	Dudas de la explicación	$P_b$ Sí
	Tercer ejercicio $E_k$	Respuestas alumnos	$R_k; C_k$ Sí
		Dudas de la resolución	$D_k$ Sí

Cuadro 1: Resumen del experimento diseñado.

Métricas	Socrative	$E_1$	$E_2$	$E_1$ (%)	$E_2$ (%)	
Alumnos totales	$t$	–	18	33	18/18 (100,00 %)	33/33 (100,00 %)
Alumnos con Socrative	$n$	–	17	28	17/18 (94,44 %)	28/33 (84,84 %)
Dudas de la explicación	$P_a$	No	3	2	3/18 (16,67 %)	2/33 (6,06 %)
Respuestas totales	$R_i$	No	13	26	13/18 (72,22 %)	26/33 (78,79 %)
Respuestas correctas	$C_i$	No	12	20	12/18 (66,67 %)	20/33 (60,60 %)
Dudas de la resolución	$D_i$	No	2	2	2/18 (11,11 %)	2/33 (6,06 %)
Respuestas totales	$R_j$	Sí	17	24	17/17 (100,00 %)	24/28 (85,71 %)
Respuestas correctas	$C_j$	Sí	11	12	11/17 (64,71 %)	12/28 (42,86 %)
Dudas de la resolución	$D_j$	No	0	0	0/18 (0,00 %)	0/33 (0,00 %)
Dudas de la explicación	$P_b$	Sí	6	6	6/17 (35,29 %)	6/28 (29,43 %)
Respuestas totales	$R_k$	Sí	18	28	17/17 (100,00 %)	28/28 (100,00 %)
Respuestas correctas	$C_k$	Sí	10	16	10/17 (58,82 %)	16/28 (57,14 %)
Dudas de la resolución	$D_k$	Sí	2	4	2/17 (19,76 %)	4/28 (14,29 %)

Cuadro 2: Resultados obtenidos en el experimento.

Otra posibilidad es la utilización de los cuestionarios preconfigurados para llevar a cabo actividades de coevaluación entre los compañeros. Compañeros de nuestra universidad han hecho pruebas con este tipo de actividades y han quedado muy satisfechos. De esta forma se gana inmediatez en la obtención de los resultados, garantía de anonimato, facilidad en el tratamiento de los resultados por parte del profesor y retroalimentación rápida de los alumnos evaluados. Los resultados individuales pueden ser recuperados en una hoja de cálculo por parte del profesor.

En este estudio se llevó a cabo un experimento para valorar la utilización de la aplicación para facilitar la participación de los alumnos durante el desarrollo de las clases. Se estudió el uso tanto en clases de explicación de contenidos como de resolución de problemas.

El experimento se desarrolló a lo largo de una clase en la que se realizaría la explicación de dos bloques de contenidos ( $BC_a$  y  $BC_b$ ) además de tres actividades de resolución de problemas ( $E_i$ ,  $E_j$  y  $E_k$ ). Los dos primeros problemas estaban relacionados con el primer bloque de contenidos. El último problema estaba relacionado con el segundo bloque de contenidos. Durante las explicaciones de los bloques de contenidos se cal-

culó el número de preguntas que realizaron los alumnos ( $P_a$  y  $P_b$ ).

En la realización de los problemas podemos diferenciar tres partes importantes para el experimento que hemos planteado. La primera hace referencia a la resolución de los problemas por parte de los alumnos. La dinámica consistía en plantear un problema a resolver en clase durante un tiempo limitado. Una vez acabado este tiempo, se evaluaba el número de alumnos que habían resuelto el problema. El profesor explicaba inmediatamente la solución en la pizarra. Durante dicha explicación se admitían preguntas y dudas que el profesor resolvía durante la propia explicación del problema. Finalmente, se medía el número de alumnos que habían respondido correctamente. De esta forma se medían tres valores por cada resolución de ejercicios, el número de alumnos que dieron respuesta al problema ( $R_i$ ,  $R_j$  y  $R_k$ ), el número de respuestas correctas ( $C_i$ ,  $C_j$  y  $C_k$ ) y el número de dudas formuladas por los alumnos durante la resolución por parte del profesor ( $D_i$ ,  $D_j$  y  $D_k$ ).

Para comparar la participación de los alumnos utilizando la herramienta con un escenario tradicional en el que el alumno interviene de viva voz durante la cla-

se se intercaló el uso de la herramienta *Socrative* en los distintos puntos del experimento. Por ejemplo, para el caso de las explicaciones de contenidos del primer bloque  $BC_A$  los alumnos realizaron las preguntas de la forma tradicional, levantando la mano y preguntando. Por el contrario, en la segunda explicación se dejó abierta una pregunta de respuesta con texto libre en *Socrative* para que los alumnos pudieran preguntar lo que quisieran utilizando dicha aplicación.

En el caso de la primera resolución de ejercicios no se utilizó la aplicación. Por el contrario, en el último ejercicio se utilizó para los tres casos. En primer lugar se ofreció una pregunta de respuesta múltiple para que los alumnos respondieran con su solución del problema. De esta forma se midió tanto el número de soluciones como las que fueron correctas. Durante la resolución del problema se abrió de nuevo una pregunta de respuesta libre. Ésta se utilizó para preguntar las dudas de los alumnos. En el caso del segundo problema se planteó un caso intermedio. Se utilizó *Socrative* para recolectar el número de respuestas y no se utilizó para que los alumnos preguntaran durante la resolución.

En el Cuadro 1 podemos ver de forma más resumida como se ha diseñado el experimento y las métricas que se han medido. También se han tenido en cuenta el número total de alumnos en la clase ( $t$ ) y el número de alumnos que podían participar en el uso de *Socrative* ( $n$ ) ya sea mediante el uso de un teléfono inteligente o de un ordenador portátil.

Todas las fases del experimento se han repetido dos veces en dos asignaturas distintas con dos grupos de alumnos distintos. Un grupo estaba formado por 18 alumnos y el otro por 33. Los dos experimentos se han realizado durante el primer cuatrimestre del curso 2012/13 en los estudios de informática de la *Universitat de les Illes Balears*. El primero de ellos ( $E_1$ ) se realizó en la asignatura *Evaluación del Comportamiento de Sistemas Informáticos* de tercer curso y el segundo de ellos en la asignatura *Arquitectura de Computadores* de cuarto curso ( $E_2$ ). Ambas asignaturas son troncales y el profesorado es distinto.

## 4. Resultados

Los resultados del experimento se han mostrado tanto en valores absolutos como en valores relativos (tantos por ciento). Es importante tener en cuenta que, para las actividades en las que no se utilizaba *Socrative*, podían participar todos los alumnos. Sin embargo, en aquellas actividades donde se ha utilizado el software sólo hay que tener en cuenta como número total de alumnos aquellos que disponían de portátil o móvil (17 y 28 alumnos en cada uno de los grupos).

Finalmente es necesario comprobar si existen diferencias significativas intra-grupo para los casos en los

Métricas	$\chi^2$	$P$
$P_a$	2,426	0,1194
$R_i$	1,358	0,2439
$C_i$	0,428	0,5130
$D_i$	0,822	0,3645
$R_j$	–	–
$C_j$	5,433	0,0198
$D_j$	–	–
$P_b$	2,267	0,1322
$R_k$	–	–
$C_k$	0,008	0,9268
$D_k$	0,309	0,5784

Cuadro 3: Resultados del test de Chi-cuadrado para los estudios inter-grupo.

que se ha utilizado *Socrative* comparado con los que no se ha utilizado y comprobar si no hay una diferencia significativa entre los dos grupos de alumnos (inter-grupo). Para llevar a cabo esta evaluación se ha utilizado el test de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ). Mediante este método se puede comprobar si las variables estudiadas son estadísticamente independientes. El test de  $\chi^2$  nos ofrece la probabilidad de concurrencia. El valor límite de esta probabilidad generalmente aceptado es de  $P = 0,05$  para comprobar si hay una diferencia significativa entre las variables estudiadas [5]. Cuando la probabilidad de concurrencia obtenida es menor que este valor existen diferencias entre las variables estudiadas y, por tanto, la asociación es significativa. En conclusión, las muestras observadas no pertenecen a la misma distribución de los valores esperados.

En el Cuadro 3 vemos los resultados obtenidos en el test calculado con GraphPad [1]. Hemos fijado uno de los dos grupos de estudiantes como las muestras esperadas de nuestra variable independiente y el otro como las muestras obtenidas realmente. Nuestra hipótesis marca que en estos casos los dos grupos no deben de presentar diferencias significativas, es decir, valores altos de la probabilidad de concurrencia  $P$ . Por el contrario, en el Cuadro 4 está la comparación entre los experimentos donde se ha utilizado *Socrative* con los que no. Uno de los dos casos se ha utilizado para el cálculo de los valores esperados y el otro para los casos de valores observados. En estos casos sí que se espera que se obtengan diferencias significativas en las muestras.

## 5. Discusión

La parte de discusión de resultados la vamos a dividir en dos bloques fundamentales. Por un lado trataremos el análisis y discusión de los resultados estadísticos obtenidos en las métricas utilizadas para medir

Métricas	$\chi^2$	$P$
$P_a$ vs. $P_b$	14,482	0,0001
$R_i$ vs. $R_j$ y $R_k$	18,178	0,0001
$C_i$ vs. $C_j$ y $C_k$	2,623	0,1053
$D_i$ y $D_j$ vs. $D_k$	10,685	0,0011

Cuadro 4: Resultados del test de Chi-cuadrado para los estudios intra-grupo.

la participación de los alumnos. En una segunda fase analizaremos la experiencia de los profesores a partir de comentarios e impresiones de la utilización de la herramienta. Esta parte de discusión es totalmente subjetiva pero la consideramos igual de importante dentro de las aportaciones de este artículo.

### 5.1. Resultados estadísticos

La hipótesis de nuestro estudio se basa en que el uso de *Socrative* ayuda y favorece la participación de los alumnos en las clases que se llevan a cabo de forma presencial. Para ello hemos hecho distintas mediciones de la participación de los alumnos alternando el uso de la herramienta *Socrative*. En el análisis de los resultados hemos de comprobar si existe una diferencia entre los alumnos cuando han utilizando la herramienta y cuando no. Para ello se ha llevado a cabo un estudio estadístico basado en el test de la Chi-cuadrado.

La parte estadística de este estudio tiene como objetivo ver la existencia de diferencias significativas entre los resultados obtenidos en las actividades en las que se ha utilizado la aplicación de móvil y aquellas en las que no se ha utilizado (estudio intra-grupo). Ya que los datos se han obtenido de dos grupos de alumnos distintos, también es necesario saber si los resultados obtenidos en los dos grupos siguen la misma distribución, para ello se ha de comprobar que en este caso, a diferencia del anterior, las diferencias entre los grupos no sean significativas (estudio inter-grupo).

La existencia de diferencias significativas entre dos variables se refleja en el hecho de que el valor de la probabilidad de concurrencia  $P$  del test de la Chi-cuadrado sea menor que 0,05. Por el contrario, para valores superiores nos encontramos que no existen diferencias significativas y que, por tanto, las muestras de ambas variables siguen un mismo patrón. Aplicando esto a nuestro caso resulta que para validar nuestra hipótesis alternativa deberíamos obtener valores de  $P$  mayores de 0,05 en el estudios inter-grupos y valores inferiores en los estudios intra-grupo.

En los resultados de la sección anterior presentamos tanto variables que miden la intervención de los alumnos en clase como otras que intentan reflejar el grado de aprendizaje de los alumnos. En el primer grupo se

incluyen las que miden el número de preguntas realizadas al profesor por parte de los alumnos ( $P_x$  y  $D_x$ ). En el segundo grupo están las que miden el número de alumnos que resuelven las actividades y cuales de ellos lo hacen de forma correcta ( $R_x$  y  $C_x$ ). Por ello vamos a analizar por separado ambos casos.

Para el caso de las variables que miden las intervenciones de los alumnos en el estudio inter-grupos vemos que los valores de  $P$  están por encima de 0,05 para todas ellas menos una ( $P_a$ ,  $P_b$ ,  $D_i$  y  $D_k$ ). En el caso de esta última,  $D_j$ , no se ha podido calcular el test de Chi-cuadrado ya que en ambos casos nos encontramos con una participación del 100 %. De todas formas, este dato también contrasta que el comportamiento de los alumnos en ambos grupos ha sido igual.

En el caso del análisis intra-grupos vemos que los valores de  $P$  son inferiores a 0,05 también en ambos casos. Con lo que podemos afirmar que existen diferencias significativas entre ambos casos. Por tanto, los alumnos no tienen el mismo comportamiento cuando utilizan la aplicación *Socrative* a cuando sí la utilizan. El porcentaje de preguntas realizadas es mayor en los casos de utilización de *Socrative* tanto a la hora de explicar un contenido como a la hora de resolver dudas en la resolución de problema. De esta forma queda reflejado que hay indicios de que el uso de esta herramienta conlleva asociado una participación mayor de los alumnos en el desarrollo de una clase presencial.

Finalmente analizamos el caso de las variables que miden la realización de las actividades de los alumnos y la corrección de dichas actividades. Estas métricas se han llevado a cabo con la intención de medir si el proceso de aprendizaje ha sido mejor en el caso de utilizar *Socrative*. Esta hipótesis se basa en el hecho de que si el alumno pregunta más usando el móvil, como ha quedado reflejado en la hipótesis anterior, se supone que su aprendizaje será mayor. Y si el aprendizaje de los alumnos es mayor, habrá un número mayor de alumnos que resolverán más ejercicios y el número de ejercicios resueltos de forma correcta también será mayor.

Para contrastar esta hipótesis hemos estudiado las variables  $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ,  $C_i$ ,  $C_j$  y  $C_k$ . En primer lugar lo que vemos es que entre las respuestas a la primera pregunta de los dos grupos  $C_i$  existe una diferencia significativa pues el valor de  $P$  es de 0,0198, hecho que nos indica que ambos grupos se han comportado de forma distinta con lo que no se cumple el primer requerimiento que indica que ambos grupos han de ser homogéneos. El resto de experimentos sí que mantiene una igualdad entre ambos grupos experimentales (los dos grupos de alumnos o clases).

A la hora de comparar las actividades en las que se ha utilizado *Socrative* con las que no (intra-grupo), nos encontramos con que no existe una diferencia signifi-

cativa de estas variables. De esta forma podemos afirmar que para el caso que hemos estudiado no se observa ningún tipo de mejora en los resultados de los ejercicios de los alumnos. Por eso no podemos concluir nada sobre si el uso de la aplicación móvil mejora los resultados obtenidos por los alumnos. Igualmente no podemos asegurar que el aumento de la participación obtenido con la utilización de la herramienta móvil conlleve asociado un aprendizaje mayor.

En cuanto a la segunda variable de medición de grado de realización de actividades ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ), la que mide el número de alumnos que han dado respuesta a los ejercicios ya sea de forma correcta o incorrecta, vemos que se cumplen las condiciones de diferencia significativa intra-grupal y no significativa en inter-grupal. Así que puede existir alguna evidencia de que el uso de *Socrative* genere un número de alumnos que llevan a cabo los ejercicios. En cualquier caso, los resultados para la medición del aprendizaje de los alumnos son poco concluyentes y en este proceso influyen muchas otras variables externas.

## 5.2. Experiencia docente

La primera preocupación con la que nos encontramos ante la utilización de este tipo de herramientas fue con el hecho de excluir a una serie de alumnos por no disponer de móvil o portátil. Analizando los números vemos que el porcentaje de alumnos que no disponen de estas herramientas es muy bajo, de hecho, menor de lo que esperábamos. Una práctica positiva para el futuro sería comprobar previamente que todos los alumnos tienen acceso de una u otra forma a la aplicación y, si esto no es así, trasladar la clase a un aula con ordenadores donde todos los alumnos puedan participar. En cualquier caso, hay que conseguir que ningún alumno quede excluido ya que de no ser así se conseguiría el efecto contrario del buscado con esta herramienta.

Un segundo tema a comentar son algunos problemas técnicos sufridos durante la utilización de la herramienta. Uno de los profesores tuvo problemas con la aplicación ya que ésta se desconectaba continuamente y, por tanto, a los alumnos no les aparecía la actividad (*room*). Podemos pensar que estos problemas se debían a algún tipo de fallo de conexión de la aplicación del profesor (*Socrative lecturer*) al utilizarla desde un móvil con conexión 3G. El otro profesor utilizó un ordenador portátil con conexión wifi y no experimentó ningún problema.

Un hecho positivo y que nos sorprendió es que los alumnos se adaptaron muy rápidamente a la utilización de la herramienta. Pensábamos que la dinámica de utilizarla sería más lenta pero sin prácticamente ningún tipo de explicación los alumnos fueron capaces de utilizarla. Así que el tiempo utilizado para explicar el funcionamiento de la aplicación fue mínimo ya que ésta

resultó ser de una alta usabilidad y muy intuitiva.

Como punto final comentar alguna de las ideas que nos han surgido durante la realización de las actividades. Una de las que nos parece más interesante es la de compartir con los alumnos el visionado de la aplicación del profesor con un proyector. En esta parte de la aplicación aparecen las respuestas que van dando los alumnos de forma interactiva e inmediata mediante el uso de gráficos, listados, etc. Esto podría servir para llevar a cabo juegos entre los alumnos a la hora de realizar actividades, motivando al alumnado a dar una respuesta rápida y correcta de los ejercicios planteados. Ha quedado demostrado en muchos estudios que la utilización de juegos mejora el aprendizaje de los alumnos [3, 4].

## 6. Conclusión

En este trabajo hemos intentado mostrar evidencias de que la utilización de aplicaciones móviles como *Socrative* facilitan a los alumnos la participación en las clases presenciales y que, por tanto, su participación en las mismas también mejora. Para ello hemos diseñado un experimento compuesto de varias fases y ejercicios en los que se ha ido alternando la utilización de la herramienta estudiada con los métodos tradicionales de participación de los alumnos, es decir, levantar la mano y hacer una intervención de viva voz. En el experimento se han medido una serie de métricas para evaluar la participación de los alumnos a la hora de realizar preguntas, resolver ejercicios y tenerlos resueltos de forma correcta. Finalmente, el experimento diseñado se ha realizado sobre dos grupos de alumnos distintos.

Hemos podido comprobar que existen evidencias de que la utilización de la herramienta *Socrative*, o cualquier otro tipo de herramientas similares a los *clickers*, aumenta el número de preguntas que hacen los alumnos al profesor durante la realización de la clase. Por el contrario, no hemos podido concluir nada sobre el estudio de este aumento en la participación tenga como consecuencia una mejora en el proceso de aprendizaje ya que no hemos constatado un aumento del número de ejercicios resueltos. Se deberían de diseñar más experimentos y aumentar el número de los realizados para conseguir ver si existe un aprendizaje mayor entre el alumnado cuando se usan este tipo de herramientas. De la misma forma sería interesante medir la calidad de este aprendizaje.

Las evidencias encontradas nos hacen pensar que existe una relación causa-efecto y que este tipo de herramientas podría ofrecer más ventajas a los profesores para conseguir mitigar los inconvenientes de la no participación de los alumnos en clase. Como trabajo futuro proponemos estudiar de forma más profunda este tipo de herramientas mediante el aumento de la muestra

utilizada, la mejora de la estratificación de las muestras y una modificación de la variable independiente que garantice una mayor fiabilidad en el estudio.

Como segundo grupo de trabajos futuros incluimos el hecho de intentar integrar esta herramienta también en la realización de otros tipos de prácticas, como por ejemplo, la co-evaluación entre iguales. Algunos de los compañeros de nuestra universidad ya han llevado a cabo algún tipo de experiencia con las que han quedado muy satisfechos.

## Agradecimientos

Trabajo cofinanciado por el Departamento de Matemáticas e Informática de la Universitat de les Illes Balears y por el proyecto "Aplicaciones móviles para la mejora de la participación de los alumnos en actividades en el aula" de la convocatoria de "Projectes d'innovació i millora de la qualitat docent 2012-2013" del Vicerrectorado de Docencia y Calidad de la Universitat de les Illes Balears. También queremos agradecer la ayuda de los compañeros de departamento que, a través de los seminarios de docencia que se organizan, han aportado ideas y ayuda a los experimentos llevados a cabo.

## Referencias

- [1] Graphpad software. <http://graphpad.com/quickcalcs/chisquared1/>, 2013.
- [2] Socrative environment. <http://www.socrative.com/>, 2013.
- [3] Alan Amory, Kevin Naicker, Jacky Vincent, and Claudia Adams. The use of computer games as an educational tool: identification of appropriate game types and game elements. *British Journal of Educational Technology*, 30(4):311–321, 1999.
- [4] Jane E. Caldwell. Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips. *CBE-Life Sciences Education*, 6(1):9–20, 2007.
- [5] Priscilla E. Greenwood and Michael S. Nikulin. *A Guide to Chi-Squared Testing (Wiley Series in Probability and Statistics)*. Wiley, New York, NY, 1 edition, 1996.
- [6] D.W. Johnson, R.T. Johnson, and E. Holubec. *Cooperation in the Classroom*. Edina, MN: Interaction book company, 1991.
- [7] A.L. Kern, T.J. Moore, and F.C. Akillioglu. Cooperative learning: Developing an observation instrument for student interactions. In *Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports (FIE)*, 2007.
- [8] Simon Mcalister, Andrew Ravenscroft, and Eileen Scanlon. Combining interaction and context design to support collaborative argumentation using a tool for synchronous cmc. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(3):194–204, 2004.
- [9] Beth Morling, Meghan McAuliffe, Lawrence Cohen, and Thomas M. DiLorenzo. Efficacy of personal response systems ("clickers") in large, introductory psychology classes. *Teaching of Psychology*, 35(1):45–50, 2008.
- [10] Miguel Riesco and Marián Díaz. Sistema docente de realimentación inmediata en clases prácticas. In *Actas de las XI jornadas de enseñanza universitaria de la informática (JENUI)*, volume 1, pages 29–36, 2005.
- [11] Carlos Álvarez and Josep Llosa. Uso de mandos interactivos para la evaluación formativa con realimentación rápida. *ReVisión - Revista de AE-NUI de investigación en Docencia Universitaria de la Informática*, 3(2):7–16, 2010.

# Un modelo de colaboración docente interuniversitaria entre estudiantes y profesores

José Miguel Blanco

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Universidad del País Vasco, UPV/EHU  
Donostia-San Sebastián  
josemiguel.blanco@ehu.es

César Domínguez

Dpto. de Matemáticas y Computación  
Universidad de La Rioja  
Logroño  
cesar.dominguez@unirioja.es

Juan José Olarte

Dpto. de Matemáticas y Computación  
Universidad de La Rioja  
Logroño  
jjolarte@unirioja.es

Arturo Jaime

Dpto. de Matemáticas y Computación  
Universidad de La Rioja  
Logroño  
arturo.jaime@unirioja.es

Ana Sánchez

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Universidad del País Vasco, UPV/EHU  
Donostia-San Sebastián  
ana.sanchez@ehu.es

## Resumen

En este trabajo se presenta y analiza un modelo de colaboración entre estudiantes y profesores de dos universidades distantes y de tipo presencial. Se identifican potencialidades, dificultades y elementos clave para que la experiencia sea viable, capaz de lograr los objetivos que se pretendan y sostenible en el tiempo.

La competencia de colaboración en equipo mediada por las TIC, habitual en los estudios a distancia, resulta artificial al implantarla en los estudios presenciales. Nuestra propuesta trata de que este tipo de colaboración pueda incorporarse a las universidades presenciales de una forma más natural.

La idea central de nuestra propuesta es poner a trabajar juntos a estudiantes de dos universidades. Deberían realizar las actividades seleccionadas de forma conjunta y coordinada. La pretensión es que sus conocimientos queden mejor asentados y que el formato de colaboración influya positivamente en su rendimiento académico, potencie el interés hacia la asignatura y mejore algunas competencias transversales como la comunicación y el trabajo en equipo.

## Abstract

This paper presents and analyzes a collaboration model between students and instructors from two distant and face-to-face universities. We identify potentialities, challenges and key elements for a

viable experience, capable of achieving the intended objectives and sustainable over time.

The capability of collaboration in a team using ICT tools is commonly worked in distance learning courses. However, the use of the same approach seems artificial in the frame of face-to-face studies. Our proposal tries to incorporate this type of collaboration in face-to-face universities in a more natural way.

The central idea of our proposal is that students from two universities work together. The selected activities should be developed jointly and coordinately. The claim is that their skills are better established and that this collaboration format positively influences in their academic performance, enhance the interest in the subject, and improve some skills such as communication and teamwork.

## Palabras clave

Telecolaboración, modelo de colaboración.

## 1. Motivación

En el contexto de la formación universitaria está ampliamente asumido que los estudiantes de ingeniería informática deben desarrollar competencias de colaboración en equipo. Por otro lado, también se asume que deben conocer las tendencias del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), así como facilitar las operaciones de la empresa haciendo un uso eficaz de las mismas [2].

La competencia de colaboración en equipo mediante las TIC, o telecolaboración [8], se desarrolla habitualmente en el contexto de los estudios a distancia. Allí los estudiantes se organizan en equipos que discuten, colaboran o incluso mantienen relaciones sociales haciendo normalmente uso de los campus virtuales de las universidades. Sin embargo, en las universidades presenciales resulta artificial exigir a los estudiantes algo parecido, ya que pueden mantener un contacto habitual y fluido basado en la presencia física, al coincidir con sus compañeros de equipo en los mismos horarios y locales universitarios.

Esta realidad de las universidades presenciales nos llevó a plantearnos cómo podríamos organizar una colaboración mediada por las TIC de forma más natural. La idea central es poner a trabajar juntos a estudiantes de dos universidades diferentes y distantes. Las actividades seleccionadas, asociadas al desarrollo de sus estudios, las deberían realizar de forma conjunta y coordinada. La pretensión es que los conocimientos queden mejor asentados (resultados de aprendizaje, calidad de los trabajos) mediante la cooperación con personas que están recibiendo una formación parecida pero diferente. También esperábamos que este tipo de colaboración pudiera influir positivamente en el rendimiento académico, potenciar el interés hacia las asignaturas y mejorar competencias transversales tales como la comunicación (más ágil y eficaz) y el trabajo en equipo.

En los cursos 2009/10 y 2010/11 pusimos en marcha una práctica interuniversitaria (UR y UPV/EHU) en el área de base de datos (BD) [9,10]. Los equipos de trabajo estaban compuestos por un estudiante de primero de una universidad y otro de segundo de otra universidad. Los estudiantes no se conocían entre sí y debían trabajar de forma telecolaborativa. Las similitudes y diferencias entre las asignaturas de BD implicadas que cubrían conceptos diferentes aunque complementarios, producían equipos heterogéneos. Los alumnos colaboraron en las diferentes fases de la creación de una BD, desde la recopilación de requisitos hasta la realización de consultas. En esta experiencia los estudiantes *telecolaboradores* obtuvieron mejores resultados académicos que los que trabajaban de forma colaborativa presencial. Sin embargo, el nivel de satisfacción con la experiencia fue más bajo entre los telecolaboradores.

En la literatura se encuentran pocas experiencias docentes que incluyan la telecolaboración [4, 15]. Algunos trabajos tratan de comparar experiencias de colaboración a distancia frente a la colaboración presencial y distinguen entre varios factores tales como la estructura de la colaboración, la composición de los equipos o las herramientas de comunicación utilizadas [14, 18]. Algunos estudios observan un efecto positivo de la telecolaboración respecto a la colaboración presencial en la calidad de los resulta-

dos [5], mientras que otros aprecian cierta influencia negativa o nula [18].

Entendemos que es necesaria una buena relación entre el profesorado implicado como punto de partida para estas experiencias. También una visión compartida de los aspectos más relevantes relacionados con la organización y los objetivos docentes. A partir de ahí, la colaboración entre los profesores de las dos universidades puede generar sinergias que constituyan un valor añadido en su tarea docente y un estímulo para seguir explorando esta línea de trabajo.

Las reflexiones obtenidas tras esta experiencia nos permiten plantear un marco de colaboración interuniversitaria que mantenga la influencia positiva en el aprendizaje pero aspirando a unos mejores resultados de satisfacción. En el presente trabajo presentamos y analizamos un modelo de colaboración entre estudiantes y profesores de dos universidades diferentes. Identificaremos cuáles son las potencialidades, las dificultades y los elementos clave para que la experiencia pueda resultar viable, eficaz respecto a los objetivos pretendidos, y sostenible en el tiempo, más allá de esfuerzos basados en entusiasmos pasajeros de los participantes.

El artículo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se plantea cómo debería ser el marco inicial para la colaboración entre los profesores. Las secciones 3 y 4 analizan la colaboración entre estudiantes y entre profesores respectivamente. La sección 5 reflexiona sobre las herramientas de comunicación que son habituales en un determinado momento. La sección 6 identifica las necesidades desde el contexto institucional y la sección 7 presenta una serie de conclusiones.

## 2. Marco inicial

Al plantearnos una colaboración interuniversitaria necesitamos reflexionar sobre el marco donde puede realizarse. Esto incluye las características del profesorado implicado, el contexto académico, las metodologías docentes que se vienen utilizando, las asignaturas implicadas y, por supuesto, qué uso de las TIC prevemos necesario.

Un punto de partida muy importante es que los profesores que van a colaborar tengan culturas de trabajo compatibles. Esto significa que, por ejemplo, la calidad de los trabajos que realizan, la seriedad en el cumplimiento de plazos que se establezcan o el rigor con el que manejan los conceptos de sus asignaturas tengan niveles semejantes. Cuando las culturas de trabajo son parecidas es más fácil que los estudiantes tengan en su momento perspectivas compatibles respecto al trabajo que han de realizar. Las características propias de la tarea docente prácticamente exigen que la colaboración entre los profesores participantes se sustente en un buen conocimiento mutuo y que la

relación preexistente haya sido fluida. De esta manera el entendimiento y la toma de decisiones ante posibles problemas serán más sencillos.

La primera restricción para organizar una colaboración entre estudiantes de dos universidades la marca la compatibilidad académica. Se precisa que las asignaturas se impartan siguiendo calendarios y modelos organizativos compatibles. Así pues, las dos asignaturas elegidas deben impartirse el mismo cuatrimestre. El horario debería disponer de suficientes franjas horarias comunes donde ambos estudiantes no tengan clase y puedan comunicarse y colaborar. Algunos recursos de la universidad, como por ejemplo las aulas virtuales, deberían ser flexibles para poder incorporar a alumnos y profesores de la otra universidad. Además, es preciso que las normativas universitarias relacionadas con la evaluación no introduzcan requisitos que impacten en la organización de las actividades.

A partir de lo anterior, también es necesario analizar cuál es el alcance de cada asignatura, el plan de trabajo que se viene siguiendo, así como el nivel de exigencia y el que tienen, de partida, los estudiantes. Asimismo conviene revisar la metodología docente a utilizar y la importancia que se le va a conceder a la evaluación continua, el trabajo en equipo y a otras actividades orientadas al desarrollo de competencias transversales. Un planteamiento similar será un punto fuerte y en algunos casos un requisito.

El modelo de colaboración que estamos describiendo aquí parte de dos asignaturas ya existentes. Por lo tanto no estamos planteando construir *ad hoc* ninguna de las dos asignaturas en las que se va a colaborar. Sin embargo, sí que será necesario introducir algunas modificaciones para adecuarlas entre sí. Estas modificaciones pueden afectar a los objetivos, a los contenidos, o las técnicas de cooperación que pudieran existir (revisión por pares, reuniones virtuales, videoconferencias...). Por lo tanto, los profesores que se disponen a colaborar podrían tener bastante experiencia en la docencia de su asignatura. Esto supone que hayan adquirido una visión muy clara de sus contenidos, de los problemas con los que se suelen encontrar los estudiantes y del resultado que dan los diferentes enfoques docentes que se han venido utilizando.

Para llevar a cabo este tipo de colaboración a distancia contamos con las diferentes familias de herramientas de las TIC (como correo electrónico, redes sociales, blogs, *wikis*, sistemas de audio o video conferencia, chat, aplicaciones de *smartphone*, etc.). Estas herramientas van a constituir el único instrumento para la colaboración entre estudiantes y entre profesores. Así que no sólo es importante que se conozca su existencia, sino que se tenga cierto hábito de uso (o al menos estar abierto a utilizarlas), de manera que se pueda identificar cuál es la más apro-

piada en cada caso (cuestión que no siempre resulta evidente). Como punto de partida es importante que haya alguna familia de herramientas que utilicen, de forma habitual, todos los que van a colaborar. Por otra parte, si conocemos qué herramienta se ha utilizado para realizar una determinada actividad, podremos reflexionar sobre su potencialidad, sobre las dificultades encontradas y cómo podrían superarse.

### 3. Colaboración entre estudiantes de diferentes universidades

Telecolaborar no es lo mismo que colaborar cara a cara, y los alumnos de universidades presenciales seguramente no han realizado nunca una actividad parecida. Así lo pudimos observar en nuestra experiencia. Al tratarse de una actividad diferente los alumnos parecen motivados, pero al mismo tiempo las novedades conllevan cierta resistencia ante lo desconocido [13]. Al ser una actividad distinta se deben desarrollar patrones adecuados, e inicialmente se intentan aplicar las fórmulas que nos funcionan en la colaboración presencial. Para trabajar a distancia con otra persona conviene compartir algunas normas básicas de trabajo y de comportamiento. Además existen otras normas tácitas que se siguen entre personas que comparten una cultura regional o un ambiente universitario específico.

A la hora de organizar los equipos debemos tener en cuenta el número de alumnos en una y otra universidad. Como difícilmente serán iguales, deberemos buscar alguna fórmula para integrar a todos los alumnos. En nuestro caso, construimos los equipos de manera aleatoria y los que no se integraron en equipos telecolaboradores los organizamos en equipos presenciales que hicieran un trabajo lo más parecido posible a sus compañeros. De esta situación pueden surgir problemas si algún alumno solicita expresamente no telecolaborar conociendo de antemano la exigencia adicional que supone.

También conviene idear mecanismos específicos para la identificación temprana de estudiantes y situaciones problemáticas. Una vez detectados, entendemos que conviene aislar a los incumplidores y apoyar al alumno responsable. La distancia existente, no tener contacto habitual con el telecolaborador y no obtener respuestas a tiempo produce que la persona se vea sin mecanismos de actuación. Pero lo que la telecolaboración sí puede facilitar, gracias a las TIC, es trazabilidad de comportamientos de colaboración inadecuados o inaceptables.

Superados los problemas organizativos iniciales, hay que estar preparado para las dificultades que pueden surgir durante el desarrollo de las tareas. La primera dificultad será coordinarse, ya que no se dispondrá de contacto directo habitual y ni siquiera se sabrá cómo se comporta habitualmente el telecolabo-

rador. No se sabrá siquiera si responderá rápido a los mensajes, si asumirá sus responsabilidades con calidad suficiente, etc. Así que al menos conviene establecer unos mínimos para coordinar la realización de las tareas y cómo se establecerá la comunicación. Pero la propia comunicación, cuando se establezca, será más difícil. Por ejemplo, con muchas herramientas no se dispondrá del lenguaje no verbal. Con las herramientas asíncronas las respuestas pueden tardar, alargando la comunicación y haciéndola menos clara. Además, los alumnos no suelen tener costumbre de intercambiar bocetos, argumentos, ideas o alternativas con este tipo de herramientas. Por otra parte pueden surgir problemas de sincronización, es decir planificar momentos donde se puede colaborar, y de sincronización tecnológica, o sea decidir qué herramientas de comunicación se van a utilizar para cada cosa.

A todo lo anterior hay que sumar las dificultades de comprensión conjunta de las tareas que se deben realizar. También se detectan problemas a la hora de intercambiar información y soluciones obtenidas por separado a partir de explicaciones dadas por profesores diferentes y de materiales (libros, apuntes...) distintos. A esto se suma el propio contexto universitario de los alumnos y profesores participantes, con sus culturas y estilos particulares. Las propias asignaturas pertenecen a planes de estudio diferentes, aunque conducentes a títulos equivalentes. Todo esto supone que los alumnos hayan adquirido conocimientos, habilidades y valores distintos mediante metodologías docentes diferentes.

Una vez finalizada la experiencia es interesante recopilar los resultados obtenidos, valorarlos, y comprobar si se han logrado los objetivos establecidos al comienzo. Quizá los más evidentes son los resultados académicos. En nuestro caso consideramos las calificaciones obtenidas en el examen de final del curso y las de las prácticas realizadas en clases presenciales. Otro tipo de resultado tiene que ver con la satisfacción expresada por los alumnos. Nosotros elaboramos para ello una encuesta, que los alumnos rellenaron de forma anónima, sobre diferentes aspectos como las tareas, el compañero de equipo y la comunicación. Otro tipo de resultado tiene que ver con el aprendizaje logrado. Nosotros no recopilamos datos sobre resultados de aprendizaje de otras cuestiones, tales como adquisición de competencias transversales. Como ya hemos mencionado anteriormente, el análisis de los resultados en nuestra experiencia mostró que los telecolaboradores obtuvieron mejores resultados académicos y peores índices de satisfacción. Nosotros atribuimos la mejora de resultados académicos a la necesidad que tiene el alumno de explicar las soluciones propias a otra persona que, según el caso, o no conoce muy bien el tema o debe tomar el testigo en la siguiente fase. Estas explicaciones exigen una reflexión sobre la propia tarea, que

seguramente produce un plus de comprensión [11]. Respecto a la satisfacción, entendemos que es peor debido al esfuerzo extra de comunicación necesario por ser a distancia y la diferencia existente en este sentido con los que colaboraron presencialmente. Es importante diseñar las tareas de modo que se tenga en cuenta ese esfuerzo extra. Otro factor que afectó negativamente a la satisfacción fue el sistema de evaluación, ya que en ambas universidades se asignaron porcentajes bastante diferentes a la tarea telecolaborativa respecto a la nota final de la asignatura.

También es importante estimar el tiempo necesario para realizar cada tarea. Conviene distinguir entre el tiempo necesario para estudiar los conceptos y ejemplos presentados en clase, prerequisite para abordar una tarea determinada, y lo que cuesta realizar la tarea en sí. Lo normal es que ambas cuestiones se mezclen, ya que la realización de la tarea sirve en muchos casos de motivación a estudiar esa parte de la asignatura. Nosotros utilizamos algunas herramientas de gestión de proyectos. Proporcionamos a los alumnos un diagrama de estructura de descomposición en tareas (EDT), incluyendo el tiempo estimado y el alumno responsable para cada tarea. También hicimos un diagrama de Gantt que situaba las tareas en el tiempo [10]. En este diagrama situamos cuándo se iba a exponer en clase cada tema y su relación de precedencia con las tareas del EDT.

Además de planificar, también es interesante hacer seguimiento y control de las tareas. En este sentido solicitamos a los alumnos que declarasen el tiempo que habían dedicado a cada tarea. Aquí conviene distinguir entre el tiempo que se ha estado trabajando individualmente y el que se ha dedicado a la comunicación con el compañero, que como hemos comentado es significativamente superior cuando se teletrabaja. Los datos aportados por los alumnos nos pueden ayudar a ajustar y mejorar el sistema, por ejemplo, aumentando plazos de entrega o ajustando la dificultad de alguna tarea. Los datos recogidos mostraron una gran dispersión. Mientras que algunos alumnos manifestaban hacer las tareas y la comunicación en menos tiempo del esperable, otros lo multiplican por un factor nada despreciable. Esta situación dificulta el análisis y la toma de decisiones. Por ello, nos parece necesario mejorar nuestro sistema de valoración de la dedicación así como consensuar con los alumnos el significado preciso de cada valor solicitado.

#### 4. Colaboración entre profesores

En la organización de una práctica docente telecolaborativa interuniversitaria las dificultades a resolver no se limitan al plano de los estudiantes, sino que también surgen con los profesores participantes. En las etapas iniciales, el primer problema es identificar qué trabajo puede ser apropiado para el aprendizaje

de los estudiantes dentro de la temática de las asignaturas. Después, hay que establecer plazos y métodos de trabajo adecuados a los calendarios y a la organización de los temas.

Tras la definición y planificación de la tarea vendrá la coordinación entre los profesores y el seguimiento en tiempo real. Una vez en marcha, puede aparecer cierta ansiedad asociada a la pérdida de control con respecto a métodos y resultados ya conocidos. También surge la necesidad de explicar y profundizar en algunos conceptos que se están manejando para transmitir una visión conjunta a los estudiantes de ambas instituciones. Esto supone una inversión de tiempo que puede afectar a la planificación de las actividades y llegar a posponerse alguna de ellas. Como los estudiantes de una y otra asignatura pueden tener conocimientos previos muy diferentes sobre los temas a abordar, pueden necesitar un tratamiento muy diferente. Además, si surge la necesidad de realizar algún cambio, por ejemplo en algún enunciado, surge la necesidad de explicárselo antes a los profesores de la otra universidad, que lógicamente se mueven en el contexto de otra asignatura.

Una cuestión importante es la necesidad de planificar el tiempo para que los profesores realicen las correcciones de los entregables de las actividades y envíen retroalimentación a los alumnos. Esta cuestión es vital cuando el entregable de una actividad es una entrada (*input*) para la siguiente actividad. Si el alumno no recibe retroalimentación a tiempo y utiliza un entregable defectuoso para realizar la siguiente actividad, la calidad de ésta última se verá mermada.

Además las retroalimentaciones que reciben los miembros de un mismo equipo por parte de sus profesores han de ser consistentes. Convendría usar un formato común para las retroalimentaciones y no entregar, por ejemplo, a un miembro del equipo una rúbrica y al otro miembro, de la otra universidad, sólo una nota numérica. También conviene consensuar cómo se refleja el resultado de la evaluación de cada fase. Por ejemplo, no conviene que en una fase se use una notación basada en poner un número de asteriscos (\*\* ó \* ó \*), promovida por el profesor que la corrige, y utilizar para otra fase un sistema basado en literales concretos (“destacable”, “estándar”, “insuficiente”...). Esto es aún peor si en la misma fase hace falta dar retroalimentación diferenciada a cada miembro del equipo. Cuando se junten ambas, la información recibida por ambas partes debe ser consistente.

Pero ¿cuánto tiempo lleva la organización y desarrollo de una experiencia telecolaborativa? En nuestro caso, los profesores implicados (dos por universidad) tuvimos dos reuniones presenciales de día completo para la organización inicial y el análisis final de la experiencia. Además mantuvimos una conversación telefónica semanal de entre 30 y 60 minutos. Intercambiamos varios correos electrónicos, no menos de

dos semanales, fundamentalmente para revisar los enunciados. En torno a los hitos clave, esta comunicación crecía. Además, fuimos construyendo un aula *moodle* desde ambas universidades.

La mejora en los resultados académicos o en la satisfacción de los estudiantes no justifica fácilmente la satisfacción de los profesores. Más bien hay que buscarla en el aprendizaje logrado por los estudiantes mediante la colaboración entre iguales, la aplicación de innovaciones y la posibilidad de convertir el trabajo realizado en objeto de estudio e investigación. El esfuerzo que exige una experiencia de este tipo es significativo y es interesante poderlo ligar a la faceta investigadora y así poder obtener reconocimiento externo. Pero convertir la experiencia en material publicable no está exenta de complicaciones ya que exige realizar tareas orientadas exclusivamente a ese fin, como toma de datos o realización de determinadas encuestas. Esto puede interferir con otro tipo de esfuerzos, dirigidos a tratar de mejorar el aprendizaje del estudiante, como aportar retroalimentación o la corrección de errores.

## 5. Tecnología generacional

Es evidente que la tecnología evoluciona rápidamente y que la más utilizada en una *generación*<sup>1</sup> es superada por otra en la generación siguiente. Parece que quienes se han acostumbrado a la tecnología de su década se resisten a cambiar. Podría deberse primeramente al esfuerzo que supone la actualización tecnológica. En segundo lugar a que la tecnología conocida resuelve todas sus necesidades. En tercer lugar porque la tecnología se adecúa a la forma de pensar y de trabajar adoptada a lo largo del tiempo. De hecho, la tecnología empleada puede tener una fuerte influencia en la forja de la forma de pensar y de trabajar. Sin embargo, no cabe duda que la tecnología ha quedado obsoleta a los ojos de la siguiente generación. Algunos ejemplos de estos cambios de tecnología los vemos en el uso de canales de *news*, algunos usos del correo electrónico, de las páginas web, blogs, gestores de contenidos, *wikis*, *messenger*, redes sociales, tecnologías para *smartphone*, etc.

Algunos profesores son partidarios de exigir a sus alumnos el uso de herramientas de comunicación concretas, por ejemplo los foros de un aula virtual. Probablemente la causa de tal exigencia es el deseo de tener cierto control sobre la comunicación dentro de los equipos de trabajo. Pero dichas herramientas no suelen coincidir con aquellas a las que están habituados los estudiantes y que probablemente son

---

<sup>1</sup> En este contexto al término *generación* no le correspondería el significado clásico en demografía, sino que hace referencia a la diferencia que marca la introducción de una tecnología concreta entre quienes empezaron a utilizarla en edades tempranas y aquellos que habían alcanzado la madurez intelectual antes de que apareciera la novedad. Podríamos así hablar de la *generación del correo electrónico*, de la *generación messenger* o de la *generación whatsapp*.

igualmente útiles, si no mejores. Tal exigencia no impide a los estudiantes utilizar su medio de comunicación favorito siempre que se incorporen algunos mensajes artificiales de vez en cuando para cumplir con los requisitos del profesor.

En nuestra anterior experiencia telecolaborativa se pusieron de manifiesto las diferentes formas de interactuar entre los alumnos, entre los profesores y entre alumnos y profesores. A la hora de colaborar, tanto en el caso de alumnos como el de profesores, se presentan problemas similares como la toma de decisiones, el trabajo en equipo o el cumplimiento de plazos. Sin embargo, la forma de afrontar estos problemas no tiene por qué coincidir, ni la herramienta utilizada ha de ser la misma.

Los profesores utilizaron fundamentalmente el correo electrónico institucional y el aula virtual como medios asíncronos. Como medio síncrono se utilizó mayoritariamente el teléfono fijo institucional y puntualmente audio conferencia. Como ya indicamos anteriormente, también se mantuvieron dos reuniones presenciales de día completo cada curso académico. Subjetivamente, los profesores nos hemos sentido cómodos y satisfechos con estas herramientas.

Tras analizar los canales de comunicación utilizados por los alumnos, cabe destacar que el más frecuente fue el correo electrónico, seguido a bastante distancia por las redes sociales. Las herramientas síncronas como chat y audio conferencia tuvieron un uso minoritario. En general, los alumnos declararon una satisfacción baja respecto a la comunicación. Pensamos que la predominancia del correo electrónico puede deberse a varios factores. Por un lado, a la solicitud de intercambio de una dirección de correo como medio inicial de contacto entre las parejas telecolaborativas. Además, este medio suele ser el canal de comunicación con los profesores. Por otro lado, parece que los alumnos prefieren separar sus canales de ocio y de trabajo. Podríamos pensar que el teléfono y las redes sociales son parte de su vida personal. Creemos que la inmediatez que proporcionan estas herramientas en la obtención de respuesta frente al correo electrónico y la ansiedad que puede producir si la respuesta se dilata en el tiempo más allá de lo razonable ha podido ser la causa principal de la pobre satisfacción.

## 6. Contexto institucional

Las instituciones, universidades en este caso, donde se realiza la experiencia constituyen el contexto donde se realiza la actividad. En principio, no creemos que la universidad como institución deba ser la que impulse o se implique en los proyectos de telecolaboración. Sin embargo, sí que es interesante que no surjan dificultades a través de normativas internas,

elaboradas sin contemplar este tipo de iniciativas, que acaben interfiriendo o dificultando su organización.

Actualmente las universidades comparten una cultura de flexibilidad e innovación, como lo prueba la existencia de programas institucionales de impulso de la innovación educativa. Estos programas alientan y facilitan el desarrollo de iniciativas docentes como la planteada en este trabajo. Además, las universidades suelen tener canales de colaboración en el ámbito de la investigación, por lo que suele haber posibilidad de uso flexible de recursos de una universidad por grupos o personas de otras universidades (acceso a la propia universidad, uso de salas de reuniones, etc.). Si bien es previsible que debido a la situación económica actual no haya grandes dotaciones, es imprescindible un mínimo soporte para gastos de desplazamiento asociados al mantenimiento de reuniones de trabajo.

Por otro lado, pueden existir elementos institucionales que dificulten la tarea. Por ejemplo, una excesiva rigidez de las normativas de evaluación de las asignaturas. Estas pueden establecer caminos de evaluación obligados (como un examen final que valga el 100% de la nota) que permitan a los estudiantes evitar la realización de estas prácticas. Otro ejemplo es la evaluación de la calidad del trabajo del profesorado (encuestas de satisfacción, uso forzado de plataformas educativas institucionales, etc.). Los instrumentos para evaluar al profesorado pueden tener un impacto en el reconocimiento de su tarea docente. Proponer tareas interesantes en la formación integral de un alumno pero desagradables de realizar puede tener, con algunos instrumentos de medida de la calidad, el mismo reflejo que el obtenido por un profesor negligente o descuidado con su asignatura.

## 7. Colaboración en el marco de la revisión por pares

A la vista de la experiencia telecolaborativa descrita anteriormente, consideramos que la revisión por pares, entre estudiantes de diferentes universidades, es un marco prometedor alineado con algunos trabajos que están en auge actualmente [6, 16]. La colaboración se establecería mediante la realización, por parte de un estudiante de una universidad, de una crítica constructiva a un trabajo realizado por un estudiante de la otra universidad. Mediante la emisión y recepción de críticas tratamos de alcanzar los niveles de análisis, síntesis y evaluación de la taxonomía cognitiva de Bloom [11]. Esta colaboración se parece a la que se realiza entre los revisores y autores de artículos de una revista o un congreso.

Teniendo en cuenta los resultados [9] de nuestra experiencia telecolaborativa anterior, pensamos que un estudiante externo a la universidad puede ofrecer una revisión constructiva a un trabajo de manera más objetiva que un compañero de aula. Con muchos

compañeros de aula no sólo se comparte la asignatura, sino todo un recorrido académico, e incluso vital. En nuestra experiencia anterior con parejas de alumnos interuniversitarias, la relación entre telecompañeros terminó con la entrega del trabajo (no hubo amistades o colaboraciones posteriores). Lo que sí observamos es que no había problemas en poner de manifiesto cualquier problema surgido con el telecompañero ante los profesores tanto de forma espontánea como en encuestas anónimas. Parejas de compañeros de aula hicieron paralelamente un trabajo equivalente. La presencia de críticas en las encuestas finales fue significativamente mayor hacia telecompañeros que hacia compañeros de aula. Nuestra hipótesis es que en gran parte se debe a que no se conocen personalmente y su relación se prevé que va a ser relativamente será breve.

La crítica emitida por el estudiante externo deberá ser utilizada por el autor del trabajo para mejorarlo. Es importante que tanto el quien realiza la crítica y quien realizó el trabajo tengan unas referencias y objetivos intelectuales y académicos comunes. Pero, por lo que acabamos de explicar, también es importante que no se conozcan directamente.

Hay muchos estudios sobre la revisión por pares entre compañeros de clase de tipo presencial y online [1, 3, 6, 7, 16, 17]. Actualmente se está introduciendo la revisión por pares en cursos MOOC (*Massive Online Open Course*), cursos de formación a distancia planificados para tener un número elevado de alumnos por ser abiertos y gratuitos [12]. Probablemente también sea estudiada la revisión por pares en este tipo de cursos. La diferencia en nuestra propuesta es que la revisión la emiten alumnos externos al grupo y se establece una telecolaboración entre dos alumnos procedentes de contextos académicos diferentes que no son siquiera alumnos de la misma asignatura donde telecolaboran.

Como ya hemos comentado, una experiencia telecolaborativa debe enmarcarse en un par de asignaturas que contemplen temáticas similares. En nuestro caso se trata de dos asignaturas de tercer curso (más maduros que en la experiencia anterior) sobre gestión de proyectos que comparten calendarios y modelos organizativos similares. Ambas asignaturas deben capacitar a sus estudiantes para el trabajo en equipo y también en detectar y gestionar situaciones que requieran tomar decisiones e introducir cambios. Los estudiantes de ambas universidades realizan varios micro-proyectos a lo largo de la asignatura. Pensamos que deberían desarrollar la capacidad de valorar las potencialidades de un proyecto de similares características al que están realizando y de identificar errores en su gestión y desarrollo. La elaboración de una crítica sobre la gestión de un proyecto puede permitir que la actividad de reflexión propia de los directores de proyectos sea realizada también por otros miem-

bros del equipo. Además, los problemas de funcionamiento de un equipo se ven en ocasiones mejor desde fuera del mismo. También podemos tratar de sacar provecho al prestigio cruzado compartiendo trabajos que se hayan realizado en ambas instituciones. La idea es pedir a los alumnos que valoren, por ejemplo, el producto desarrollado en los proyectos de los alumnos de la otra universidad. Aquellos alumnos con proyectos mejor valorados habrán logrado que sus juicios tengan mayor prestigio cruzado. El prestigio logrado será mayor si se ha recibido de personas que no te conocen.

Al profesor esta propuesta le supone más trabajo. Además de organizar a los revisores y el trabajo que les toca revisar, las críticas emitidas se convierten en nuevos entregables a evaluar. No sólo hay que evaluar la calidad de la crítica (por ejemplo, si se da en plazo) sino cuáles han sido los cambios introducidos en el trabajo tras recibir y analizar la crítica.

## 8. Conclusiones

Hemos presentado y analizado un modelo de colaboración entre estudiantes y profesores de dos universidades presenciales y distantes. Se han identificado algunas potencialidades, dificultades y elementos clave para que la experiencia sea viable, capaz de alcanzar los objetivos y sostenible en el tiempo.

Hemos destacado que conviene que los profesores tengan culturas de trabajo similares y que el par de asignaturas elegidas (existentes previamente) sean compatibles académicamente. También interesa que haya herramientas de comunicación utilizadas habitualmente por los profesores que intervienen y que ocurra lo mismo para los estudiantes colaboradores.

Los alumnos que se enfrentan al teletrabajo por primera vez no han desarrollado patrones de comportamiento apropiados y tienen dificultades metodológicas. Será difícil que coincida el mismo número de alumnos en una y otra universidad. Por tanto habrá que plantearse qué hacer para asignar tarea a todos. Convendrá prever un sistema para identificación temprana de equipos con problemas y disponer de un plan B para ellos. Durante el desarrollo de la experiencia surgen problemas de coordinación, de sincronización o de comprensión conjunta. Es interesante recopilar datos sobre rendimiento académico, satisfacción y aprendizaje y comprobar si se han cumplido los objetivos de la experiencia. También conviene estimar los tiempos de realización y recopilar datos sobre dedicaciones reales para ajustar y mejorar el sistema.

Elegidas las asignaturas, es importante encontrar un trabajo apropiado y establecer plazos y métodos que se ajusten a los calendarios y a la organización de los temas. La coordinación entre profesores exige tiempo e interesa consensuar cómo se llevará a cabo.

Conviene también planificar la tarea de elaboración de retroalimentación. Se observa que la satisfacción de los profesores incluye otros aspectos además de la mejora de los resultados académicos de sus estudiantes. Como las tecnologías de comunicación cambian, interesa reflexionar sobre si realmente conviene restringirlas a determinados medios. De la institución académica no se precisa nada especial más allá de ordenadores y conexiones a Internet para alumnos y profesores y el uso de las instalaciones para reuniones con profesores de otras universidades.

Se han puesto dos ejemplos, el primero es un trabajo colaborativo en el área de las BD donde parejas de alumnos de dos universidades colaboraron en las fases de creación de una BD, desde la recopilación de requisitos hasta la realización de consultas. En esta experiencia los estudiantes *telecolaboradores* obtuvieron mejores resultados académicos que los que colaboraron de forma presencial. El segundo ejemplo es una colaboración futura en el marco de la revisión por pares donde los alumnos realizarán una crítica constructiva del trabajo de otro equipo en asignaturas de gestión de proyectos de informática.

Creemos que este tipo de trabajos tiene cabida en los nuevos grados en ingeniería informática y el modelo planteado puede ser aplicado en muchas de las asignaturas de las titulaciones como asignaturas de programación, ingeniería del software, seguridad, etc. El modelo no excluye la posibilidad de plantear trabajos donde las asignaturas elegidas no sean similares, por ejemplo podría plantearse un trabajo entre una asignatura de programación y otra de BD.

## Agradecimientos

A los revisores de este trabajo por sus valiosos comentarios, que ayudaron a mejorar la presentación de este trabajo. A los alumnos participantes en las experiencias de telecolaboración porque sin su implicación nada de lo mencionado tendría sentido.

## Referencias

- [1] Abelló A., Burgués X. Puntuación entre iguales para la evolución del trabajo en equipo. *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2011*.
- [2] ANECA. Libro Blanco del título de grado en Ingeniería Informática. 2005.
- [3] Blanco C., Sánchez P. Aplicando Evaluación por Pares: Análisis y Comparativa de distintas Técnicas. Simposio-Taller *Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2012*.
- [4] Díaz, P., Acuña, P., Aedo, I., Ocker, R. The impact of working in Partially Distributed Teams. *IEEE Global Engineering Education Conference*. 358-365, 2011.
- [5] Francescato, D.; Porcelli, R.; Mebane, M.; Cud-deta, M.; Koblas, J., & Renzi P. Evaluation of the efficacy of collaborative learning in face-to-face and computer-supported university contexts. *Computers in Human Behaviour*, 22, 163-176, 2006.
- [6] Gielen, S.; Peeters, E.; Dochy, F.; Onghena, P.; Struyven, Katrien. Improving the Effectiveness of Peer Feedback for Learning. *Learning and Instruction*, (4) 20, 304-315, 2010.
- [7] Gómez, A., Marqués, M.. Primeros resultados de una experiencia conjunta de investigación-acción en autoevaluación y evaluación por iguales. Simposio-Taller *Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2012*.
- [8] Harris, J. First steps in telecollaboration. *Learning & Leading with Technology*, 27(3), 54-57, 1999.
- [9] Arturo Jaime, César Domínguez, Ana Sánchez, José Miguel Blanco. Interuniversity telecollaboration to improve academic results and identify preferred communication tools. *Computers & Education*, mayo 2013.
- [10] Arturo Jaime, Ana Sánchez, César Domínguez, José Miguel Blanco. Telecolaboración interuniversitaria en prácticas de bases de datos. *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2011*.
- [11] David R, Krathwohl. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, (4)41, 212-218, 2002.
- [12] K. Masters: A Brief Guide To Understanding MOOCs. *The Internet Journal of Medical Education*, (2) 1, 2011.
- [13] Mitchell, I., & Carbone, A. A typology of task characteristics and their effects on student engagement. *International of Educational Research*, 50(5-6) 257-270, 2011.
- [14] Rice, D.J., Davidson, B.D., Dannenhoffer, J.F., & Gay, G.K. Improving the Effectiveness of Virtual teams by Adapting Team Processes. *Computer Supported Cooperative Work*, 16, 567-594, 2007.
- [15] Rohleder, P., Bozalek, V., Carolissen, R., Leibowitz, B., Swartz L. Students' evaluations of the use of e-learning in a collaborative project between two South African universities. *Higher education*, 56, 95-107, 2008.
- [16] Søndergaard, Harald; Mulder, Raoul, A. Collaborative learning through formative peer review: pedagogy, programs and potential. *Computer Science Education*, (4) 22, 343-367, 2012.
- [17] Tseng, S., Tsai, C. On-line Peer Assessment and the Role of the Peer Feedback: A Study of High School Computer Course". *Computers & Education*, 49, 1161-1174, 2007.

# Uso de software de gestión de concursos de programación para evaluación continua\*

Marco Antonio Gómez Martín  
Departamento de Ing. del Software e Int. Artificial  
Universidad Complutense de Madrid  
Madrid  
marcoa@fdi.ucm.es

Pedro Pablo Gómez Martín  
Departamento de Ing. del Software e Int. Artificial  
Universidad Complutense de Madrid  
Madrid  
pedrop@fdi.ucm.es

## Resumen

La implantación del EEES ha supuesto la entrada de la evaluación continua, que exige un seguimiento cuidadoso de la evolución del aprendizaje de los alumnos. Esto supone un esfuerzo extra por parte del profesorado, tanto por la necesidad de preparar las actividades como por su corrección. En este artículo describimos la experiencia de utilizar *software* de gestión de concursos de programación para automatizar la evaluación de los alumnos en la asignatura Estructura de Datos y Algoritmos, y extraemos algunas conclusiones interesantes que van más allá de la propia asignatura.

## Abstract

The introduction of the European Higher Education Area led to the apparition of the continuous assesment, forcing teachers on thorough monitoring students. This imposes an extra task into our already full workload that involves not only the creation of new activities, but also their assesment itself. The paper presents our experience using pre-existing software designed to be used in programming contests. It took place while teaching a subject about data structures and algorithms. Moreover, the paper draws some interesting conclusions that are beyond the subject itself.

## Palabras clave

Evaluación continua, corrección automática, concursos de programación.

## 1. Introducción

Desde la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior, la carga de trabajo de los docentes se

\*Financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (TIN2009-13692-C03-03)

ha visto incrementada entre otras cosas por la aparición de la *evaluación continua*. Para intentar minimizar el esfuerzo adicional necesario, los docentes nos hemos puesto a buscar mecanismos que consigan reducir el tiempo total necesario [10]. Herramientas de corrección automática, test de unidad o autoevaluación son distintos ejemplos que se están utilizando hoy en día.

Por otro lado, mucho antes de que el EEES fuera ni siquiera una idea, aparecieron los primeros concursos de programación. En ellos los estudiantes se enfrentan a una serie de problemas relacionados con algoritmia y compiten entre sí (ya sea en equipos o de forma individual) para ver quién de ellos resuelve un mayor número de ejercicios en el tiempo disponible.

En este artículo presentamos una experiencia llevada a cabo en la Universidad Complutense de Madrid que junta ambas cosas. En concreto los alumnos son enfrentados todas las semanas a un ejercicio que sigue el esquema habitual de los que se utilizan en los concursos de programación y cuyo resultado es incorporado a la nota final del estudiante en la parte correspondiente a la evaluación continua. El *software* disponible para la organización de concursos es utilizado para un fin bien distinto: la corrección automática de esos ejercicios.

La sección siguiente describe la historia y funcionamiento habitual de los concursos de programación. Después, se comentan algunas de las alternativas que se han utilizado, o se están utilizando, en nuestras universidades para aliviar la labor de la evaluación continua. La sección 4 describe nuestra experiencia de evaluación continua a través de *software* de gestión de concursos de programación. Las secciones 5 y 6 detallan los resultados y reflexionan sobre ellos. El artículo acaba con una conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Concursos de programación

Existen a nivel mundial numerosos concursos de programación dirigidos a estudiantes de informática, tanto en el ámbito universitario como en el ámbito

de la educación secundaria. Aunque a nivel nacional este tipo de concursos no es demasiado conocido, en otros países las universidades llegan incluso a ofertar asignaturas optativas cuyo objetivo es preparar a los alumnos para enfrentarse a los problemas típicos que aparecen en ellos. El concurso más conocido internacionalmente es el ACM-ICPC (*International Collegiate Programming Contest*) cuyos orígenes se remontan a 1970 [8] en el que la resolución de los problemas implica conocimientos avanzados de estructuras de datos, algoritmos sobre grafos o geometría computacional entre otros.

La relevancia a nivel mundial de este concurso está fuera de toda duda. En el año 2009, los concursos asociados al ICPC (final mundial y regionales) involucraron a 7.109 equipos de 1.838 universidades distintas. Y estos datos son sólo la punta del iceberg. Cada concurso regional engloba a un territorio que puede llegar a incluir una gran cantidad de Universidades. Dado que el aforo en los concursos regionales está limitado, muchas de ellas se ven forzadas a realizar clasificaciones locales para decidir qué equipos las representarán acudiendo a los concursos regionales oficiales. Skiena estima que al menos 85.000 estudiantes participaron en 2009 en esas competiciones locales ([1], prefacio). A estos datos hay que sumarles los del resto de concursos de programación no directamente relacionados con ICPC, como las olimpiadas internacionales de informática (IOI) o los concursos organizados por entidades privadas como Google o Tuenti.

El tipo de problemas en los concursos tipo ICPC es siempre similar: se basan en realizar programas que lean de la entrada estándar datos que se procesan para escribir por la salida estándar la respuesta. Así por ejemplo, el programa puede leer la descripción de un grafo (vértices y sus aristas) y escribir el número de componentes fuertemente conexas que contiene. El enunciado suele incluir un ejemplo de entrada y un ejemplo de salida para complementar la descripción textual. En el momento en el que el equipo envía su solución, ésta es compilada y ejecutada contra un conjunto de casos de prueba (grafos, en el ejemplo) que se mantienen en secreto y que validan la solución aportada. Dado que el objetivo principal es poner a prueba el conocimiento de algoritmia y estructuras de datos, la ejecución se puede restringir tanto en tiempo como en memoria, para forzar a realizar implementaciones de algoritmos con complejidades específicas. No se valora, sin embargo, la calidad del código; el uso de variables globales, la ausencia de sangrado o de comentarios en el código, o el uso intensivo de macros son pasados por alto.

Aunque originalmente los problemas eran entregados a través de dispositivos de almacenamiento extraíbles, hoy en día se hace uso de *sistemas de gestión de*

*concursos*, que son aplicaciones *software* que facilitan el control. *PC<sup>2</sup> (Programming Contest Control<sup>1</sup>)* ha sido la aplicación de referencia durante años; hoy hay otras alternativas, basadas en Web, como *DOMJudge<sup>2</sup>* o *Mooshak<sup>3</sup>*, ambos con licencias abiertas.

Los gestores de concursos permiten a los jueces humanos definir los problemas del concurso, así como los casos de prueba que utilizará cada uno y configurar sus límites de ejecución. Durante el concurso, los participantes envían sus soluciones a través de la red, y reciben los veredictos automáticamente. Los jueces humanos pueden en todo momento controlar el estado del concurso, ver el código fuente de los envíos, contestar aclaraciones y, en algunos casos, modificar, si hay algún problema, los veredictos automáticos.

La disponibilidad de este tipo de aplicaciones permite a cualquier institución organizar un concurso de programación sin tener que preocuparse de la infraestructura *software*. Sin embargo, es necesario poblarlos de contenido, añadiéndoles los problemas y casos de prueba correspondientes.

Una alternativa a instalar un juez propio es hacer uso de las páginas y portales de distintas instituciones que proporcionan colecciones de problemas y evaluadores automáticos previo registro. El más conocido mundialmente es español, mantenido en la Universidad de Valladolid<sup>4</sup> y que a día de hoy supera los 3.000 problemas en su colección, tiene más de 11 millones de envíos y más de 500.000 usuarios con algún problema solucionado.

### 3. Evaluación continua

Con las nuevas titulaciones de grados, parcial o totalmente implantadas en nuestras universidades, se ha adoptado un enfoque de evaluación que, al estar orientada al proceso, debe ser continua, lo que permite a los estudiantes (y profesores) tener información permanente sobre su progreso.

Esta evaluación continua tiene como consecuencia directa un aumento en la carga de trabajo de los profesores, que tienen que dedicar tiempo y esfuerzo no sólo a la preparación de las clases, sino también a esas actividades de evaluación continua y a su calificación.

Con los años, han sido muchas las alternativas que distintas experiencias docentes han puesto a prueba. En el entorno de las asignaturas de programación, la corrección automática de prácticas está muy extendida [3, 9]. Otras estrategias pasan por utilizar wikis [2], autoevaluación [7] o concursos [4, 6].

<sup>1</sup><http://www.ecs.csus.edu/pc2/>

<sup>2</sup><http://domjudge.sourceforge.net/>

<sup>3</sup><http://mooshak.dcc.fc.up.pt/>

<sup>4</sup><http://uva.onlinejudge.org/>

La experiencia que describimos en este artículo está ligada con los concursos de programación descritos anteriormente. Es en realidad argüible si introducir a los alumnos en un entorno competitivo es bueno o no; de hecho todo parece indicar que depende del método de aprendizaje particular de cada alumno y lo preparado que se esté para la competición [5, 12].

Para evitar la polémica y la posible queja por parte de los alumnos más desfavorecidos en un entorno competitivo, nuestra aproximación no es la de realizar concursos durante la clase y utilizar sus resultados como método de evaluación, sino utilizar únicamente los tipos de ejercicios y las herramientas disponibles para su organización.

En concreto, y como veremos con detalle en la sección siguiente, lo que hemos hecho ha sido *traducir* ejercicios que típicamente se encuentran en las hojas de problemas asociados a un tema teórico de programación al estilo de los concursos de programación (con su entrada y salida bien especificada). Utilizando DOMJudge como herramienta de gestión de los casos de prueba y de los envíos, enfrentamos a los alumnos a esos problemas y evaluamos su rendimiento no en el contexto de competición contra otros alumnos, sino en el de elaboración y entrega de ejercicios.

#### 4. Experiencia en Estructuras de Datos y Algoritmos

En segundo curso del plan de estudios de los tres grados relacionados con informática de nuestra universidad aparece como asignatura *Estructura de Datos y Algoritmos* (EDA). Se trata de una asignatura anual de 9 créditos. El primer cuatrimestre versa fundamentalmente sobre análisis de la eficiencia de los algoritmos, diseño y análisis de algoritmos iterativos y recursivos y algoritmos de ordenación.

Durante el segundo cuatrimestre (donde se sitúa nuestra experiencia) se abordan los tipos abstractos de datos (TAD), implementación y uso de tipos de datos lineales, arborescentes, tablas asociativas y dos últimos temas sobre divide y vencerás y vuelta atrás.

Para todo lo anterior utilizamos C++ como soporte de forma que, sin perder de vista la componente más formal, se implementan los distintos algoritmos y TAD para que los alumnos puedan trasladar lo visto en clase a un ejecutable funcionando.

Para la evaluación, se realiza un examen parcial en Febrero, con el que los alumnos pueden liberar los contenidos del primer cuatrimestre, y un examen final en Junio. Además, un tercio de la calificación final proviene de las notas sacadas de las actividades de evaluación continua realizadas durante el año.

Desde el punto de vista de infraestructura, los 9

créditos suponen tres horas de clase a la semana. Dos de ellas se imparten de forma colectiva mediante las tradicionales clases magistrales; la tercera hora semanal queda para clases de problemas, ya sea en aula o en un laboratorio.

De cara a la evaluación continua del segundo cuatrimestre existen alternativas variopintas que han sido puestas en marcha por los profesores de los distintos grupos y que van desde la resolución en casa y sobre papel de ejercicios, hasta la elaboración y entrega de pequeñas prácticas en grupos como la generación y análisis de gráficas de tiempos de algoritmos de ordenación. Otros ejemplos son la resolución individual de problemas en la pizarra o pequeños exámenes periódicos realizados en el laboratorio.

En nuestro caso, y siguiendo con la máxima de que es preferible que la evaluación continua esté formada por pequeñas actividades de no más de una hora y entregas frecuentes [11], para la evaluación continua hemos recogido datos *todas* las semanas aprovechando esa tercera hora de laboratorio. A final de curso habíamos realizado así doce actividades de evaluación continua independientes.

Para poder evaluar esas doce actividades a más de 60 alumnos sin que el tiempo dedicado a ello se dispare hemos utilizado las técnicas de concursos mencionadas antes. El funcionamiento general es el siguiente:

- Al comienzo de cada tema de la asignatura se dejan disponibles los apuntes del tema desarrollados por el equipo de profesores, así como una hoja de ejercicios relacionados.
- Durante las clases teóricas se va haciendo referencia a esos ejercicios e incluso resolviendo (en C++) algunos de ellos, y se empuja a los alumnos a que intenten los demás. Aquellos que intentan hacer los ejercicios sobre el papel y tienen dudas pueden preguntar sobre ellos por anticipado (antes de verlos en clase) en tutorías.
- Cada semana alguno de esos ejercicios mencionado en clase es *traducido* al formato de ejercicios típico de concurso. Los alumnos no conocen de antemano cuál de ellos será, pero tienen la certeza de que el problema al que se enfrentarán en el laboratorio aparece en la hoja.
- Durante la hora de laboratorio, los alumnos intentan solucionar, en grupos de dos, el ejercicio en C++. Para ello pueden/deben utilizar los TADs implementados en clase. Para entregar la solución utilizan DOMJudge que evalúa inmediatamente la validez de la solución.
- El profesor, durante esa hora, está comprobando los envíos para hacer una inspección manual del código y dar el visto bueno final a la misma. Además, a pesar de ser una actividad evaluada, responde dudas y soluciona problemas que los

alumnos puedan tener, pues consideramos que es en el momento en el que el alumno se enfrenta a un problema cuando más posibilidades hay de que asimile los conceptos necesarios para su solución.

- Los primeros minutos de la clase de teoría siguiente es utilizada para comentar la solución correcta al ejercicio. La aplicación web utilizada para los envíos se deja abierta de forma que, aunque fuera ya de la evaluación continua, los alumnos puedan enviar soluciones alternativas o intentar enviar una solución correcta si no lograron a tiempo.

Dado que al final del cuatrimestre se termina con doce notas (hay alguna semana más de clase, pero se pierden algunos días de laboratorio por fiestas y otras causas) y la evaluación continua constituye un tercio de la nota final, cada uno de los ejercicios repercute en algo menos de tres décimas en la nota final del cuatrimestre o menos de décima y media en la nota final del curso. Es por esto que no nos planteamos la evaluación *final* de cada ejercicio: el problema está bien (pasa los casos de prueba y el código cumple unos mínimos, utilizando los TAD vistos en clase, etc.) o está mal.

Esto hace que el esfuerzo que el profesor tiene que realizar para cada una de estas actividades ocurre siempre *antes* de la propia actividad. Es en la fase de preparación cuando se debe traducir el ejercicio a un formato apto para el juez, creando la solución de referencia y generando unos casos de prueba lo suficientemente exhaustivos como para estar seguros de que una solución es correcta si funciona con todos ellos. Dependiendo del problema concreto, esto puede llevar más o menos tiempo, pero en nuestra experiencia nunca supuso más de dos horas (y en general necesitábamos menos de una).

Veamos de forma detallada uno de los ejercicios utilizados para comprender mejor el proceso. El problema se sitúa dentro del tema de TAD arborescentes, que se centra en la implementación y uso de árboles binarios implementados utilizando una estructura jerárquica de nodos y manejando punteros. En la parte de teoría se explican los conceptos relacionados y se desarrolla el código C++ que gestiona esa estructura así como recorridos de pre/in/post-orden y por niveles; el tema termina con los conceptos e implementación de árboles de búsqueda. Pues bien, uno de los ejercicios que aparecen al final del tema dice lo siguiente:

Implementa una operación en los árboles de búsqueda que *balancee* el árbol. Se permite el uso de estructuras de datos auxiliares.

El enunciado utilizado en la evaluación continua (Figura 1) parte de una lista de elementos ordenados (lo que serían las claves del árbol de búsqueda original en el ejercicio de la hoja de problemas) y debe

construir un árbol balanceado. La forma de comprobar que esa construcción es correcta consiste en pedirles que escriban su recorrido en preorden y postorden lo que determina de manera unívoca la estructura del árbol construido (para los casos en los que los elementos no están repetidos).

En frío, el ejercicio parece demasiado complejo para afrontar su programación completa en tan sólo una hora. Sin embargo, los alumnos tienen a su disposición implementado el TAD lista y el TAD árbol (con sus recorridos). La solución únicamente debe por tanto preocuparse de hacer un uso correcto de esas estructuras, lo que requiere menos de 100 líneas de código.

Plantear problemas cuya solución sea corta no es sólo importante para que los alumnos puedan realizarlos en el tiempo asignado, sino para que la carga por parte del profesor no sea excesiva. Como se ha dicho, antes de realizar la actividad es necesario implementar la solución de referencia que, en este caso, no llevó más de 10 minutos. Algo más laboriosa es la creación de los casos de prueba que deben discernir entre las soluciones correctas e incorrectas. Para poder crear casos de prueba exhaustivos, normalmente se programan generadores que los construyen. En este caso, la aplicación contenía 80 líneas de código, y escribía listas desde 1 hasta 50 elementos, luego algunas listas con números repetidos, y terminaba con dos listas de números grandes de más de 50.000 elementos.

Como referencia, a continuación se describen brevemente los ejercicios realizados en todas las sesiones de ejercicios durante el cuatrimestre, y su objetivo dentro del curso:

1. *Dígitos*: dado un número escribir sus dígitos separados y la suma de los mismos. Por ejemplo para el 3433, escribir  $3 + 4 + 3 + 3 = 13$ . No se permitía usar recursión, de forma que obligatoriamente tenían que hacer uso del TAD *Pila* visto en clase.
2. *Paréntesis balanceados*: dada una cadena con paréntesis, corchetes y llaves, decir si éstos están perfectamente balanceados o no. También exige el uso de pilas.
3. *¿Quién empieza?*: el problema tiene una ambientación en la que estamos al frente de un grupo de niños colocados en círculo. Debemos elegir a uno de ellos, y usamos el procedimiento de ir retirando del círculo uno de cada  $n$  hasta dejar sólo a uno, que será el elegido (y la salida del programa). La solución pone a prueba el uso de colas.
4. *Números afortunados*: una variación del anterior también utilizando colas. Se quita uno de cada dos, luego uno de cada tres, uno de cada cuatro, etc., hasta que sólo queda uno.
5. *James Bond*: se describe un algoritmo de cifrado y descifrado de mensajes y se pide, dado un men-

## Balanceo

Es sabido que para ciertos algoritmos sobre árboles binarios es preferible que éstos estén balanceados. Se entiende por un árbol balanceado aquél en el que la talla de sus dos hijos no difiere en más de una unidad y, además, los dos hijos están a su vez balanceados.

Tan importante es la propiedad de estar balanceado que ciertos árboles garantizan que se mantienen balanceados ante inserciones reestructurándose si es necesario. En el momento en el que se detecta que la inserción de un nuevo elemento ha desbalanceado el árbol, modifica su posición y la de sus nodos cercanos para que, manteniendo el mismo recorrido en inorden, el árbol siga estando balanceado.

Una alternativa más costosa es realizar ese balanceo *a posteriori* en vez de hacerlo de forma incremental en el momento de las inserciones. Esta operación, que requiere memoria adicional, consiste en obtener el recorrido en inorden del árbol y construir desde cero un árbol nuevo de forma que el resultado final esté balanceado (y mantenga el mismo recorrido en inorden).

### Entrada

Cada caso de prueba consiste en una única línea de números enteros terminados con un  $-1$ . La lista de números representa el recorrido en inorden de un árbol que hay que balancear. Ten en cuenta que el recorrido *no* incluye el  $-1$ .

La entrada terminará con un recorrido en inorden vacío, que no generará salida.

### Salida

Para cada caso de prueba se escribirán dos líneas, una con el recorrido en preorden y otra con el recorrido en postorden del árbol balanceado.

Si existen varias opciones para obtener el árbol balanceado, se elegirá aquella en la que el hijo izquierdo tenga un nodo más que el hijo derecho.

Pon una línea en blanco para separar cada caso de prueba.

### Entrada de ejemplo

```
1 2 3 4 -1
1 2 3 4 5 -1
-1
```

### Salida de ejemplo

```
3 2 1 4
1 2 4 3

3 2 1 5 4
1 2 4 5 3
```

Figura 1: Enunciado utilizado en la evaluación continua adaptado de un problema de la hoja de ejercicios.

- saje cifrado, describirlo. El método exige el uso de pilas y colas de caracteres.
6. *Árboles de Fibonacci*: se definen los árboles de Fibonacci y se pide, dado un  $n$  pintar (utilizando un formato parecido al utilizado por comandos tipo `tree`) el árbol asociado a ese  $n$ . Pone a prueba los conceptos de árboles binarios y su construcción recursiva.
  7. *De-reconstrucción*: dados los recorridos en preorden e inorden de un árbol de enteros no repetidos, escribir su recorrido en postorden. Requiere la construcción del árbol a partir de los dos recorridos (manejando listas y recursión).
  8. *Ductilidad de árboles binarios*: igual que el anterior, pero en vez de darles preorden e inorden, se les daba inorden y postorden.
  9. *Me pilló el toro*: ejercicio para utilizar árboles de búsqueda, almacenando en él las notas agregadas de la evaluación continua de distintos alumnos para generar la lista final por orden alfabético.
  10. *Balanceo*: explicado anteriormente (Figura 1).
  11. *Elévame*: implementar la exponenciación rápida utilizando divide y vencerás. Para evitar el desbordamiento, debía calcularse *módulo* 31543 (que es un número primo).
  12. *Números de Fibonacci*: parecido al anterior pero con exponenciación de matrices 2x2 para el cálculo rápido de números de Fibonacci.

## 5. Resultados

Desde el punto de vista del trabajo del profesor creemos que este método de evaluación continua es *cómodo*, en el sentido de que el cuatrimestre termina

con doce actividades evaluadas sin suponer una carga de trabajo excesiva. De hecho, la carga de trabajo es la misma independientemente del número de alumnos por lo que desde un punto de vista estadístico, es más eficiente cuantos más alumnos haya matriculados.

Sin embargo, los resultados para los alumnos no han sido todo lo positivos que nos gustaría. La experiencia nos ha presentado una realidad abrumadora y preocupante: nuestros alumnos de los grados en informática *no están acostumbrados a programar*. Todos los alumnos eran de segundo curso por lo que se supone al menos un curso de *Fundamentos de la Programación*. Somos conscientes de que algunos de ellos podían no tenerla aprobada, pero al menos deberían tener la soltura suficiente como para poder enfrentarse a las pequeñas aplicaciones que les pedíamos (en nuestras titulaciones en primero también se utiliza C++). Muchos de ellos tenían problemas para hacer compilar su código o incluso en el uso del entorno de desarrollo. Alguno incluso llegaba a rebelarse porque, al no ser capaces de poner correctamente condiciones de bucles, alegaban que eso era temario “del año pasado” y no de éste. Ni siquiera la primera actividad evaluada que consistía en escribir los dígitos de un número fue resuelta por todos los alumnos.

Otro aspecto que también nos llamó la atención fue el poco esmero y dedicación en hacer aplicaciones que funcionen *en todos los casos*. Dada la masificación de los grupos de primero, en la asignatura de programación se dedica poco tiempo en comprobaciones exhaustivas de casos límite o gestión de errores. Eso hace que lleguen a segundo con la filosofía de hacer aplicaciones que funcionen para los casos “normales” (en nuestro caso aquellos que aparecen como ejemplo en el enunciado) sin preocuparse de los casos especiales o conflictivos (aquellos ocultos en los casos de prueba del juez). Era normal tener que defender la validez de los casos de prueba para hacerles entender que el problema no estaba en ellos sino en su solución.

Los comentarios de los alumnos llegaron a extremos sorprendentes. Los ejercicios 7 (*De-reconstrucción*) y 8 (*Ductilidad de árboles binarios*) son muy similares, y en lugar de ver el segundo como una oportunidad de conseguir una buena puntuación, muchos lo vieron como una decisión intencionada para perjudicarles.

Pese a esa apreciación negativa por parte de los alumnos, creemos que la experiencia ha sido positiva y pretendemos repetirla a lo largo del presente curso. En el aula se les hará más hincapié en la necesidad de que *programen* las cosas que se ven en clase. Además, dado que ya contamos con la colección de ejercicios utilizada el año pasado, es nuestra intención dejarla disponible para que puedan practicar con ella para prepararse para las pruebas.

La Figura 2 muestra una vista parcial de la tabla con

los envíos de los alumnos a lo largo de todas las evaluaciones. Cada fila representa a uno de los equipos y cada columna a un problema. Los problemas evaluables están numerados del 1 al 12 con la salvedad de que el problema número 2 es en realidad el llamado *Parentes*. A continuación aparece una columna *Train??* por cada problema, lo que les permitía hacer envíos tardíos de los ejercicios para probar sus soluciones. El orden de los equipos no debe interpretarse de ninguna forma (están ordenados por número de problemas resueltos *en total*, incluyendo los de entrenamiento, que quedan fuera de la imagen).

Las celdas en verde marcan que el equipo consiguió enviar una solución correcta (los números interiores tienen sentido en el contexto de un concurso pero no son usados en nuestro caso). Las celdas rojas indican equipos que hicieron algún intento de resolver el problema pero no lo consiguieron. Como puede verse, incluso en la “zona alta de la tabla” hay muchas celdas en blanco, lo que implica que el grupo no fue capaz de tener una solución que pasara los casos de ejemplo del enunciado y por tanto no intentaron ningún envío.

## 6. Evaluación de la evaluación continua

Aunque de manera imprevista, la experiencia ha servido para poner de manifiesto que desde primero debería acercarse a los alumnos mucho más hacia los ordenadores. En general la mayor parte de nuestros alumnos tiene poca o ninguna simpatía a estar delante del ordenador poniendo a prueba los conceptos adquiridos. Creemos que es algo que deberían hacer por ellos mismos sin necesidad de empujarles, pero dado que no parecen tener esa tendencia, tenemos que encontrar los mecanismos para que lo hagan. Una posible vía es el uso de los jueces en línea como el de la Universidad de Valladolid comentado anteriormente. A pesar de que muchos de los problemas que hay en él tienen una dificultad que escapa a lo que un alumno de primero puede resolver, es cierto que hay muchos (tal vez unos pocos cientos) que sí están a su alcance. Además, contienen enunciados motivadores o entretenidos, que los hacen mucho más apetecibles que los habituales en las hojas de ejercicios de primero.

La evaluación continua consiste, como decíamos al principio del artículo, en un cambio de paradigma en el que pasamos a evaluar *el proceso*. La evaluación continua pura, por tanto, utilizaría directamente las pruebas incrementales semanales para calificar a los alumnos. Nosotros hemos utilizado sin embargo una aproximación mixta en el que la calificación conseguida con la evaluación continua es un *complemento* a la nota final alcanzada mediante un examen tradicional.

#	AFFIL.	TEAM	SCORE	1	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	PARENTES	TRAIN1	TRAIN10	TRAIN11
1	UCM	Grupo01	22 2004777	2 (3613 + 20)	2 (114422 + 20)	1 (124496 + 40)	3 (124510 + 20)	2 (23752 + 20)	2 (33863 + 20)	1 (43936 + 0)	1 (53950 + 0)	0	1 (84218 + 0)	1 (94253 + 0)	8 (13707 + 140)	1 (119002 + 0)	4 (133137 + 60)	1 (1248 + 0)
2	UCM	Grupo02	16 1636607	5 (3630 + 80)	0	2 (124508 + 20)	0	3 (23774 + 40)	0	3 (43950 + 40)	0	0	0	3 (94274 + 40)	0	0	4 (132478 + 60)	2 (1248 + 20)
3	UCM	Grupo03	15 1114156	1 (3617 + 0)	2 (114427 + 20)	1 (124490 + 20)	2 (124507 + 0)	2 (23749 + 20)	2 (33835 + 20)	1 (43906 + 0)	2 (53955 + 0)	1 (74090 + 0)	1 (84186 + 0)	1 (94250 + 0)	1 (13701 + 0)	0	1 (124510 + 0)	0
4	UCM	Grupo06	12 808571	11 (5338 + 200)	3 (114442 + 40)	2 (124496 + 20)	0	3 (23748 + 40)	1 (33846 + 20)	2 (43954 + 20)	2 (53936 + 20)	4 (74090 + 0)	1 (84160 + 0)	2 (94256 + 20)	4 (13701 + 60)	1 (54023 + 0)	0	0
5	UCM	Grupo12	11 674583	1 (3624 + 0)	2 (114447 + 20)	1 (124512 + 0)	0	1 (23768 + 0)	2 (33846 + 20)	2 (43954 + 20)	2 (53967 + 0)	0	1 (84203 + 0)	1 (94276 + 0)	1 (13700 + 0)	0	0	0
6	UCM	Grupo08	11 774737	5 (124492 + 0)	0	1 (124505 + 0)	0	2 (23772 + 20)	1 (33859 + 20)	1 (43925 + 0)	0	0	0	2 (94282 + 20)	0	3 (46103 + 40)	0	1 (1260 + 0)
7	UCM	Grupo24	9 1043013	1 (124529 + 60)	0	1 (124505 + 0)	0	0	2 (33859 + 20)	2 (43912 + 20)	2 (53942 + 20)	0	2 (94273 + 0)	1 (94273 + 0)	1 (13706 + 0)	2 (143645 + 20)	1 (122021 + 80)	4
8	UCM	Grupo21	7 853167	1 (124529 + 60)	0	4 (124515 + 20)	0	1 (23774 + 0)	0	0	0	0	0	2 (94261 + 20)	5 (122021 + 80)	0	0	0
9	UCM	Grupo25	6 325611	1 (3627 + 0)	0	2 (124522 + 20)	0	0	1 (33856 + 20)	0	6 (53966 + 100)	0	0	1 (94258 + 0)	1 (13706 + 0)	0	0	0
10	UCM	Grupo18	6 354268	2 (3627 + 20)	0	2 (124515 + 20)	0	0	2 (33856 + 20)	1 (43912 + 20)	4 (53969 + 60)	0	0	1 (94269 + 0)	1 (13706 + 0)	0	0	0
11	UCM	Grupo04	5 322121	6 (5115 + 100)	0	1 (124518 + 0)	0	0	1 (33856 + 20)	0	3 (53949 + 40)	0	0	2 (94261 + 20)	1 (13706 + 0)	0	0	0
12	UCM	Grupo05	5 332071	8 (4899 + 0)	0	3 (124500 + 0)	0	3 (23774 + 0)	0	0	0	0	6 (84288 + 0)	2 (94270 + 0)	2 (13706 + 0)	0	0	0

Figura 2: Tabla (parcial) con los envíos realizados por los alumnos.

Curiosamente, esto pone a prueba a la propia evaluación continua, que debe estar de alguna manera relacionada con el resto de mecanismos de evaluación y ser coherente con ellos. En concreto, debería medir aspectos similares de la disciplina a los que mide el examen final, aunque sea mediante herramientas diferentes. Dicho de otro modo, la evaluación continua debería permitir predecir la nota final de los alumnos; en otro caso, no estaríamos diseñando correctamente los mecanismos de evaluación. A modo de ejemplo, si en nuestra asignatura, a pesar de haberles pedido programar en C++ durante las pruebas de evaluación continua, en el examen les pidiéramos, por ejemplo, verificación formal de los algoritmos implementados, la relación de ambas calificaciones sería, presumiblemente, muy pequeña.

El número de alumnos no es lo suficientemente grande como para que los resultados sean estadísticamente significativos, por lo que no hemos realizado un análisis en profundidad de la relación entre las notas de la evaluación continua y la del examen final. En cualquier caso, sí es posible identificar un gran grupo de alumnos que mantienen un resultado similar en ambas calificaciones, aprobando (o suspendiendo) las dos con notas similares.

También hay algunos casos en los que se observa un ascenso en la nota conseguida en el examen final

frente a la de los ejercicios semanales. Suponemos que esto es debido a que, sencillamente, hay alumnos que estudian al final e ignoran la evaluación continua. Normalmente son los alumnos más capacitados los que se pueden permitir el lujo de dejar para el final prepararse las asignaturas y, aun así, aprobar. Curiosamente son ellos los grandes perjudicados por el EEES y el Plan Bolonia, dado que la manera de evaluar les exige un *trabajo continuo* que ellos no hacen por preferir (y ser capaces de) concentrar todo el esfuerzo al final del cuatrimestre y aun así superar las asignaturas.

Queda un tercer grupo de alumnos que, habiendo conseguido calificaciones positivas durante la evaluación continua, suspenden en el examen final. Son estos alumnos los que ponen en duda si los ejercicios semanales y el examen final sirven realmente para comprobar las mismas capacidades o si, por el contrario, los profesores hemos planteado mal alguna de las dos cosas.

Analizando nuestros resultados, hemos encontrado a tres alumnos en esa situación, dos de ellos con diferencias de calificación extremadamente altas. Un estudio un poco más cuidadoso desvela la causa. Como se ha comentado, los ejercicios semanales son resueltos *por grupos* de dos alumnos. En los tres casos, el *compañero* había sacado una calificación en el examen acorde a la conseguida en la evaluación continua.

## 7. Conclusiones y trabajo futuro

El artículo ha descrito el uso de *software* de gestión de concursos de programación, disponible de forma gratuita, para la evaluación continua de los alumnos en la asignatura de Estructuras de Datos y Algoritmos, en segundo de Grado. Obviando la puesta en marcha del sistema (instalación y registro de los usuarios), el esfuerzo por parte del profesor es manejable, y escala perfectamente independientemente del número de alumnos matriculados. Es necesaria una dedicación previa a cada tarea planteada a los estudiantes que en ninguno de los 12 ejercicios planteados durante la experiencia ha supuesto más de dos horas.

Los resultados han sido satisfactorios en lo referente a la utilidad de la evaluación y a la relación con el resultado de los alumnos en el examen final. Aunque de manera informal, se ha comprobado que en general aquellos alumnos que demostraban haber dedicado tiempo a los ejercicios semanales se veían compensados con una calificación positiva en el examen final. En los casos que no ha sido así, los datos han demostrado que se ha debido a que la calificación positiva conseguida durante la evaluación continua era debida al compañero de grupo.

A pesar de estos resultados, la recepción de este mecanismo de evaluación por parte de los alumnos ha sido desigual. Las mayores quejas han puesto de manifiesto una falta de agilidad programando que deberían haber adquirido en primero. Esto nos lleva a plantearnos la idea de generalizar el uso de sistemas de gestión de concursos de programación con ejercicios pensados específicamente para los alumnos de los primeros cursos. En esta línea estamos creando un sistema similar al juez de la Universidad de Valladolid, pero que contendrá una colección de ejercicios en español pensados para la docencia. En él, dejaremos disponibles los enunciados de los ejercicios desarrollados durante esta experiencia y durante la organización de las diferentes ediciones del concurso de programación para ciclos formativos ProgramaMe<sup>5</sup>. Esperamos con él animar a los alumnos, desde primero, a *aprender a programar programando*, de manera autónoma gracias a la corrección automática de sus soluciones.

## Referencias

- [1] E. Verdú, R.M. Lorenzo, M.A. Revilla, y L.M. Regueras. *A new learning paradigm: competition supported by technology*. Sello editorial, 2010.
- [2] M. Arevalillo-Herráez, R. Pérez-Muñoz, y Y. Ezbakhe. Evaluación automática de aportaciones en un sistema basado en wikis. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 59–66, 2010.
- [3] M. A. Gómez Martín, G. Jiménez Díaz, y P. P. Gómez Martín. Test de unidad para la corrección de prácticas de programación, ¿una estrategia win-win? En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 51–58, 2010.
- [4] G. Jimenez-Diaz, J. A. Recio-Garcia, B. Diaz-Agudo, y G. Flórez-Puga. Uso de competiciones y sistemas de clasificación como metodología de evaluación de una asignatura. En *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 25–32, 2012.
- [5] R. Lawrence. *A new learning paradigm: competition supported by technology*, chapter Motivating students using competitive programming, páginas 11–40. Sello editorial, 2010.
- [6] A. Martínez-Usó y P. Garcia-Sevilla. Concurso de proyectos en la asignatura “Percepción Visual” del máster en sistemas inteligentes. En *Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 105–112, 2012.
- [7] E. Mosqueira-Rey. La evaluación continua y la autoevaluación en el marco de la enseñanza de la programación orientada a objetos. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 223–230, 2010.
- [8] W. B. Poucher y M. A. Revilla. *From Baylor to Baylor*. Lulu Enterprises, 2009.
- [9] F. P. Romero, J. Serrano-Guerrero, y H. Pérez de Inestrosa. CUESTOR: Una nueva aproximación integral a la evaluación automática de prácticas de programación. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 493–500, 2010.
- [10] F. Sánchez Carracedo, J. J. Escribano Otero, M. J. García García, J. González Rodríguez, y E. Millán Valldeperas. Ideas para reducir el trabajo del prof-EEES-or. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 301–308, 2010.
- [11] M. Valero y J. J. Navarro. Una colección de metáforas para explicar (y entender) el EEES. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, (JENUI)*, páginas 293–300, 2010.
- [12] E. Verdú y R. M. Lorenzo. *A new learning paradigm: competition supported by technology*, chapter Effective Strategies for Learning: Collaboration and Competition, páginas 11–40. Sello editorial, 2010.

<sup>5</sup><http://www.programa-me.com>

# **Trabajo fin de grado y Prácticum**



# Evaluación del Trabajo de Fin de Grado

Fermín Sánchez, Joan Climent, Julita Corbalán, Pau Fonseca, Jordi García,  
Josep-Ramon Herrero, Xavier Llinàs, Horacio Rodríguez y Maria-Ribera Sancho

Facultat d'Informàtica de Barcelona.

Universitat Politècnica de Catalunya, UPC-Barcelona Tech  
Barcelona

fermin @ ac.upc.edu, juan.climent @ upc.edu, juli @ ac.upc.edu, pau @  
fib.upc.edu. jordig @ ac.upc.edu, josepr @ ac.upc.edu, xavier.llinas @  
ac.upc.edu, horacio @ lsi.upc.edu, ribera @ essi.upc.edu

## Resumen

Los Proyectos de Fin de Carrera (PFC) se han evaluado tradicionalmente a partir de una memoria y de una presentación pública. Esta evaluación, en general, la realiza un tribunal formado por varios profesores, que juzga de forma integral el proyecto a partir de la documentación entregada y de su presentación pública. Para poner la nota final los centros no disponen, en general, de unos criterios claros y precisos, por lo que cada tribunal usa su propia experiencia previa para decidir la nota de cada proyecto.

Los Trabajos de Fin de Grado (TFG) substituyen en los nuevos planes de estudios de las ingenierías a los antiguos PFC. La evaluación de los TFG debe considerar, de forma explícita, tanto las competencias específicas como las genéricas, y es necesario que existan criterios claros sobre la forma de evaluarlas. Para avanzar en este sentido, el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Catalunya financiaron en 2008 y 2009 el proyecto "Guía para la evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Grado y de Máster en las Ingenierías". Esta guía es, en realidad, una guía para ayudar a que cada centro/titulación defina su propio procedimiento de evaluación del TFG.

En este trabajo se presenta una implementación de las propuestas contenidas en la guía y se define una metodología para evaluar los TFG a partir de las competencias que se trabajan en la titulación de Grado en Ingeniería Informática de la Facultat d'Informàtica de Barcelona. La metodología puede ser fácilmente replicada o adaptada para otros centros y otras titulaciones, lo que puede facilitar la realización de su propia guía de evaluación de los TFG.

## Abstract

Final Degree Projects (FDP) have traditionally been evaluated from a project report and a public presentation. This assessment is generally performed by a

panel of several teachers who judge comprehensively the project from the documentation provided and analyze the public presentation. In general, schools do not have clear and precise criteria to set the final grade, as each panel uses its own previous experience to decide the mark of each project.

The Bachelor Degree Thesis (BDT) replaced the former FDP in the new engineering curricula. Evaluation of FDP should consider explicitly both specific and professional skills, and clear criteria on how to assess competencies is required. To advance in this issue, the Ministry of Science and Innovation and the Quality Agency for the University System in Catalonia funded in 2008 and 2009 the project "Guía para la evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Grado y de Master en las Ingenierías". This guide is actually a guide to help each school / degree to define its own procedure for assessing the BDT.

This paper presents an implementation of the suggestions contained in the guide and defines a methodology for assessing the BDT considering the professional skills trained in the Computer Engineering Degree from the Barcelona School of Informatics. The methodology can be easily replicated or adapted for other centres and degrees, which can facilitate the realization of its own guidance for the BDT evaluation.

## Palabras clave

Trabajos de Fin de Grado, evaluación de TFG, evaluación de competencias genéricas, Proyectos de Fin de Carrera

## 1. Introducción

En curso 2012-2013 han comenzado a presentarse los primeros Trabajos de Fin de Grado (TFG) en las titulaciones españolas de Grado. Los TFG deben ser evaluados de forma diferente a como hasta ahora se han evaluado los Proyectos de Fin de Carrera (PFC).

La evaluación de los PFC considera de forma conjunta competencias específicas y genéricas. Por ejemplo, la expresión oral y escrita se evalúa en todos los proyectos, aunque generalmente no de forma explícita ni siguiendo unos criterios unificados. En general, los PFC son evaluados por un tribunal formado por varios profesores, entre los cuales puede estar incluido el director. La evaluación se realiza a partir de un informe y de una presentación pública del proyecto. El informe y el trabajo del proyectista han sido normalmente supervisados por el director del proyecto, y el tribunal evalúa generalmente la calidad técnica del proyecto, la calidad del informe escrito y la calidad de la presentación oral. Generalmente, estos tres aspectos son evaluados de forma conjunta y dan lugar a una nota única, que es la nota final del PFC.

La mayoría de los centros no ofrece a sus estudiantes documentación que detalle lo que se espera del informe de un proyecto, de su presentación o del propio contenido técnico. Estos aspectos quedan generalmente supeditados a la experiencia y dedicación del director del proyecto, que tiene la misión de formar a sus proyectistas en sus carencias a la hora de realizar el PFC. Este hecho conduce a que, en la mayoría de casos, la nota del proyecto no dependa sólo de la calidad del proyecto en sí, sino también del tribunal que lo evalúa y de la experiencia del director. Distintos tribunales podrían poner notas diferentes al mismo proyecto, ya que los criterios de evaluación no están explícitamente definidos.

En los TFG, por el contrario, las competencias deben evaluarse de forma explícita, tanto las específicas como las genéricas. En lugar de una única nota final, como en el caso de los PFC, la calificación del TFG debería generarse a partir de un conjunto de notas de las diferentes competencias trabajadas. Para resolver los problemas de arbitrariedad detectados en la evaluación de PFCs, deben establecerse criterios claros que permitan evaluar cada una de las competencias, de forma que exista una trazabilidad. Además, la publicación de estos criterios servirá para guiar al estudiante sobre cómo realizar y documentar su TFG.

Con este propósito, entre 2008 y 2009 el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Catalunya financiaron el proyecto “Guía para la evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Grado y de Máster en las Ingenierías” [1,4]. Esta guía es, en realidad, una guía para ayudar a que cada centro/titulación defina su propio procedimiento de evaluación del TFG. El siguiente apartado describe brevemente las ideas principales de la guía.

## 2. La guía de evaluación de TFGs

Tal como se explica en [4], la guía establece un procedimiento de diseño en seis etapas de la guía de evaluación del TFG en la titulación:

1. Definir las competencias asociadas al TFG y los indicadores objetivos de cada competencia
2. Definir los hitos de evaluación, las acciones concretas de evaluación que deben realizarse en cada hito y los agentes que llevarán a cabo dichas acciones. Se definen tres posibles hitos:
  - Hito inicial, con dos acciones de evaluación: un informe escrito y una presentación oral,
  - Hito de seguimiento, con una única acción de evaluación de un informe de progreso,
  - Hito final, con dos acciones de evaluación: el informe del proyecto y su presentación pública.
3. Asignar indicadores objetivos a cada una de las acciones de evaluación.
4. Definir una rúbrica para cada indicador, estableciendo de forma clara y objetiva los criterios de evaluación del indicador.
5. Definir los informes que deberán cumplimentar los agentes evaluadores.
6. Definir el criterio para asignar la nota final al TFG a partir de los informes de evaluación.



Figura 1: Procedimiento propuesto en la guía para definir el proceso de evaluación del TFG.

La Figura 1 (extraída de [4]) presenta gráficamente el procedimiento descrito.

Para definir la guía de evaluación del TFG de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB), se nombró una comisión multidisciplinar formada por los autores del presente trabajo. Los miembros de la comisión se reunieron periódicamente entre febrero y julio de

2011 y debatieron las distintas etapas del proceso de definición de la guía, tomando decisiones sobre todos aquellos aspectos que la guía deja abiertos. Desde julio de 2011 hasta julio de 2012, la FIB ha seguido trabajando en la implementación de las recomendaciones de la comisión. Las decisiones tomadas, que han dado lugar al reglamento de evaluación del TFG de la FIB, se detallan en los siguientes apartados.

### 3. Marco de referencia

El plan de estudios de la FIB contempla las cinco especialidades del Real Decreto 1393/2007 [3] (Computación, Ingeniería de Computadores, Ingeniería del Software, Sistemas de Información y Tecnologías de la Información). Los estudiantes trabajan y son evaluados de nueve competencias genéricas:

- Actitud emprendedora e innovación
- Sostenibilidad y compromiso social
- Lengua extranjera
- Comunicación eficaz oral y escrita
- Trabajo en equipo
- Uso apropiado de los recursos de información
- Aprendizaje autónomo
- Actitud adecuada frente al trabajo
- Razonamiento

Se decidió que todas las competencias deben ser evaluadas en el TFG, a excepción de la lengua extranjera y trabajo en equipo (los TFG son individuales en la FIB, salvo excepciones). La lengua extranjera se evalúa de forma opcional y a petición del estudiante, ya que en nuestra universidad (la UPC) los estudiantes deben demostrar durante sus estudios de Grado que poseen un nivel B2.2 o superior (en el caso del inglés). Si no lo han acreditado con los mecanismos previstos para ello, pueden hacerlo escribiendo y presentando el TFG en inglés. En cualquier caso, la nota de la competencia “lengua extranjera” no afecta a la nota final del TFG.

El plan de estudios de la FIB prevé un TFG de 18 ECTS. El TFG puede realizarse en una universidad extranjera a través de un programa de movilidad. La mayoría de las universidades europeas establecen un TFG de 15 ECTS (también algunas americanas y asiáticas con las que mantenemos convenios de cooperación), por lo que para hacer compatible nuestro TFG con un convenio de movilidad, los 18 créditos se han dividido en dos bloques:

- Un bloque de 15 créditos para realizar un proyecto, similar en número de créditos a los que se realizan en muchas universidades extranjeras.
- Un bloque de 3 créditos en los que el alumno se forma en aspectos de gestión de proyectos. Este bloque, que denominamos GEP, se organiza como una asignatura semipresencial y se detalla en el Apartado 4.

Los dos bloques tienen una única nota correspondiente a los 18 créditos. Muchas universidades extranjeras tienen asignaturas similares a GEP, por lo que resulta sencillo establecer convalidaciones.

### 4. GEP: Gestión de Proyectos

GEP se organiza como un seminario intensivo semipresencial de tres semanas de duración. Se cursa dos veces al año, en febrero y en julio, coincidiendo con el final de los semestres de clase regular. Las dos primeras semanas de GEP coinciden con las dos últimas semanas del semestre, dedicadas fundamentalmente a evaluaciones curriculares y matrícula. En el semestre de otoño (septiembre-febrero) la tercera semana se cursa simultáneamente con la primera semana de docencia de un curso regular. En el semestre de primavera (marzo-julio) no existe solapamiento alguno con otras asignaturas. Los motivos para esta distribución son varios:

- Los estudiantes que cursan GEP están acabando los estudios, por lo que probablemente no cursarán ninguna asignatura simultáneamente con GEP o cursarán unas pocas asignaturas optativas, que probablemente no requerirán demasiada dedicación durante la primera semana de clase (caso del semestre de otoño).
- Cursar GEP al final de un semestre permite al estudiante hacer su TFG en el siguiente semestre, por lo que el alumno recibe formación en gestión de proyectos antes de realizar su TFG. Esto permite cursar el TFG el octavo semestre de carrera, y por tanto acabar los estudios de Grado en los cuatro años previstos.
- Los créditos de TFG equivalen en nuestra universidad a 30 horas de trabajo del estudiante. Los 3 créditos de GEP corresponden por lo tanto a 90 horas, o 30 horas por semana, lo que consideramos un ratio razonable para un seminario intensivo, incluso durante la última semana de clase, en la que GEP podría simultanearse con alguna asignatura optativa regular.
- Permite el seguimiento de la asignatura a aquellos estudiantes que estén realizando movilidad y no dispongan de una asignatura como GEP en el centro donde realizarán el TFG, y también a los que realizan el TFG en una empresa, ya sea nacional o extranjera.

Con respecto a los objetivos de GEP, se distribuyen en cuatro módulos, tres comunes para todos los alumnos y uno específico de la especialidad en que están matriculados (el TFG forma parte de la especialidad). En este módulo se tratan los aspectos singulares de la gestión de proyectos de la especialidad. Los cuatro módulos se trabajan de forma no presencial.

A medida que el estudiante avanza en GEP, debe ir presentando diferentes informes en los que aplica los

conocimientos adquiridos a su TFG. Consideramos que el 50% del tiempo del estudiante debe dedicarse a estudiar los cuatro módulos de GEP y el otro 50% a aplicar lo aprendido a la elaboración de su su TFG. Hacia la mitad del curso, la documentación generada por cada estudiante es presentada muy brevemente (tres minutos) en un video de cuerpo entero que se envía al profesor, el cual proporciona realimentación. Al finalizar las tres semanas del curso se realiza una presentación pública de 5 minutos en formato presencial (o por videoconferencia o un sistema similar para los estudiantes que están en el extranjero) de todo el trabajo realizado, y los estudiantes reciben realimentación en directo del profesor. La evaluación de esta presentación y de los informes elaborados durante el curso la realizan el profesor de GEP y el director del proyecto, y el resultado es la evaluación del Hito inicial. A continuación se describen brevemente los cuatro módulos de GEP y los temas en que el estudiante debe presentar documentación acreditando que está aplicando a su TFG lo aprendido en GEP:

- Módulo 1: Herramientas TIC de soporte a la gestión de proyectos y equipos. En este módulo se tratan los siguientes temas: (1) aplicaciones específicas de gestión de proyectos, (2) recursos en Internet para la gestión y (3) gestión del TFG a través de la red.
- Módulo 2: Aspectos básicos de la gestión de proyectos. En este módulo se tratan los siguientes temas: (1) gestión integral de proyectos (2) gestión del alcance -entregable 1: definición del alcance-, (3) gestión del tiempo -entregable 2: planificación temporal-, (4) gestión económica -entregable 3: presupuesto-, (5) otras áreas de gestión.
- Módulo 3: Habilidades personales y profesionales para la gestión de proyectos y equipos. En este módulo se tratan los siguientes temas: (1) gestión de personas y equipos -entregable 4: presentación preliminar-, (2) habilidades informacionales -entregable 5: contextualización y bibliografía-, (3) técnicas de comunicación eficientes.
- El contenido del módulo 4 depende de la especialidad, y en el módulo se detallan las características especiales y diferenciales que tienen los proyectos de cada especialidad.

Al finalizar los cuatro módulos, el estudiante debe entregar un documento que recopile todos los entregables realizados hasta el momento (introducción y estado del arte, alcance del proyecto, planificación temporal, presupuesto y referencias bibliográficas consultadas), adaptados según los criterios descritos en el módulo 4. Esta recopilación y su presentación pública es la que será evaluada en el Hito Inicial.

La forma de evaluación del TFG se detalla en el siguiente apartado.

## 5. Hitos de Evaluación/Indicadores

Hemos decidido evaluar el TFG mediante tres hitos y tres acciones de evaluación. Tanto en el Hito inicial como en el Hito final, la evaluación de la documentación entregada y su presentación pública se realiza en una única acción de evaluación. Cada hito tiene su propio agente evaluador y la evaluación se realiza a partir de un conjunto de indicadores cuya valoración se define de forma precisa mediante una rúbrica.

Para facilitar los procesos de evaluación, se ha diseñado una aplicación informática en la que los diferentes agentes evaluadores pueden introducir de forma rápida y sencilla sus calificaciones, seleccionando directamente su valoración sobre la rúbrica de cada indicador. A partir de la información obtenida en los tres actos de evaluación, la aplicación calcula de forma automática la nota final del TFG.

### 5.1. El Hito inicial

El Hito inicial se realiza durante el primer mes de trabajo del estudiante en su TFG, mientras cursa GEP. En el Hito Inicial se evalúan los informes presentados por el estudiante en GEP y la presentación pública realizada a sus compañeros. La presentación se realiza en el marco de la asignatura GEP, y el agente evaluador es el profesor responsable de GEP. El informe es evaluado tanto por el profesor de GEP como por el director del TFG, que también actúa como agente evaluador.

La rúbrica del Hito Inicial tiene ocho indicadores, cuatro para evaluar la presentación pública y otros cuatro para evaluar la documentación presentada. Los ocho indicadores (resumidos) son:

- la formulación del problema a resolver,
- una planificación inicial del trabajo a realizar, describiendo cómo se va a realizar el seguimiento de dicha planificación, y un análisis inicial de costes,
- la descripción de la metodología que va a usarse, las herramientas de seguimiento y el método de validación de resultados,
- un análisis inicial del posible impacto del proyecto en términos sociales, ambientales y económicos (análisis de sostenibilidad),
- escribir de forma clara y correcta,
- comunicación oral: lenguaje verbal,
- comunicación oral: lenguaje no verbal,
- comunicación oral: uso solvente de elementos de soporte.

La presentación pública es presencial para los estudiantes matriculados en la FIB, pero puede realizarse a través de un sistema de videoconferencia (por ejemplo a través de Skype o de sistemas similares) para los estudiantes que están de movilidad. Los estudiantes que realizan el proyecto en empresa

pueden escoger realizar la presentación de forma presencial o telemática.

La presentación oral del informe se realiza en grupos reducidos de 8-10 estudiantes, y cada estudiante dispone de 5 minutos para realizar su presentación y 5 minutos para contestar preguntas del profesor o de sus compañeros. El profesor da realimentación de todas las presentaciones.

El director o el profesor de GEP pueden, si lo consideran conveniente, incluir comentarios en su evaluación sobre, por ejemplo, las posibles deficiencias en la definición de objetivos o en la planificación, y eventuales propuestas para su corrección.

En caso de que el estudiante no supere satisfactoriamente el Hito inicial, debe repetir GEP el siguiente semestre, ya que el Hito inicial se considera fundamental para una correcta realización del Trabajo de Fin de Grado.

Al finalizar el Hito inicial, el estudiante propone y planifica en qué momento se realizará la acción de evaluación correspondiente a su Hito de seguimiento, que debería producirse más o menos cuando se ha realizado el 50% del TFG. Dado que se estima que la duración de un proyecto estará entre 4 y 6 meses, el Hito de seguimiento debería producirse dentro de los dos o tres meses siguientes a la evaluación del Hito Inicial.

## 5.2. El Hito de seguimiento

El Hito de seguimiento se evalúa a partir del informe de seguimiento y de una entrevista (opcional) con el director. El director/ponente del TFG actúa como agente evaluador. La rúbrica del Hito de seguimiento tiene ocho indicadores, dos de los cuáles ya han sido previamente evaluados en el Hito inicial (aunque no con la misma rúbrica):

- la contextualización del proyecto, descripción de los antecedentes y análisis de posibles soluciones y tecnologías,
- el seguimiento de la planificación justificando los eventuales ajustes realizados,
- si se han producido cambios en la metodología propuesta, la justificación de los cambios y la descripción de la nueva metodología,
- la justificación de la opción seleccionada,
- la capacidad del estudiante para tomar iniciativas y decisiones, sopesando los riesgos y las oportunidades,
- la capacidad del estudiante de implicarse en el trabajo, mostrando una actitud y comportamiento profesional,
- la integración de conocimientos y la generación de soluciones creativas,
- la identificación de las regulaciones (leyes normas, etc.) susceptibles de ser aplicadas en el proyecto.

El director/ponente puede proponer al estudiante cambios en lo que considere incorrecto. Si considera que las desviaciones del estado actual del proyecto respecto a lo previsto son muy grandes, puede proponer la realización de una nueva acción de evaluación. La fecha de la nueva acción es acordada con el estudiante. En caso de que sea necesario repetir esta acción varias veces, sólo se evalúa la última acción de seguimiento. En la evaluación se puede premiar a los estudiantes que han hecho un trabajo adecuado (aunque no se ajuste a la planificación inicial) y se puede penalizar a aquellos que han tenido que realizar varias acciones de evaluación de seguimiento no justificadas.

## 5.3. El Hito final

En el Hito final se evalúan la memoria final y la presentación pública del TFG. Ambas acciones son evaluadas por un tribunal, como se hace en la mayoría de centros con los actuales PFC. El Hito final debe celebrarse antes de que se cumpla un año desde que el estudiante matriculó el proyecto. De no ser así, el estudiante debe matricular de nuevo el proyecto (por normativa de la UPC).

La rúbrica del Hito final tiene diez indicadores:

- resolución del problema formulado inicialmente y alcance de los objetivos definidos,
- el seguimiento de la planificación, justificando los ajustes realizados, y la presentación de un análisis del coste del proyecto,
- La existencia de información suficiente para reproducir el procedimiento de análisis, síntesis y evaluación. Si la evaluación es numérica, la presentación correcta y razonada de los números,
- se analiza el impacto del proyecto en términos sociales, ambientales y económicos (análisis de sostenibilidad),
- estructura y organización del trabajo,
- escritura clara y correcta,
- el uso de recursos de información,
- comunicación oral: lenguaje verbal,
- comunicación oral: lenguaje no verbal,
- comunicación oral: uso solvente de elementos de soporte.

Las rúbricas de todos los hitos, así como la información relativa a la evaluación del TFG, son accesibles desde la página web de la FIB.<sup>1</sup>

No se ha definido un formato de memoria de TFG porque consideramos que la casuística de trabajos es muy elevada y definir un formato, aunque fuese un formato distinto para cada especialidad, limitaría la creatividad de los estudiantes y probablemente no se ajustaría bien a algunos proyectos. No obstante, se

<sup>1</sup> <http://www.fib.upc.edu/es/estudiar-enginyeria-informatica/treball-final-grau.html>

exige que todas las memorias comiencen con un resumen del proyecto de una o dos páginas redactado en castellano y en inglés.

Dado que el Real Decreto 1393/2007 [3] define que el TFG debe enmarcarse en una de las cinco especialidades del Grado en Ingeniería Informática, parece adecuado que los TFG se evalúen por especialidades. En la FIB, cada TFG es evaluado por un tribunal específico de su especialidad.

El tribunal puede consultar, si lo desea, los informes de evaluación de los hitos inicial y de seguimiento. El tribunal está formado por tres miembros: un presidente y dos vocales. Al menos dos de los miembros del tribunal deben estar capacitados para evaluar las competencias técnicas del proyecto. El director/ponente de un TFG no puede ser miembro del tribunal que evalúa dicho TFG. Por ello, se nombra un vocal suplente en cada tribunal para casos imprevistos o para suplir a uno de sus miembros en caso de que éste sea director/ponente de uno de los proyectos evaluados.

Se definen dos períodos de evaluación cada semestre, uno hacia mitad del semestre y otro al final (cuatro períodos al año). Se estima que cada período de evaluación puede durar uno o dos días. Los TFG se agrupan en bloques de hasta cinco proyectos que son evaluados por un mismo tribunal en una mañana o en una tarde. El estudiante dispone de 30 minutos para realizar su presentación, y el tribunal puede realizar preguntas o solicitar aclaraciones durante 15 minutos. En caso de que haya más de cinco proyectos para evaluar, se agrupan en un nuevo bloque y son evaluados por un tribunal distinto. Esta estructura facilita que los directores/ponentes no evalúen los proyectos que dirigen, no sobrecarga excesivamente a los profesores que forman parte de los tribunales (su trabajo se limita a una mañana o una tarde más el tiempo de leer las memorias) y garantiza que al menos dos de los miembros del tribunal tienen la capacidad de evaluar técnicamente el proyecto.

Para facilitar que los profesores se acostumbren al nuevo sistema de evaluación, la primera vez que participen en un tribunal serán vocales. El presidente debe haber estado previamente en algún tribunal. Este proceso garantizará que siempre haya al menos un miembro del tribunal con experiencia previa en la evaluación.

## 5.4. Indicadores

Para definir los indicadores, se han usado como punto de partida los indicadores identificados por la "Guía para la evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Grado y de Máster en las Ingenierías". La guía se centra en las 30 competencias genéricas definidas por el proyecto Tuning<sup>2</sup>, y define

indicadores específicos para evaluar el TFG (y el Trabajo Final de Master) en cada una de ellas.

La FIB, como se ha descrito en el Apartado 3, ha seleccionado nueve competencias genéricas para ser trabajadas y evaluadas en los estudios de Grado en Ingeniería Informática. Si bien alguna de estas competencias puede identificarse claramente con alguna de las competencias Tuning (como, por ejemplo, el trabajo en equipo o la comunicación oral y escrita), la mayoría de ellas agrupan varias competencias Tuning o, al menos, aspectos de varias competencias distintas. Por ello, el procedimiento que hemos usado para seleccionar indicadores en cada hito de evaluación ha sido el siguiente:

- Revisar los indicadores de evaluación del TFG de todas las competencias Tuning.
- Seleccionar los indicadores relevantes para evaluar las competencias genéricas de la FIB.
- Agrupar aquellos indicadores que son similares o pueden evaluarse de forma conjunta.
- Añadir los indicadores que se consideren necesarios y no se hayan encontrado en la guía.
- Redistribuir los indicadores entre hitos a partir de la distribución propuesta por la guía, como se muestra en el Cuadro 1. Algunos indicadores pueden aparecer en más de un hito, y su descripción se ha simplificado para hacer el cuadro más claro.
- Revisar los indicadores de cada hito con el objetivo que su número no sea excesivo.
- Asignar los indicadores a las competencias de la FIB, como se muestra en el Cuadro 2.
- Realizar la rúbrica para cada indicador. La rúbrica puede ser distinta para un mismo indicador que aparezca en más de un hito.

El objetivo de este proceso ha sido disponer de un conjunto reducido de indicadores capaz de evaluar las competencias genéricas del TFG.

A partir de una primera versión de los indicadores, realizada por los autores directamente tomando como punto de partida los indicadores de la guía, un grupo de profesores de la FIB, entre los que se encuentran algunos de los autores del presente trabajo, han realizado un trabajo de revisión general y reescritura de los indicadores para darle coherencia a todo el conjunto y han definido el contenido de las rúbricas. El resultado final de todo este trabajo es el que se presenta en esta ponencia.

## 6. Evaluación final

El proceso descrito hasta el momento se ha aplicado a la evaluación de las competencias genéricas. Dada la enorme casuística de los TFG, hemos considerado que este proceso no podía aplicarse a las competencias específicas de la titulación o de la

<sup>2</sup> <http://www.unideusto.org/tuning/>

Indicador	Hito inicial	Hito intermedio	Hito final
Formulación del problema	x		x
Contextualización		x	
Planificación	x	x	x
Metodología y rigor	x	x	x
Considerar diferentes alternativas		x	
Sostenibilidad	x		x
Iniciativa y toa de decisiones		x	
Actitud y comportamiento profesional		x	
Integración de conocimientos y soluciones creativas		x	
Identificación de regulaciones y normas		x	
Estructura y organización del trabajo			x
Escribir de forma correcta	x		x
Utilizar recursos de información			x
Comunicación oral: lenguaje verbal	x		x
Comunicación oral: lenguaje no verbal	x		x
Comunicación oral: uso de elementos de soporte	x		x

Cuadro 1: Distribución de indicadores entre hitos.

	CG1	CG2	CG3	CG4
Indicador 1	X			
Indicador 2		X		X
Indicador 3			X	
Indicador 4		X	X	
Indicador 5	X			
Indicador 6			X	
Indicador 7	X			
Indicador 8	X			X
Indicador 9		X		
Indicador 10				X

Cuadro 2: Ejemplo de distribución de indicadores entre competencias genéricas.

especialidad. De hecho, la “Guía para la evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Grado y de Máster en las Ingenierías” se centra en la evaluación de competencias genéricas y deja a criterio del centro la forma de evaluar las competencias específicas.

El criterio que la FIB ha adoptado para evaluar las competencias específicas ha sido hacerlo durante el Hito final de forma conjunta. Es decir, que los miembros del tribunal competentes para evaluar técnicamente el proyecto decidan, con los criterios que

consideren oportunos para cada proyecto (y para cada proyecto podrían ser distintos), la nota correspondiente a las competencias específicas del TFG. Pensamos que, con una casuística tan elevada de TFGs, es preciso confiar en la experiencia de los miembros del tribunal para evaluar la parte técnica del proyecto. Somos conscientes de que esto repite los mismos errores detectados en la evaluación del actual PFC, pero no vemos una forma mejor de hacerlo. Por otra parte, creemos que el hecho de evaluar varios TFGs en el mismo momento y con el mismo tribunal facilitará una evaluación más equitativa.

En cuanto al porcentaje en la nota final, hemos considerado que las competencias específicas de la titulación deberían valer un 60% de la nota y las competencias genéricas un 40%. Una forma de justificar este porcentaje sería hacerse la siguiente pregunta: ¿Qué nota le pondría usted a un proyecto excelente que ha presentado una memoria horrorosa y ha hecho una presentación pública para olvidar? Según nuestra ponderación, ese proyecto obtendría un 6.

Hemos determinado que todos los indicadores deben tener el mismo peso dentro de cada hito, y para los hitos hemos definido los siguientes pesos: 25% para el Hito inicial, 25% para el Hito de seguimiento y 50% para el Hito final. Dado que este porcentaje corresponde a la evaluación de las competencias genéricas, que supone el 40% de la nota total del TFG, el resultado es que el Hito inicial vale un 10% de la nota final, el Hito de seguimiento otro 10% y el Hito final un 80%: el 20% de la nota destinada a evaluar competencias genéricas y el 60% restante a competencias específicas.

Dado que algunos indicadores son evaluados en más de un hito de evaluación, como puede verse en el Cuadro 1, pensamos que es conveniente no considerar para la nota final las notas de los tres o cuatro peores indicadores, siempre que estos hayan sido evaluados en más de un hito y se haya detectado que su evaluación ha mejorado con el avance del proyecto. Esto permite tener en cuenta que el estudiante ha corregido de forma adecuada las posibles deficiencias detectadas durante la realización del TFG.

Finalmente, en el informe del Hito final se da al tribunal la opción de indicar que el TFG es de excepcional calidad o tiene un valor añadido, ya sea por la calidad del trabajo, por la aplicabilidad de los resultados o por cualquier otra causa que el tribunal considere. Se debe justificar el motivo y en ningún caso puede coincidir con uno de los indicadores ya evaluados. A estos TFG se les puede llegar a sumar hasta un punto a la nota final (el tribunal puede escoger entre medio punto y un punto).

El objetivo de estas medidas es poder detectar aquellos TFG excepcionalmente buenos y cuya evaluación sobresalga con respecto a los demás, consiguiendo incluso la Matrícula de Honor, que el

tribunal puede otorgar según su criterio a aquellos proyectos que hayan obtenido una nota final superior a 9. Todas estas medidas son necesarias porque, cuando una evaluación se produce como la suma de muchos actos evaluativos (como es el caso del TFG, dada la gran cantidad de indicadores involucrados), el resultado suele ser que las notas sufren una distribución normal alejada de las notas más altas, que son muy difíciles de obtener.

Todo el proceso descrito en este apartado es realizado de forma muy sencilla usando la aplicación informática descrita al inicio del Apartado 5. El trabajo del tribunal durante el Hito final consiste en que el tribunal (por medio de su presidente) selecciona en las rúbricas de los indicadores la evaluación de cada indicador y decide si el TFG es de excepcional calidad. En caso de desacuerdo entre los miembros del tribunal, la decisión se toma por mayoría.

Para los TFG realizados en empresas se usa también el sistema de evaluación descrito. Para los TFG realizados en universidades extranjeras se acepta la calificación de la universidad en la que se realizó el proyecto.

Finalmente, a partir de los indicadores evaluados en los tres hitos se puede extraer una nota para cada competencia genérica de la titulación. Esta nota puede servir como nota final de la competencia o puede complementar la nota que haya obtenido hasta el momento el estudiante en dicha competencia en caso de que el centro evalúe de forma independiente las competencias genéricas (como es nuestro caso).

## 7. Guía para el estudiante

Las rúbricas son muy útiles para orientar a los agentes evaluadores y unificar criterios. El caso de la evaluación del TFG, donde actúan diferentes agentes evaluadores formados por diferentes personas, es muy importante disponer de rúbricas precisas que permitan evaluar a los estudiantes eliminando en la medida de lo posible el grado de subjetividad existente en cualquier acto de evaluación.

Sin embargo, las rúbricas precisas tienen un inconveniente: contienen demasiada información para poder servir de orientación al estudiante.

Por ello, de cara a orientar al estudiante, un grupo de profesores de la FIB elaboraron una propuesta basada en el método socrático. Esta propuesta fue presentada en Jenui 2012 [2], y consiste en que la orientación al estudiante se establezca mediante un conjunto de preguntas que los estudiantes deben plantearse durante la realización de su TFG. La respuesta a alguna de estas preguntas debe plasmarse en la memoria final del TFG, mientras que otras preguntas sirven simplemente para que el estudiante se plantee cuestiones que le permitan avanzar en la dirección correcta.

## 8. Conclusiones

El cambio de los Proyectos de Fin de Carrera (PFC) por los Trabajos de Fin de Grado (TFG) representa una excelente oportunidad para replantear la evaluación de estos proyectos y mejorar la forma como se había realizado hasta ahora. Tradicionalmente, la evaluación se realizaba siguiendo criterios poco precisos basados en la experiencia previa de los agentes evaluadores.

Es necesario replantear la forma de realizar la evaluación para los TFG, de forma que exista una trazabilidad de la evaluación y que los criterios de evaluación sean claros y públicos.

En este artículo se presenta una propuesta para la evaluación de los TFG realizada a partir de las recomendaciones de la “Guía para la Evaluación de Competencias de los Trabajos de Fin de Grado y Máster en las Ingenierías”. La evaluación está basada en tres hitos de evaluación: el Hito inicial, el Hito (o Hitos) de seguimiento y el Hito final.

La evaluación en cada uno de los hitos se realiza a partir de un conjunto de indicadores. Los criterios de evaluación de cada indicador están definidos mediante una rúbrica que el estudiante conoce con anterioridad a la realización de su TFG.

## Agradecimientos

A todo el equipo de Elena Valderrama, por el gran trabajo realizado en la “Guía para la Evaluación de Competencias de los Trabajos de Fin de Grado y Master en las Ingenierías”, y a todos los profesores de la FIB que han participado en la implementación final de la normativa del TFG además de los autores, en particular a Marc Alier, Jose Cabré y David López.

## Referencias

- [1] Guia per a l'avaluació de competències als treballs de final de grau i de màster a les Enginyeries, 2009. [http://www.aqu.cat/doc/doc\\_21214293\\_1.pdf](http://www.aqu.cat/doc/doc_21214293_1.pdf) Última consulta, mayo 2013.
- [2] Marc Alier, Jose Cabré, Jordi García, David López y Fermín Sánchez, Preguntas para guiar el Trabajo Final de Grado. Jenui 2012
- [3] Real Decreto 1393/2007, de 29 de Octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. BOE 30 de Octubre de 2007, pág 44037-44048.
- [4] E. Valderrama, M. Rullán, F. Sánchez, J. Pons, F. Cores, J. Bisbal. La evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Estudios. Jenui 2009.

# PRAKTIKUM. O cómo difundir la investigación a los estudiantes de bachiller

Ana Pont  
D. d'Informàtica de Sistemes i  
Computadors

apont@disca.upv.es

Josep Domènech  
D. Economia i Ciències  
Socials  
Universitat Politècnica de València  
València

jdomenech@upvnet.upv.es

José A. Gil  
D. d'Informàtica de Sistemes i  
Computadors

jagil@disca.upv.es

## Resumen

El PRAKTIKUM es una iniciativa de la Universitat Politècnica de València en colaboración con la Conselleria d'Educació, Formació i Ocupació de la Generalitat Valenciana, que tiene como objetivo el acercamiento de los estudiantes de bachiller y ciclos formativos a la investigación científico tecnológica que se desarrolla en el marco de algunas titulaciones impartidas en la Universidad. En este trabajo vamos a presentar cómo hemos llevado a cabo esta iniciativa para el caso de la informática aplicada, cuál ha sido el proyecto a desarrollar dentro de las líneas de investigación que llevamos a cabo y qué ha sido capaz de interesar, integrar y hacer partícipes a un grupo de estudiantes de 16 años durante una semana. Mostraremos la metodología seguida durante la experiencia, los resultados obtenidos y analizaremos su impacto, tanto desde punto de vista de los futuros universitarios, como desde el nuestro.

## Abstract

PRAKTIKUM is an initiative launched by the Universitat Politècnica de València jointly with the Conselleria d'Educació, Formació i Ocupació de la Generalitat Valenciana with the aim of approaching the technological and scientific research made in the frame of some careers offered by this University to the high school students. This paper presents how we have carried out this program for the case of Computer Engineering, which was the project that has been able to interest, integrate and involve a group of 16 year old students for a week. We present the methodology applied during this experience, the obtained results and, finally, we discuss the obtained goals from both their and our own point of view.

## Palabras clave

Investigación, Informática, estudiantes bachiller

## 1. Introducción

El programa PRAKTIKUM se enmarca entre las distintas estrategias que se están llevando a cabo tanto desde el Ministerio de Ciencia e Innovación como desde los gobiernos autonómicos con el fin de difundir e integrar las actividades universitarias entre su entorno social más inmediato. Concretamente se trata de una iniciativa de la Universitat Politècnica de València en colaboración con la Conselleria d'Educació, Formació i Ocupació de la Generalitat Valenciana que tiene como objetivo principal difundir la investigación universitaria entre los estudiantes de primer curso de bachillerato o módulos formativos. Para conseguir este objetivo, el programa propone la integración de un grupo de estudiantes de bachiller en un grupo de investigación universitario durante una semana, con el objetivo de que participen y contribuyan en el desarrollo de un proyecto científico tecnológico (o artístico) en el marco de alguna de las titulaciones que se imparten en nuestra universidad.

Para ello, la UPV a través de sus centros hace una llamada a la participación del profesorado en el programa. Los profesores interesados deberán ofertar un proyecto, dentro de su línea de trabajo, que pueda interesar y motivar a estudiantes de 16 años indicando además el perfil requerido de los aspirantes y el número de estudiantes que puede acoger. Estos proyectos son ofertados a través de la Conselleria d'Educació, Formació i Ocupació a los distintos centros educativos interesados en participar en la experiencia. La inscripción y selección de los estudiantes corre a cargo de la UPV que, entre otros criterios, tiene en cuenta su expediente académico.

La Universidad no actúa como mero intermediario entre alumnos y profesores, sino que tiene una implicación activa en el proyecto. Para ello, ha estructurado el programa PRAKTIKUM en dos grandes bloques que se desarrollan en paralelo. En el primero de ellos, programado por las mañanas, es cuando los

estudiantes se integran en el trabajo del grupo de investigación. Después de la comida con el resto de compañeros en una de las cafeterías del campus, los estudiantes trabajan en una serie de actividades transversales que constituyen el segundo bloque del PRAKTIKUM. Estas actividades complementarias incluyen distintos talleres como “Comunicación verbal y no verbal”, “¿Cómo hablar en público?”, “Trabajo en equipo” y “Emprendedurismo”.

El programa PRAKTIKUM, además de las actividades mencionadas, incluye la visita de los tutores de los alumnos en su centro de origen. De este modo, se facilita que conozcan y sigan de cerca el proyecto, con lo que se potencia el objetivo de acercamiento de las actividades universitarias al entorno social próximo. Conviene destacar, por último, que la Universidad pone a disposición de los estudiantes un centro de audiovisuales para que, a la finalización del proyecto, puedan grabar un vídeo resumen de lo que ha sido su experiencia.

## 2. Elección del proyecto. Objetivos y planteamiento

La posibilidad de hacer llegar nuestro trabajo a estudiantes de bachiller nos pareció una idea muy interesante puesto que, uno de los aspectos débiles de la investigación universitaria es la falta de capacidad para conectar con el entorno social y hacerle partícipe de sus logros y contribuciones. Era pues, una oportunidad para hacer entender y difundir nuestro trabajo a través de estos jóvenes.

Sin embargo, la elección de un proyecto relacionado con nuestras líneas de investigación en el que pudieran participar, resultó inicialmente una tarea bastante compleja. Si nuestros proyectos de investigación tienen como objetivo la generación de conocimiento a través de la experimentación y el ejercicio del pensamiento crítico, ¿cómo conseguir este objetivo a través de estudiantes que todavía están completando su formación pre universitaria?

¿Qué tareas podríamos encomendarles que estuvieran a su alcance tanto en comprensión como en capacidad de desarrollo?

Otro aspecto fundamental a la hora de escoger el proyecto es que éste disponga por sí mismo de características intrínsecas que motiven a la participación de los estudiantes de bachiller.

Finalmente, nos decidimos por diseñar un proyecto dentro de la línea de investigación multidisciplinar desarrollada entre los departamentos de Ingeniería de Sistemas y Computadores y Economía y Ciencias Sociales denominada *Desarrollo de metodologías para la obtención de indicadores web para los sistemas de innovación* y que ha sido financiada a través de la Generalitat Valenciana y la UPV.

El proyecto, al que le dimos por nombre *Extracción automática de indicadores económicos a partir de la Web*, tenía como objetivo inferir características económicas de empresas de la Comunidad Valenciana a través del análisis de sus páginas web corporativas, considerando tanto el contenido en sí, como la información proporcionada por los metadatos de dichas páginas y las características de los servidores donde están alojadas.

Por ejemplo, el tamaño de una empresa se puede inferir a través de características presentes en su sitio web: número de archivos HTML, número de imágenes, utilización de javascript, implementación en software libre o propietario, servidor propio o contratado, etc. La actividad económica medida a través de su facturación es otro indicador que puede inferirse, en este caso considerando el tipo de dominio de alto nivel (TLD), los idiomas en que se ofrece la información, el tipo de los recursos MIME ofrecidos, etc. Se puede encontrar un mayor detalle sobre el proyecto en [1].

Si bien los objetivos científicos del proyecto de investigación original están relacionados con el desarrollo de metodologías y sistemas inteligentes para la extracción del conocimiento, en el caso que a ellos les presentábamos, obviamos todos estos aspectos y los sustituimos por una búsqueda y análisis “manual”.

Puesto que nuestro proyecto es multidisciplinar y en su desarrollo intervienen investigadores de dos áreas claramente diferenciadas que además imparten docencia en dos titulaciones bien distintas como son el Grado en Ingeniería Informática y el de Administración y Dirección de Empresas, aprovechamos esta circunstancia para ofertar el proyecto tanto a alumnos de 1º de Bachillerato y de Ciclos formativos de Grado Superior de Ciencia y tecnología como de Humanidades y Ciencias Sociales.

Esta doble oferta nos permitiría agrupar a los alumnos en un equipo de trabajo multidisciplinar que estudiaran el problema desde facetas distintas y encontraran soluciones de forma totalmente complementaria.

### 2.1. Objetivos

Evidentemente, los objetivos que nos propusimos cuando decidimos participar en el PRAKTIKUM no fueron unos objetivos dirigidos a la consecución de unos resultados con mayor o menor grado de innovación puesto que el trabajo propuesto debía ser considerado en sí mismo como una herramienta para alcanzar otro tipo de fines relacionados con el crecimiento personal e intelectual de los estudiantes.

Por tanto, los retos planteados en esta experiencia se resumen en:

- Conseguir que los estudiantes de bachiller conozcan y valoren la investigación y el desarrollo que se lleva a cabo en la universidad pública,
- Que compartan la experiencia de pertenecer a un equipo multidisciplinar trabajando coordinada y complementariamente,
- Que desarrollen y ejerzan un pensamiento crítico,
- Que sean capaces de analizar, sintetizar y extraer conclusiones de su trabajo,
- Y que finalmente, ejerciten la capacidad de comunicar oralmente y por escrito los resultados sintetizados de su trabajo.

## 2.2. Planteamiento

Una vez seleccionado el ámbito del proyecto y determinados los objetivos de la experiencia, planteamos el trabajo a realizar.

Utilizando la base de datos SABI [2] que almacena información económica de empresas establecidas en España y Portugal, hicimos una selección previa de cerca de 700 firmas representativas de la economía de la Comunidad Valenciana. La base de datos consultada proporciona una completa información sobre los estados financieros de las empresas. Sin embargo, para nuestro propósito bastaba con extraer el tamaño de la misma en número de empleados, sus ingresos anuales y su actividad exportadora. Esta información servirá como base para contrastar los datos inferidos por los estudiantes en base al análisis del sitio web corporativo.

Esto nos permitía definir estrategias de trabajo complementarias que pudieran ser realizadas en paralelo, y asociadas a los distintos perfiles de los alumnos. Los estudiantes con una formación o inclinación más cercana a la informática (llamémosles *los informáticos*) se dedicarían a la extracción de información técnica y metainformación de los sitios webs de las empresas ejemplo y de los servidores donde están alojados, con el objetivo de establecer relaciones entre estos datos y los indicadores económicos de las empresas señalados anteriormente. Por su parte, los estudiantes con una inclinación relacionada con la economía y administración de empresas (llamémosles *los economistas*) se centrarían más en el análisis del contenido de usuario de las páginas web corporativas y su clasificación mediante una conocida hoja de cálculo.

Las relaciones entre la información proporcionada por la web y los indicadores económicos deberán ir contrastándose con los datos reales extraídos de SABI, por lo que se estableció un mecanismo de ajuste progresivo entre los datos analizados y la fiabilidad de las conclusiones obtenidas. Al final del proceso los estudiantes deberían ser capaces de establecer, en base a su experiencia y a las de sus compa-

ñeros, una metodología de análisis y extracción de conclusiones general.

La Figura 1 muestra un diagrama de las tareas a realizar por los alumnos. Algunas de ellas se realizaron de forma individual, mientras que otras, como la puesta en común, la finalización del estudio y la documentación del trabajo, se hicieron de forma colectiva.

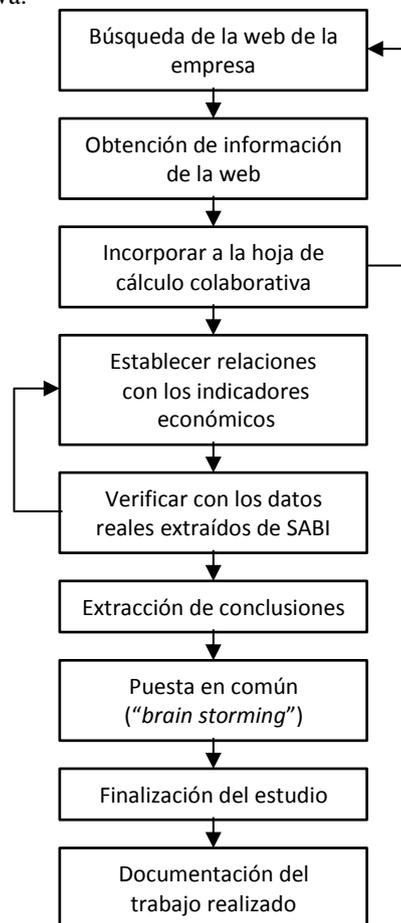


Figura 1: Diagrama de tareas a desarrollar.

## 3. Metodología y desarrollo

En este apartado resumiremos la metodología seguida a lo largo de la semana del PRAKTIKUM para alcanzar los objetivos mencionados a través del proyecto seleccionado.

La UPV seleccionó 5 alumnos para participar en este proyecto. Tres de ellos respondían a un perfil informático, mientras que los otros dos estaban más interesados en la economía y administración de empresas.

Cabe recordar que, además de la participación en el proyecto, a lo largo de la semana también se encontraban programadas una serie de actividades transversales para todos los estudiantes participantes en la

experiencia, tales como: recepción y bienvenida, comidas en la cafetería, talleres para la realización de vídeos, visita de sus tutores, escritura de un blog sobre la experiencia, etc. Salvo estas actividades, el tiempo restante, normalmente de 9 a 14 horas se dedicaba al proyecto.

El primer día reunimos a los estudiantes en un seminario y, tras las presentaciones de rigor, iniciamos una charla cuyo objetivo principal era hacerles conscientes de la necesidad de la investigación, tanto para la generación de conocimiento, como para su transmisión y aplicación en otros ámbitos. Reflexionamos sobre el papel de la Universidad en la I+D+i y lo aderezamos con nombres propios tanto del mundo de la tecnología como de los negocios, como Steve Jobs, Larry Page, Bill Gates, Amancio Ortega, etc.

Les mostramos algunos de nuestros laboratorios de investigación y tras esta motivación les explicamos el proyecto que tenían que realizar y cómo tenían que trabajar. Para ello, formamos los dos grupos anteriormente citados, *los informáticos* y *los economistas* y les asignamos un lugar de trabajo en un aula informática.

Hay que indicar que hasta ese día no se conocían entre ellos, por lo que iban a conformar un equipo de trabajo partiendo desde cero, con las ventajas e inconvenientes que ello supone.

Teníamos planeado dedicar un cierto tiempo a explicarles el entorno, las herramientas de trabajo a utilizar y el método de extracción de la información. Este entorno comprendía, además de las herramientas habituales para el acceso a los sitios web y la extracción de la información relevante, otras herramientas colaborativas para compartir y actualizar una hoja de cálculo común en la que deberían reflejar la información extraída. Sin embargo, dado que el bagaje tecnológico de los estudiantes de bachiller y ciclos formativos es muy alto, utilizan habitualmente todo tipo de dispositivos inteligentes y están familiarizados con muchos programas de uso general, esta etapa llevó menos tiempo del previsto.

Mientras les explicábamos el trabajo a desarrollar y la metodología a emplear, hicimos especial hincapié en que debían desarrollar su trabajo utilizando espíritu crítico, tanto sobre la información que recababan como sobre la metodología seguida.

Durante dos días estuvieron realizando trabajo de campo, tomando datos sobre las empresas bajo estudio, almacenándolos y procesándolos según las especificaciones requeridas. En ese periodo les invitamos a ser rigurosos en su trabajo, disciplinados y productivos pero sin olvidar dedicar periodos de descanso, charla y relax para sentirse a gusto con el trabajo, el entorno y sobre todo para crear compañerismo y complicidad entre ellos.

Al tercer día planificamos una sesión de “*brain storming*”. Los grupos presentaron su trabajo, con-

trastamos los datos y analizamos similitudes y diferencias entre los resultados obtenidos por cada uno de ellos. Les invitamos a la discusión creativa y fue muy gratificante ver cómo participaban activamente en ella, iban ejercitando el pensamiento y presentando nuevas propuestas a considerar. Fue una reunión de cerca de dos horas en la que ellos mismos planificaron, bajo nuestra supervisión, los siguientes pasos de su trabajo. La reunión también nos permitió detectar el talento más especial de uno de ellos para la informática por lo que aprovechamos para encomendarle una forma más creativa de realizar su tarea y aprovechar su potencial.

El penúltimo día lo dedicaron a finalizar el estudio según las directrices consensuadas en la reunión del día anterior.

Hay que reseñar que, a esas alturas de la semana y tras bastantes horas de convivencia, los estudiantes ya exhibían un comportamiento de grupo cohesionado e identificado con un fin común.

Finalmente, la última jornada, tras una última reunión de discusión de resultados, les animamos a que documentaran el trabajo realizado, con el objeto de fomentar su capacidad de síntesis y comunicación escrita. Les pusimos como ejemplo la estructura típica de una comunicación científica escrita con la idea de que reprodujeran sus puntos a una muy pequeña escala. Cabe señalar que este aspecto fue el que peor acogida tuvo por su parte. Expresar ideas por escrito no es uno de los puntos fuertes de nuestros estudiantes de bachiller aunque hay que señalar a su favor, que esta tarea, a realizar en su último día, se vio eclipsada por el requerimiento de la Universidad de grabar un vídeo relatando su experiencia (Figura 2), lo cual, obviamente, resultaba mucho más atractivo e interesante para ellos [3].



Figura 2: Imagen de la comunicación oral.

Por el contrario, sí que nos sorprendió muy agradablemente su capacidad de comunicación oral. En las reuniones empleaban un lenguaje bastante preciso y técnico. Esto se vio también, el día en que sus tutores de bachiller los visitaron para interesarse por su trabajo. De una forma improvisada, resumieron

claramente el proyecto que estaban desarrollando y los resultados que iban obteniendo.

#### 4. Conclusiones y reflexiones

Para resumir lo que ha supuesto esta experiencia hay que hacerlo, como mínimo, desde el punto de vista de todos los participantes: la Universidad como promotora, los profesores-investigadores y los estudiantes.

Tanto la Universidad como la Escuela han pasado una encuesta a los estudiantes participantes.

Para el caso de los proyectos desarrollados en la Escuela, más del 75% de los participantes valoraron muy positivamente el proyecto y la atención recibida por parte de los tutores y casi el 90% de ellos invitarían a sus compañeros a participar en él en futuras ediciones. Sin embargo, hay que hacer notar que la valoración de las actividades transversales *Comunicación verbal y no verbal*, *Trabajo en equipo* y *Emprendedurismo social* no ha sido la esperada, con excepción del taller *¿Cómo hablar en público?* que ha sido el que mayoritariamente más útil han encontrado. Son estos resultados una base para estudiar más detalladamente y emprender acciones de mejora por parte de la Universidad.

Casi el 90% de los participantes reconocen que, tras la experiencia, su conocimiento y opinión sobre la UPV ha mejorado. Sin embargo, preguntados sobre si el programa ha contribuido a que conozcan mejor las titulaciones que oferta la Universidad, la respuesta no es tan clara y positiva, quizá porque la difusión de la oferta de titulaciones no era un objetivo del programa, por lo que, en nuestra opinión, es la pregunta la que no es adecuada.

Pero además de los datos fríos de las encuestas nosotros valoramos en gran manera la realimentación directa de nuestros dos grupos de estudiantes con respecto a los objetivos iniciales que nos habíamos propuesto. Por ello, les preguntamos y charlamos con ellos sobre la experiencia. Ellos han reconocido que, además de haberles parecido una actividad diferente y divertida,

- Han adquirido una nueva visión de la Universidad. En general, ellos no sabían o tenían una noción muy vaga de lo que es la investigación universitaria. Después de su paso por el PRAKTIKUM saben que la investigación no es solo una más de las tareas del profesorado si no que marca la diferencia entre ser un referente en generación de conocimiento o un mero centro de enseñanza.

- A pesar de estar habituados a trabajar en grupo, han adquirido nuevos hábitos y metodologías que antes no habían utilizado.
- Han hecho un ejercicio de pensamiento crítico y sobre todo creativo, a lo que según sus palabras, no están muy acostumbrados.
- Han comprendido que la investigación es una realidad cercana y al alcance de todos aquellos capaces de realizar un trabajo honesto y creativo.

Por nuestra parte, la participación en el proyecto ha tenido una dimensión muy positiva que podemos resumir en:

- Hemos hecho un esfuerzo por enfocar nuestro trabajo de investigación de una forma más sencilla, divulgativa y de más fácil comprensión. Y es una tarea costosa a la que no estamos acostumbrados pero que deberíamos hacer con más frecuencia.
- Hemos entrado en contacto directo con una parte de nuestro entorno más cercano: estudiantes de secundaria, sus maestros y sus familiares.
- Hemos sido capaz de hacer llegar nuestro trabajo a los jóvenes estudiantes de bachiller que de una forma activa se han interesado por él.
- Y, hemos enriquecido nuestra perspectiva (a veces muy aislada) con su punto de vista, opiniones y comentarios.

Como conclusión final, creemos que es un programa muy útil, que contribuye en gran manera a popularizar la universidad y la investigación entre los estudiantes de bachiller y, de forma indirecta, entre sus familiares y profesores. Es una forma, además de atraer a nuestro campus a los alumnos más brillantes. Pensamos que es un programa que, a pesar de las dificultades económicas que atravesamos, debería mantenerse e incluso ampliarse, no solo para admitir más estudiantes, sino también en sus objetivos, para conseguir que, al final de la experiencia, los estudiantes tengan una visión más clara de las titulaciones que impartimos y que en un futuro pueden seleccionar.

#### Referencias

- [1] Domenech, J., de la Ossa, B., Pont, A., Gil, J. A., Martínez, M., & Rubio, A. An intelligent system for retrieving economic information from corporate websites. Proceedings of the 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, 2012
- [2] van Dijk, Bureau. "Sistema de análisis de balances ibéricos." 2012.
- [3] <http://www.youtube.com/playlist?list=PL59ED1B2888DEC120>



# La sostenibilidad en los proyectos de ingeniería

Jose Cabré, Jordi Garcia, Helena García, David López, Fermín  
Sánchez, Eva Vidal y Marc Alier

Universitat Politècnica de Catalunya – UPC BarcelonaTech  
c/Jordi Girona 1 i 3, Campus Nord UPC, Mòdul B6, 08034 Barcelona  
jose.cabre @ upc.edu, jordig @ ac.upc.edu, david @ ac.upc.edu, helena.garcia @ est.fib.upc.edu,  
fermin @ ac.upc.edu, [eva.vidal @ upc.edu](mailto:eva.vidal@upc.edu), granludo @ essi.upc.edu

## Resumen

El Trabajo de Fin de Grado representa la última prueba para que el estudiante de grado demuestre que está preparado para ejercer como ingeniero, elaborando y defendiendo un proyecto de envergadura. El proyecto debe cumplir todos los requisitos que se exigen a un proyecto de ingeniería, desde el análisis del problema hasta la presentación de una solución.

Los autores del presente trabajo pensamos que todo proyecto de ingeniería debe incorporar un informe de sostenibilidad que demuestre que el proyecto es sostenible en los ámbitos social, ambiental y económico. Existe poca experiencia en este tema, tanto en la empresa como en la universidad, ya que las empresas (algunas) hace pocos años que han incorporado la sostenibilidad como uno de los criterios de realización de sus proyectos y las universidades apenas han comenzado a trabajar en esa dirección. En este trabajo se presentan algunas reflexiones sobre cómo debería ser tratada la sostenibilidad en un proyecto de ingeniería, y en particular cómo se pueden aplicar estas ideas al Trabajo de Fin de Grado.

## Abstract

The Final Degree Work represents the last test for the students to demonstrate they are ready to practice as engineer, developing and defending a major project. The project must meet all requirements demanded on an engineering project, from the problem analysis to the presentation of one solution.

The authors of this paper believe that every engineering project must include a sustainability report which demonstrates that the project is sustainable in the social, environmental and economic scopes. There is little experience in this subject, either in enterprises or in universities, as only few companies have recently incorporated sustainability as one of their criteria for developing their projects, and the universities have hardly begun working in that direction. This paper presents some thoughts about how sustainability should be addressed in an engineering project and, in particular, how these ideas should be applied to the Final Degree Work.

## Palabras clave

Sostenibilidad, proyectos de ingeniería, trabajo final de grado, compromiso social.

## 1. Introducción

La sostenibilidad es uno de los principales retos del siglo XXI. A partir de la publicación en 1987 del informe Brundtland, existe un gran consenso en que debemos ser conscientes de los límites del planeta y de las injusticias sociales que se cometen cada día, y de que es importante trabajar de una manera sostenible. Sin embargo el concepto sostenibilidad ha recibido muchas críticas, la mayoría de ellas relacionadas con la vaguedad del término, al ser aparentemente confuso y estar lleno de contradicciones, con la falta de operatividad, con la indefinición de lo que se debe o no sostener, o con las lista de necesidades que se han de satisfacer. De hecho, sostenibilidad es una palabra plástica. Las palabras plásticas son aquellas de significado ambiguo pero con una connotación inequívocamente positiva, que hacen sonar mejor aquello a lo que acompañan. Lamentablemente los políticos y empresarios se aprovechan de la plasticidad de la palabra sostenibilidad, usándola de forma frívola para vender mejor sus ideas y productos. Así, nos encontramos con términos como “coches sostenibles” (pueden ser eléctricos, o de bajo consumo, o de bajas emisiones, pero decir que son sostenibles no tiene sentido) o incluso expresiones tan curiosas como “crecimiento sostenible”.

Para alcanzar la sostenibilidad hace falta concretar definiciones y procedimientos en todas las áreas del conocimiento humano [3], lo que incluye la ingeniería. La introducción de aspectos de sostenibilidad en los estudios de ingeniería en general [9] y en Ingeniería Informática en particular [6] han sido motivo de discusión. Se han propuesto actuaciones concretas, relacionadas con temas de cooperación con grupos sociales desfavorecidos [2, 4], o introducido conceptos de sostenibilidad en algunas asignaturas [7, 10], pero hace falta una visión global de la sostenibilidad

[12]. Pese a que es imprescindible trabajar la sostenibilidad a lo largo de distintas materias del plan de estudios, el mejor lugar donde se puede obtener una visión holística de la sostenibilidad y alcanzar un mayor impacto en el trabajo de los ingenieros es en lo que será la principal tarea de nuestros egresados: los proyectos de ingeniería en los que trabajen.

En nuestra opinión, pretender proponer una lista exhaustiva de indicadores con métricas y referencias, que delimiten lo que es y lo que no es sostenible, supondría una tarea tan ardua y ambigua como poco útil. ¿Dónde están los límites de la sostenibilidad? Nosotros nos inclinamos a pensar en razones éticas – que no morales–: El ingeniero ha de ser responsable, ante sí mismo y ante la sociedad, y de acuerdo con el conocimiento que tiene a su alcance, de la honestidad de su proyecto. Pero todo ello resulta, inevitablemente, muy ambiguo. Por ello, la base de nuestra propuesta consiste en proponer una batería de preguntas que inviten al ingeniero a reflexionar sobre si la “honestidad” de su trabajo es, o no, sostenible.

Todo proyecto de ingeniería nace de la necesidad de resolver un problema o de materializar una idea. Cualquier proyecto que deba ser llevado a ejecución está sujeto a un estudio de viabilidad desde diversos puntos de vista o criterios de decisión: comercial o de adecuación (¿existe una necesidad del producto que ofrezco?), técnico (¿somos técnicamente capaces de desarrollar nuestra idea? ¿necesitamos ayuda experta?), económico (¿cuánto costará desarrollarla? ¿cómo nos vamos a financiar? ¿cuánto costará amortizar los costes y llegar a beneficios netos?), organizativo (¿cuánto tiempo nos costaría ponerlo en explotación?, ¿cuánto esfuerzo debemos dedicar a mantener nuestro producto/atender las necesidades derivadas de los clientes?) o legal (¿cumplimos la legislación que afecta a nuestro proyecto?).

Este tipo de preguntas aparecen explícitamente en varias metodologías formales de gestión de proyectos y, en todo caso, son preguntas de sentido común que todo ingeniero competente se debería plantear en las fases iniciales del proyecto. Por tanto, los propios requisitos del proyecto incluyen elementos cuyo origen no sólo va ligado a la naturaleza del problema a resolver o a la idea a materializar, sino que se originan en los requisitos contextuales económicos, de mercado, técnicos, organizacionales y definen en buena parte el tipo de producto que se va a realizar y el proceso mismo del proyecto.

En estos requisitos es donde debe considerarse el estudio de viabilidad desde el punto de vista de la sostenibilidad. Se acepta comúnmente que la sostenibilidad tiene tres dimensiones: la económica, la social y la ambiental. Muchas de las preguntas anteriormente planteadas ya están relacionadas con la sostenibilidad, principalmente en la parte económica y en menor medida en la parte social. La componente am-

biental puede añadirse con preguntas como ¿hay un plan para reducir los residuos generados en el proceso de fabricación, distribución y eliminación del producto? Pero por encima de todo es preciso considerar en las tres dimensiones la componente ética de responsabilidad personal y profesional del ingeniero.

Como resultado, podemos plantearnos preguntas como ¿tendremos en cuenta la política de nuestros proveedores respecto a sus empleados? O, si necesitamos un *call center* de ayuda, ¿dónde se ubicará y qué condiciones tendrán sus trabajadores? Este tipo de preguntas también deben tenerse en cuenta a la hora de definir los requisitos del proyecto.

Plantearse este tipo de preguntas en proyectos reales será un buen ejercicio académico para los actuales y futuros ingenieros. Esta ponencia presenta un estudio realizado para incluir estos conceptos en la guía del Trabajo de Final de Grado (TFG) de la Ingeniería Informática de la Facultat d'Informàtica de Barcelona, donde seguimos la idea de establecer una serie de preguntas que inviten al estudiante a reflexionar sobre la forma de afrontar su trabajo, tal como se propone en [1]. Sin embargo, las ideas y métodos discutidos sirven en general para cualquier proyecto TIC y, por extensión y con ciertos retoques, para cualquier ingeniería.

## 2. La sostenibilidad en un proyecto de ingeniería

Pensamos que el proceso de reflexión realizado a partir de la idea de responder un conjunto de preguntas permitirá a los ingenieros incluir conceptos de sostenibilidad en las propias especificaciones del proyecto. Para ello, es conveniente reflexionar sobre algunas ideas y conceptos relacionados con la sostenibilidad y con el proyecto académico.

En primer lugar, ¿qué significa realmente la sostenibilidad? ¿En qué afecta a un proyecto de ingeniería? Existen muchas y diferentes interpretaciones, puntos de vista y matices sobre lo que se debería o no tener en cuenta, prácticamente tantos como tipos de proyecto de ingeniería pueda haber. ¿Es o no sostenible, bajo un punto de vista ambiental, la realización de un proyecto que minimice el impacto ambiental de una actividad económica existente, pero no la reduzca a cero? ¿Es o no sostenible, bajo un punto de vista social, la realización de un proyecto que mejore las condiciones laborales en una empresa, pero no incida en la mejora de la calidad de sus productos, o en los criterios de selección de sus proveedores? ¿Es o no sostenible, bajo un punto de vista económico, un proyecto que no asegure la vida de una empresa más allá de cinco años? En este sentido, la sostenibilidad no tiene que ver únicamente con el coste del nuevo producto, sino con la diferencia entre lo que va a costar y lo que estaba costando hasta el momento, es

decir, la eficiencia de los nuevos procesos comparada con la de los procesos que se substituyen.

Por todo esto, consideramos que no tiene sentido disponer de una plantilla predefinida con una batería exhaustiva de preguntas a responder. Lo que sí parece claro es que las dimensiones ambiental, económica y social deben abordarse de manera holística.

Normalmente, al estimar los efectos de un proyecto sobre la sostenibilidad se toman ciertas premisas que permiten realizar una valoración cuantitativa. Habría que destacar claramente qué premisas se presuponen y se debería prever un conjunto de actuaciones destinadas a validar dicha estimación. En este sentido, puede ser interesante prever en el proyecto mecanismos que permitan realizar mediciones empíricas sobre diferentes indicadores relacionados con la sostenibilidad. Además, el grado de sostenibilidad contemplado en un proyecto puede variar en función del momento en el que se valore. También es susceptible de ser considerado el caso de que el proyecto crezca más de lo previsto, ¿se mantendrán en este caso las valoraciones previstas? Aunque tampoco se debería filosofar sobre cuestiones que queden claramente fuera de contexto. Hay que limitarse al alcance previsto para el proyecto.

Otro aspecto a considerar como parte de un proyecto de ingeniería es la legalidad del mismo, si está adaptado a las leyes y normativas vigentes en el lugar donde se vaya a implantar (por ejemplo, la LOPD en España). También es importante tener en cuenta la accesibilidad y la usabilidad.

### 3. Distintos enfoques

Como hemos comentado en las secciones anteriores, la base de nuestra propuesta consiste en plantear una batería de preguntas que inviten al ingeniero a reflexionar sobre la sostenibilidad del proyecto. Exponemos a continuación algunos de los enfoques que nos hemos planteado para organizar este conjunto de preguntas, con el doble objetivo de despertar la reflexión y desencadenar la actuación.

#### 3.1. Lista de pautas/preguntas

Este es el enfoque más básico. Consiste en disponer de una lista de preguntas sin estructura alguna, dando libertad absoluta al ingeniero para que les dé respuesta en el proyecto como considere más conveniente.

La ventaja de este enfoque es que permite hacer un *brain-storming* donde tiene cabida toda pregunta fácil y difícil de clasificar. Podemos abarcar todo tipo de proyectos de ingeniería y reflejar todo tipo de matices. La desventaja es que, quizás, resulta demasiado generalista y desestructurada, y se pierde el orden que puede llevar a una conclusión cuantitativa y/o cualitativa.

#### 3.2. Lista de preguntas para los hitos de control del proyecto

En un proyecto de ingeniería se definen hitos de evaluación y seguimiento (internos y/o con el cliente) en los que pueden plantearse las preguntas correspondientes a la sostenibilidad del proyecto. Las preguntas deben permitir revisar el trabajo realizado y avanzar de forma sostenible hacia la siguiente etapa.

Para el caso particular del TFG, la “guía de evaluación de los trabajos de Fin de Grado y Master de las Ingenierías” [13] propone que la evaluación de los TFG se realice en tres hitos: el Hito inicial, el Hito de seguimiento y el Hito final. Una posible implementación de este enfoque sobre el TFG consistiría en disponer de un conjunto de preguntas que permitan al estudiante reflexionar sobre la sostenibilidad de su TFG en cada uno de estos hitos.

El problema en este enfoque nace de la propia existencia de los hitos del proyecto. Encorsetar las preguntas en un conjunto más o menos reducido de hitos puede derivar en un planteamiento no natural y desde luego no holístico, que transforme el análisis de sostenibilidad en una obligación externa en lugar de en una respuesta natural.

#### 3.3. Lista de preguntas clasificadas en función de la fase en que esté el proyecto

La idea de este enfoque es ordenar las preguntas según se refieran a la construcción, uso o destrucción del proyecto. Así, podemos clasificar las preguntas según se refieran a una fase u otra de la vida del proyecto (y no a un hito de evaluación en la concepción y preparación del mismo).

El problema de este enfoque radica en que la mayoría de preguntas estarán localizadas en la fase de construcción del proyecto porque, por ejemplo, su correcta destrucción desde un punto de vista ambiental dependerá de su correcta construcción.

#### 3.4. Preguntas ordenadas según los tres ejes de la sostenibilidad

El conjunto de preguntas puede plantearse también ordenado en función de las tres dimensiones de la sostenibilidad:

- Ambiental: las preguntas pueden orientarse a partir de la comparación de la huella ecológica antes y después del proyecto, estudiar el ciclo de vida del proyecto o bien relacionarse con los nueve límites planetarios propuestos por el Stockholm Resilience Centre<sup>1</sup> (cambio climático,

<sup>1</sup>

[http://www.stockholmresilience.org/download/18.1fe8f33123572b59ab800012568/pb\\_longversion\\_170909.pdf](http://www.stockholmresilience.org/download/18.1fe8f33123572b59ab800012568/pb_longversion_170909.pdf)

acidificación oceánica, agotamiento del ozono, uso del agua, cambios en el uso del suelo, pérdida de biodiversidad, carga de aerosol en la atmósfera, polución química e interferencia humana en el ciclo Ni-Ph) [11],

- Económica: las preguntas pueden orientarse al análisis de la viabilidad económica del proyecto, de su puesta en marcha y destrucción, a si puede hacerse con menos recursos o menor impacto, o si un incremento del coste se vería compensado con un aumento de los beneficios,
- Social: las preguntas pueden orientarse al estudio del impacto social sobre los usuarios, trabajadores, beneficiarios, y otros, o estar enfocadas al cumplimiento de los objetivos del milenio<sup>2</sup>.

La fortaleza de este enfoque está en que se sigue una metodología que se relaciona directamente con el propio concepto de sostenibilidad. Este enfoque resuelve la problemática de asignar a diferentes hitos del proyecto las diferentes preguntas que se plantean en torno a la sostenibilidad y permite la flexibilidad de un tratamiento más holístico del proyecto completo. Le falta, sin embargo, plantear una relación con las fases del proyecto, una indicación de en qué momento de la concepción o la realización del proyecto debe considerarse cada concepto.

### 3.5. Lista de preguntas en función de los tres ejes y de la fase en que esté el proyecto

Este enfoque se inspira en los propuestos en los dos apartados anteriores. La idea es combinar en una matriz las tres dimensiones de la sostenibilidad con las fases de las que consta un proyecto de ingeniería: planificación, desarrollo, implantación y evolución, y desmantelado, como se muestra en la Figura 1.

	Planificación	Desarrollo	Implantación Y evolución	Desmantelado
Económica				
Social				
Ambiental				

Figura 1: Matriz dimensiones sostenibilidad/fases del proyecto.

En la columna de planificación y para cada uno de las dimensiones económica, social y ambiental, se debe considerar cuál es la situación inicial antes de realizar la actuación. La columna de desarrollo apuntará los ítems relacionados con los costes de puesta en marcha y transitorios asociados. La implementación y evaluación recogerá las preguntas relacionadas con el uso y el estado del proyecto en las tres vertientes una vez instalado, y en el desmantelamiento se preguntará qué ocurre cuando el proyecto acabe.

Bajo un punto de vista metodológico de planteamiento de proyecto, este enfoque resulta más completo que los anteriores. Sin embargo, aún detectamos que adolece de la misma debilidad que los enfoques presentados en los apartados anteriores: en el momento de preparar un proyecto, lo que estamos haciendo es planificar y, en consecuencia, la mayoría de preguntas se situarán en la columna planificación. Es más, las probabilidades de que el proyecto de ingeniería resulte sostenible dependen, en gran parte, de cómo se haga la fase de planificación. De hecho, pensamos que con la ordenación temporal se pierde la versión holística que consideramos imprescindible.

### 3.6. La economía del bien común

El último enfoque que hemos analizado se inspira en la matriz de la economía del bien común desarrollada por Cristian Felber [5]. La economía del bien común es un proyecto económico abierto, liderado por Cristian Felber, que invita a las empresas a implantar una metodología alternativa, tanto a la economía de mercado como a la planificada, para llegar a alcanzar una economía sostenible.

La economía del bien común pretende resolver la contradicción entre los valores que desea la sociedad (honestidad, aprecio, confianza, responsabilidad, solidaridad, compartir, etc.) y los que fomenta la economía (egoísmo, avaricia, envidia, desconsideración, irresponsabilidad, desconfianza, etc.)

La medida del éxito económico a nivel macroeconómico se hace a través del cálculo del Producto Interior Bruto (PIB). Pero el PIB no nos dice nada sobre si el reparto entre los ciudadanos es justo, si hay más confianza o más miedo entre los ciudadanos, si estamos sobreexplotando los ecosistemas, si vivimos en paz o en guerra, si vivimos en democracia o en dictadura, etc.

A nivel empresarial, el éxito se mide por el beneficio financiero. Pero éste no nos dice nada sobre si se están creando o destruyendo puestos de trabajo, si la empresa produce productos ecológicos locales o armas, si la empresa destruye el medio ambiente, etc.

Felber propone que midamos el éxito de las empresas en función de su contribución al bien común y a la cooperación. Y que, en función de ello, las empresas sean recompensadas. Un caso práctico sería que, por ejemplo, en los concursos públicos se diese algún tipo de prioridad a aquellas empresas que contribuyan en mayor medida al bien común.

Para medir la contribución de las empresas al bien común, Felber propone una matriz (Figura 2) donde en las columnas sitúa los valores más comunes que encontramos en las constituciones de países (dignidad, solidaridad, sostenibilidad ambiental, justicia social, participación democrática y transparencia) y en las filas sitúa a todos aquellos colectivos que se relacionan con las empresas (proveedores, financie-

<sup>2</sup> <http://www.un.org/millenniumgoals/>

GRUPO DE CONTACTO ↓	Valores más comunes que encontramos en las Constituciones de países				
	Dignidad humana	Solidaridad	Sostenibilidad ecológica	Justicia social	Participación democrática y transparencia
Proveedores	Gestión ética de la Oferta/Suministros (90)				
Financiadores				Gestión ética de las Finanzas (30)	
Empleados / propietarios	Calidad puesto de trabajo e igualdad (90)	Reparto justo del volumen de trabajo (50)	Promoción del comportamiento ecológico (30)	Reparto justo de la Renta (60)	Democracia interna, transparencia (90)
Clientes / Productos / Servicios / Copropietarios	Venta ética (50)	Solidaridad copropietarios (70)	Concepción ecológica de productos y servicios (90)	Concepción social de productos (30)	Aumento de los estándares sociales y ecológicos (30)
Ámbito social	Efecto social en productos y servicios (90)	Aportación del bien común (40)	Reducción de efectos ecológicos (70)	Minimización del reparto de ganancias (60)	Participación en toma decisiones (30)
Crterios negativos	Quebrantar las normas de trabajo (-200)	Compra hostil (-200)	Gran impacto medioambiental (.200)	Remuneración desigual mujeres y hombres (-200)	No revelar participaciones (-200)

Figura 2: Matriz de la economía del bien común 4.0, según Felber.

ros, empleados, propietarios, clientes, productos, etc.). Sobre esa matriz valora una serie de criterios, desde si hay diferencias salariales entre hombres y mujeres, a la calidad de los puestos de trabajo, la participación en la toma de decisiones, el impacto ambiental, etc. Es interesante observar que algunos criterios proporcionan puntuaciones positivas, mientras que otros otorgan puntuaciones negativas, por lo que las empresas no pueden centrarse en unos pocos criterios para obtener una buena puntuación: deben tratar de considerarlos todos. La evaluación global de esos valores permitiría al consumidor escoger los productos con conocimiento de causa.

Lo más interesante de la matriz de Felber es que contempla varias dimensiones, y las preguntas pueden organizarse en función de éstas.

#### 4. Consideraciones sobre los TFG

Aunque el trabajo presentado en esta ponencia se orienta a los proyectos de ingeniería, también puede ser usado en el ámbito académico para la realización del Trabajo Final de Grado (TFG). De cara a incluir la sostenibilidad en los TFG, consideramos que un planteamiento basado en cuestiones que el estudiante debe plantearse es un camino más adecuado que no el de diseñar, por ejemplo, una plantilla estándar para evaluar la sostenibilidad del proyecto una vez éste ha finalizado. Nuestro objetivo final es que los estudiantes, futuros ingenieros, perciban la sostenibilidad como una parte inherente de todo proyecto y aprendan a aplicar esta idea en su vida profesional.

El proyectista debe conocer y analizar el proyecto con profundidad: dónde se enmarca y los efectos derivados de su implantación. A partir de esta información, el estudiante debe plantearse una serie de

preguntas que serán consideradas durante el diseño e implementación del TFG. Queremos resaltar que el proyectista no es un técnico al que se le encarga una tarea concreta, sino un candidato a ingeniero, el cual debe tener una visión global del problema a resolver.

Por otro lado, es fundamental diferenciar el concepto de TFG, como trabajo académico, del producto final resultante de la eventual puesta en marcha y utilización del producto creado (si es el caso) como TFG. Es decir, el TFG abarca todo el trabajo efectuado por el estudiante durante la realización del proyecto académico: la propuesta de proyecto, el estudio previo, el diseño, la implementación, la evaluación y la redacción de la memoria, entre otras tareas, y acaba en el momento de la presentación y defensa del proyecto. Alternativamente, definimos PPP (Proyecto Puesto en Producción) como el conjunto de tareas y recursos necesarios durante el ciclo de vida del proyecto en una eventual implantación, incluyendo la puesta en marcha, el uso durante toda su vida útil y, por supuesto, también el desmantelado final.

Un análisis de sostenibilidad realizado únicamente sobre el TFG o el PPP proporcionaría una información incompleta. Por lo tanto, al realizar una estimación de los efectos de considerar la sostenibilidad en un determinado proyecto, hay que tener en cuenta el coste de la realización del TFG, por un lado, y los efectos (costes y beneficios sostenibles) derivados del PPP por otro. Ambos efectos son independientes y será muy importante identificar cada uno por separado. Nótese que podrían darse casos sorprendentes de TFG realizados respetando la sostenibilidad que implementen un PPP completamente insostenible (en el Apartado 5 mostramos un ejemplo). O, al contrario, TFG realizados sin ningún criterio sostenible pero cuyo PPP es un producto completamente sostenible.

Además, habrá proyectos en los cuales podría no tener sentido hablar de sostenibilidad: habrá aspectos básicos que deberán ser tratados siempre, pero otros podrían ser opcionales, en función del tipo de proyecto. En cualquier caso, el hecho de que finalmente un proyecto sea o no considerado sostenible no debería ser una limitación o impedimento para su realización como trabajo académico. Cabe tener en cuenta que el TFG es un acto académico y, en este sentido, es interesante valorar el grado de conocimiento e ingenio de un estudiante, incluso en casos en los que el trabajo propuesto no sea sostenible. Además, el grado de sostenibilidad contemplado en un proyecto puede variar en función del momento en el que se valore.

Finalmente, haremos una reflexión y cuantificación de la importancia que debería tener la sostenibilidad en el global del TFG. Aunque se presupone que el estudiante abordará de forma natural con rigor, profesionalidad y, por lo tanto, también con criterios sostenibles, las diferentes etapas de la realización del proyecto, puede ser una buena idea tratar de cuantificar la cantidad de horas que se deberían dedicar en analizar el grado de sostenibilidad del proyecto. Por ejemplo, en nuestra facultad el TFG es de 15 ECTS, lo que implica que debe realizarse en 450 horas (15 ECTS x 30 horas/ECTS). Las competencias transversales tienen un peso del 40% sobre la calificación final del TFG, y como se evalúan 7 competencias, todas con el mismo peso, se puede deducir que cada competencia se debería trabajar durante unas 25 horas ( $450 \times 0,4 / 7$ ). Obviamente, este número es una aproximación simplista, ya que las competencias transversales no se trabajan de forma independiente, sino que una misma actividad puede permitir trabajar varias a la vez. Por eso, este número puede ser una buena aproximación del tiempo específico mínimo que debería dedicarse a estudiar la sostenibilidad del proyecto en nuestra facultad, sobre todo si consideramos que la sostenibilidad debe considerarse de forma holística en el TFG, por lo que parece justificado dedicar a la sostenibilidad el tiempo suficiente.

## 5. Nuestra propuesta

Nuestra propuesta combina varios de los enfoques expuestos en los apartados anteriores. Inspirándonos en las ideas de Felber, hemos desarrollado una matriz que contiene una lista de preguntas que el ingeniero debe hacerse a la hora de plantear y desarrollar su proyecto. La respuesta a estas preguntas dará lugar al informe de sostenibilidad del proyecto. Hemos descartado la posibilidad de usar las etapas del proyecto en los ejes de la matriz porque el enfoque resultaba demasiado complejo, además de poco útil, ya que

estas reflexiones deben realizarse de forma holística integrada con la ética personal y profesional del ingeniero. También hemos descartado usar en los ejes las dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, económica y social), porque para que un proyecto sea sostenible debe considerar simultáneamente las tres dimensiones. De hecho, hay preguntas en las que dos o las tres dimensiones están presentes, y su evaluación por separado sería redundante.

En nuestra matriz se propone que en las filas haya una lista de preguntas relacionadas directamente con la elaboración del proyecto (producto/proyecto, equipo, proveedores/financiación/materiales, manufactura/distribución y vida útil), mientras que en las columnas hemos situado las preguntas relativas a consideraciones para la puesta en producción, al impacto de los resultados y a los posibles riesgos. Las celdas de la matriz contienen preguntas asociadas a las tres dimensiones de la sostenibilidad y relacionadas con la economía del bien común. Las preguntas no están formuladas de modo detallado y preciso, sino de forma deliberadamente simplificada para que sea fácil adaptarlas a cualquier tipo de proyecto. La tabla de la Figura 3 muestra nuestra propuesta. La matriz de preguntas se ha planteado para que pudiera servir en cualquier proyecto de ingeniería relacionado con las TIC, pero somos conscientes de que algunas de las preguntas sobrepasan los conocimientos que debería tener un estudiante en su TFG. Por eso, hemos señalado en verde aquellas cuestiones que sí deberían plantearse en un TFG, y en negro aquellas preguntas que van más allá de lo que debería plantearse un proyectista en su TFG.

Las preguntas no deben plantearse en un punto concreto del proyecto, sino que deberían permanecer activas en la conciencia del proyectista o ingeniero durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde la misma licitación de los requisitos y la definición del problema hasta su desmantelamiento final. Tal como proponen McDonough et al. en [8], aplicando los principios de ingeniería desde la “cuna” del proyecto hasta la “cuna” de lo que venga después (filosofía *Cradle to Cradle*).

La formulación de estas preguntas no persigue estimular respuestas inteligentes e informadas, basadas en datos y proyecciones plausibles –aunque no estaría de más–, sino despertar en los actuales y futuros ingenieros la conciencia y sensibilidad sobre la problemática que cada pregunta sugiere, pese a que en un proyecto que siga las reglas del juego de los TFG la libertad de acción del estudiante y el control sobre los resultados, o el futuro del proyecto, sean limitadas.

Sostenible?	Consideraciones para la puesta en producción	Resultados	Riesgos
<b>Producto / Proyecto</b>	¿Económicamente viable? ¿Satisface alguna necesidad básica de los usuarios?	¿Mejora de calidad de vida?	¿Cambios de comportamiento de los usuarios? ¿Dependencias creadas? ¿Riesgos de uso? ¿Cambios medioambientales?
<b>Equipo de trabajo</b>	¿Criterios de contratación? ¿Transparencia en la información? ¿Consenso en las decisiones? ¿Condiciones de trabajo dignas/valores éticos?	¿Puestos de trabajo que se destruyen/crean?	¿Grado de implicación y satisfacción de los trabajadores?
<b>Proveedores Materiales Financiación</b>	¿Condiciones de trabajo dignas/valores éticos de los proveedores? ¿Criterios de selección de materiales? ¿Fuentes de energía sostenibles? ¿Financiación de banca ética?		¿Aumento de la huella ecológica? ¿Trazabilidad de la materia prima?
<b>Manufactura Distribución</b>	¿Reutilización de recursos de otros proyectos? ¿Optimización de consumos? ¿Transparencia en los procesos? ¿Transporte de materias primas / producto manufacturado / trabajadores?	¿Beneficios/contribución a otros proyectos?	¿Residuos de fabricación/distribución? ¿Impacto ambiental?
<b>Vida útil</b>	¿Duración prevista y por qué? (Obsolescencia) ¿Diseño/ Fabricación pensando en el reciclado?	¿Necesidad de mantenimiento o modificación?	¿Reuso/reciclado/residuos?

Figura 3: Tabla propuesta para considerar la sostenibilidad en un proyecto de ingeniería/TFG.

Somos conscientes de que, muchas veces, las respuestas a estas preguntas serán del estilo “pregunta no aplicable al contexto del proyecto”, o “no dispongo de la información, los criterios o los conocimientos necesarios para responder”. No obstante, la asunción del propio desconocimiento puede ser la semilla de nuevos proyectos de investigación que aporten mayor conocimiento y conciencia sobre el tema.

Tampoco se pretende vincular las preguntas a una moral concreta. Bien podría un ingeniero o estudiante, ya sea por convicción o por divertimento, adoptar una ética caótica o del “lado oscuro” y proponer un buen proyecto de ingeniería alineado con la destrucción del medio ambiente, la cohesión social y/o la subyugación del universo conocido. Por ejemplo, la reciente propuesta de más 35.000 internautas al Congreso de los Estados Unidos<sup>3</sup> para construir una estación espacial similar a la “Estrella de la Muerte” de “La guerra de las galaxias” es claramente un buen proyecto de ingeniería, que puede realizarse de forma sostenible, pero cuyo uso final es de dudosa sostenibilidad (sobre todo porque el objetivo de la “Estrella de la Muerte” es la destrucción de planetas).

Las preguntas no asumen una línea de respuestas correctas o incorrectas, tan sólo pretenden despertar la “consciencia” del proyectista. Aunque, en este caso, el uso de la palabra “consciencia” sea una mala traducción del término inglés *Awareness*, que sería ciertamente más adecuado.

<sup>3</sup> <http://www.europapress.es/cultura/cine-00128/noticia-casa-blanca-rechaza-construir-estrella-muerte-20130112103616.html>

## 6. Discusión y conclusiones

La necesidad de tener en cuenta la sostenibilidad a la hora de planificar un proyecto de ingeniería nace de manera natural si queremos ser consecuentes con nuestro entorno y con nosotros mismos, pero en la actualidad prácticamente no existen mecanismos para definir y evaluar la sostenibilidad de un proyecto.

Partiendo de una vertiente generalista, y sin perder de vista el objetivo inicial -guiar al alumno o ingeniero en la introducción de la sostenibilidad en sus proyectos-, hemos realizado una reflexión que nos ha llevado a una propuesta sencilla y completa.

Desde el primer momento, hemos buscado una visión holística de la sostenibilidad que no nos lleve a una aproximación artificiosa, sino a su integración en el proyecto de una forma global y natural. También hemos pretendido cubrir todo el alcance del proyecto, ya que un ingeniero no debe ser un mero trabajador, sino que debe ser consciente y responsable de todo lo que rodea su proyecto. Además, pensamos que el planteamiento en forma de preguntas es pedagógicamente la manera más clara y directa de incitar a la reflexión del proyectista, tal como se propone en [1].

Partiendo de esta base, hemos analizado diferentes enfoques que buscan organizar las preguntas aplicando diferentes criterios: preguntas desordenadas, criterios temporales (evaluación y seguimiento en el caso de proyectos de ingeniería, hitos de evaluación en el caso del TFG), criterios de estado del proyecto (etapas), clasificación según las dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, social y económica), clasi-

ficación a partir de la fase del proyecto y de las dimensiones de la sostenibilidad consideradas de forma conjunta y, finalmente, usar los criterios de la economía del bien común de Felber.

También nos hemos planteado considerar lo que algunos autores denominan la cuarta dimensión de la sostenibilidad: la dimensión institucional. De hecho, nosotros la consideramos una dimensión transversal, sin la cual no es posible plantearse con éxito las otras tres. Es evidente que, si la legislación de un país o comunidad no regula todos los límites y parámetros que permiten considerar la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería, no podremos asegurar que los proyectos serán consecuentes con la sostenibilidad. Por lo tanto, se requiere una normativa que regule los requisitos que deben cumplir los proyectos de ingeniería para ser considerados sostenibles, normativa que lamentablemente no existe en prácticamente ningún país.

Creemos que la sostenibilidad debe considerarse de forma holística en los proyectos de ingeniería, en lugar de tratar sus dimensiones de forma separada. La matriz de “La economía del bien común” de Felber nos dio las claves para darle a nuestra idea un enfoque más holístico. Sus dos dimensiones – valores que miden la sostenibilidad en algunos países y agentes relacionados con las empresas – fueron nos proporcionaron la última pista para nuestra propuesta.

De la conjunción de un planteamiento fundamentado en preguntas, las tres dimensiones de la sostenibilidad y la matriz de Felber se extraen las bases de nuestra propuesta para definir los criterios de sostenibilidad que debe tener en cuenta un proyecto de ingeniería, y en particular un TFG.

En el caso particular del TFG, creemos que es fundamental diferenciar el concepto de TFG, como trabajo académico del producto final resultante de la eventual puesta en marcha y utilización del producto creado (PPP -Proyecto Puesto en Producción-). El TFG abarca todo el trabajo efectuado por el estudiante durante la realización del proyecto académico, mientras que el PPP se circunscribe al conjunto de tareas y recursos necesarios durante el ciclo de vida del proyecto en una eventual implantación.

Creemos que el resultado final de este trabajo es bueno porque pretende sensibilizar al ingeniero (o estudiante) de manera sencilla y directa ya desde la fase de definición de requisitos de su proyecto, y por lo tanto asegura una reflexión previa sobre la sostenibilidad que influirá en el planteamiento de éste.

Los firmantes de este artículo son miembros del grupo RIMA-VISCA de la UPC. Este trabajo se ha llevado a cabo con el apoyo del grupo RIMA-VISCA, del CCD (*Centre de Cooperació per al Desenvolupament*) y del proyecto MiPLE del Ministerio de Ciencia e Innovación español, código TIN2010-

21695-C02-02.8 y el proyecto TRAILER de la Comisión Europea (<http://grial.usal.es/agora/trailerproject>).

## Referencias

- [1] Marc Alier, Jose Cabré, Jordi García, David López y Fermín Sánchez. *Preguntas para guiar el Trabajo de Fin de Grado*. Jenui 2012.
- [2] Javier Alonso, David López y Javier Larrosa. *Experiencia en Proyectos Fin de Carrera de cooperación con países en vías de desarrollo*. Jenui 2007.
- [3] Jaume Cendra y Andri W. Stahel. *Hacia una construcción social del desarrollo sostenible basada en la definición de sus dimensiones y principios, articulados a partir de la ecuación IPAT. Aproximación a sus implicaciones y debates*. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, No 1, pp 1-32. 2006.
- [4] Juan José Escribano Otero y María José Terrón López. *Diseño para todos. Una experiencia en primero de grado*. Jenui 2011.
- [5] Cristian Felber. *La economía del bien común*. Deusto S.A. Ediciones, 2002.
- [6] David Franquesa, Josep-Llorenç Cruz, Carlos Álvarez, Fermín Sánchez, Agustín Fernández y David López. *Cómo formar Ingenieros en Informática en la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social*. Jenui 2009.
- [7] Robert G. McLaughlan. *Instructional Strategies to Educate for Sustainability in Technology Assessments*. Int'l J. of Engineering Education 23(2):201-208, 2007.
- [8] William McDonough, Michael Braungart, Paul T. Anastas y Julie B. Zimmerman. *Peer reviewed: Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle design*. Environmental Science and Technology 37(23): 434-441. 2003.
- [9] National Academy of Engineering. *The Engineer of 2020. Visions of Engineering in the New Century*. National Academy Press, 2004.
- [10] Edwin K. L. Tam. *Developing a Sustainability Course for Graduate Engineering Students and Professionals*. Int'l J. of Engineering Education 23(6): 1133-1140, 2007.
- [11] Johan Rockstrom et al. *A safe operating space for humanity*. Nature. Vol. 461, 24 September 2009.
- [12] Fermín Sánchez, David López y Jordi Garcia. *El desarrollo de la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social en la Facultat d'Informàtica de Barcelona*. Jenui 2010.
- [13] E. Valderrama, M. Rullán, F. Sánchez, J. Pons, F. Cores, J. Bisbal. *La evaluación de competencias en los Trabajos de Fin de Estudios*. Jenui 2009.

## **Recurso docente**



# Entorno virtualizado de aprendizaje para facilitar el desarrollo de destrezas de programación

Germán Moltó, Oscar Sapena  
Departamento de Sistemas Informáticos y Computación  
Universitat Politècnica de València  
46022 Valencia  
{gmolto, osapena}@dsic.upv.es

## Resumen

Esta comunicación resume la experiencia de creación y uso de un entorno virtualizado de aprendizaje de la programación para los alumnos de primer curso del Grado en Informática de la Universitat Politècnica de València durante el curso 2012/2013. Dicho entorno ofrece una configuración similar a la de los laboratorios de prácticas e integra un Corrector Automático de Programas así como vídeo-ejercicios de programación para crear un entorno virtual de aprendizaje interactivo. Además, puede ser ejecutado en los equipos de los alumnos sin necesidad de acceso a Internet y sin requerir costosas modificaciones de la instalación existente en los propios equipos. Esto permite a los alumnos recién llegados evitar la instalación del Sistema Operativo y las diferentes librerías y herramientas que se emplean durante dichas asignaturas. Se describe el proceso de creación y distribución del entorno (en la forma de una máquina virtual), así como la integración con vídeo-ejercicios didácticos y un corrector automático de programas. Finalmente se abordan las estadísticas de uso y los primeros resultados de la evaluación de la utilidad del mismo realizada por los estudiantes.

## Abstract

This paper summarises the development and usage of a virtualised learning environment for the students of programming subjects in the Degree of Computer Science at the Universitat Politècnica de València during the academic course 2012/2013. Such environment exposes a configuration similar to the one used in the labs and integrates an Automatic Program Testing tool as well as video-exercises to create a unique interactive virtual learning environment. Besides, it can be executed in the student's computer without requiring Internet access and without major modifications in the student's computer. This enables freshmen to avoid dealing with the intricacies of installing the Opera-

ting System, libraries and tools recommended for those subjects. The process of creating and distributing this environment (in the shape of a virtual machine) is described, including the integration with learning videos and an automatic grading software. Finally, usage stats are covered as well as the first evaluation results of the usefulness of this service for the students.

## Palabras clave

Programación, Virtualización, Entorno de Aprendizaje, Aprendizaje Autónomo

## 1. Introducción

El primer curso del Grado en Informática en la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València incluye dos asignaturas cuatrimestrales de programación, Introducción a la Informática y a la Programación (IIP) y Programación (PRG). En ellas se inicia al alumno en la construcción de programas, utilizando Java como lenguaje de programación. Además, se utiliza GNU/Linux como Sistema Operativo (SO) en los laboratorios de prácticas. Esto permite que los alumnos se introduzcan a usar este SO ya que gran parte de los alumnos no lo utiliza de forma habitual. En efecto, al inicio de la asignatura IIP (primer cuatrimestre de primer curso) se pasó una encuesta online con el objetivo de caracterizar los equipos de los alumnos y sus preferencias de uso de SO. La encuesta fue contestada por exactamente 100 alumnos y arrojó los siguientes resultados.

- **Equipo** Un 41 % disponen de un equipo de sobremesa mientras que un 59 % tiene un equipo portátil.
- **SO** Un 95 % utiliza de forma habitual Windows, un 2 % OS X y un 6 % GNU/Linux (pregunta con multirespuesta).
- **Memoria RAM** Un 12 % dispone de menos de

512 MBytes de RAM, un 16 % entre 1 y 2 GBytes, un 24 % entre 2 y 4 GBytes y un 48 % más de 4 GBytes.

De los resultados de la encuesta se deduce que la mayoría de los alumnos utiliza Windows sobre equipos generalmente portátiles y con más de 2 GBytes de RAM. Los alumnos disponen de laboratorios para realizar las prácticas donde utilizan equipos basados en GNU/Linux (en particular CentOS), junto con el resto de aplicaciones necesarias para la asignatura (Java Development Kit y el entorno de desarrollo BlueJ [1]). Sin embargo los laboratorios tienen unos determinados horarios de acceso que obligan a los alumnos a adaptarse a ellos para poder terminar ciertas prácticas o simplemente disponer del entorno de trabajo recomendado para realizar las actividades de clase.

Para paliar este problema, el departamento responsable de estas asignaturas, ofrece un servicio de Escritorios Virtuales<sup>1</sup> que permite acceder a un escritorio remoto GNU/Linux con el mismo entorno disponible en los laboratorios de prácticas. Para ello, es necesario un navegador web con soporte para Java e instalar un plugin de la tecnología NX (NoMachine)<sup>2</sup>. Sin embargo, esta opción requiere de una conexión a Internet de banda ancha y con baja latencia para tener unos tiempos de respuesta de interacción con el escritorio apropiados. Aunque esta opción puede ser útil para conectarse de forma esporádica, algunos alumnos no disponen de conexión a Internet en periodos de vacaciones, cuando regresan a sus lugares de procedencia y, por tanto, no pueden aprovechar esta alternativa.

Con el auge en las técnicas de virtualización y los avances en el desarrollo de hipervisores, en la actualidad resulta sencillo crear una máquina virtual para que se ejecute por encima del SO del usuario. Esto permite al alumno ejecutar GNU/Linux dentro de una máquina virtual que a su vez se ejecuta sobre el SO del equipo del estudiante (típicamente Windows, como se ha visto anteriormente). De esta manera, el estudiante que quiere utilizar GNU/Linux en su equipo no precisa de formatear y reparticionar su equipo con la complejidad técnica asociada al proceso. Además, la máquina virtual puede incluir la instalación de aplicaciones específicas. Esto permite crear lo que en este artículo se define como Entorno Virtualizado para el Aprendizaje de la Programación (EVAP), una máquina virtual que incluye todo el material y las aplicaciones necesarias para dar soporte a la realización de las actividades de la asignatura.

En este artículo se detalla el proceso de creación y utilización de EVAP durante el curso 2012/2013. Tras la introducción, el resto del artículo está estructurado como sigue. En primer lugar, la sección 2 detalla los

trabajos relacionados en este campo. A continuación, la sección 3 discute la metodología empleada y detalla las herramientas y consideraciones involucradas en el desarrollo de EVAP. Posteriormente, la sección 4 describe las características avanzadas así como la integración de otras herramientas educativas en dicho entorno. Luego, la sección 5 comenta los principales resultados y discute las ventajas e inconvenientes de la aproximación propuesta. Finalmente, la sección 6 resume el artículo y plantea las líneas de trabajo futuras.

## 2. Trabajos relacionados

En 2006, cuando las técnicas de virtualización comenzaban a popularizarse, ya algunos profesores como Gómez Martín [3] abogaban por las ventajas de introducir máquinas virtuales en el contexto docente, especialmente para aquellas asignaturas en las que fuera necesario que el alumno tuviese privilegios de superusuario (*root*). En este artículo se pone como ejemplo asignaturas como Sistemas Operativos, que precisan por parte del alumno control completo sobre el equipo (en este caso sobre la máquina virtual) para realizar el proceso de instalación y configuración del mismo, sin afectar por tanto a las instalaciones de software existentes en los laboratorios de prácticas. En esta línea se encuentra el trabajo de Pardo [6] sobre redes de ordenadores, que utiliza máquinas virtuales clonadas a partir de una máquina virtual base con el objetivo de configurar múltiples redes entre las máquinas virtuales y afianzar los conceptos propuestos en la asignatura.

Sin embargo, el uso de máquinas virtuales para ofrecer a los alumnos entornos de trabajo virtualizados y auto-contenidos para una asignatura concreta es relativamente reciente en la comunidad académica (al menos su difusión pública). En un trabajo realizado en la Universidad de Washington<sup>3</sup> se describe el uso de una máquina virtual basada en GNU/Linux con el objetivo de que el estudiante pueda utilizar este SO en su equipo, independientemente de su SO actual. La documentación no detalla más información sobre el software instalado en la misma, ni parece que su configuración esté encaminada a dar soporte una asignatura concreta. Por el contrario, en el trabajo de Malan<sup>4</sup> se detalla el uso de una máquina virtual preconfigurada puesta a disposición de los alumnos para llevar a cabo las actividades propuestas en la asignatura CS50 de Harvard University, una asignatura de programación que aborda los lenguajes C, PHP, JavaScript, SQL, CSS y HTML. No se detallan las aplicaciones específicas instaladas en la máquina virtual, pero un aspecto interesante es que ha sido configurada para realizar copias periódicamente.

<sup>1</sup><http://evir.dsic.upv.es/>

<sup>2</sup><http://www.nomachine.com/>

<sup>3</sup><https://www.cs.washington.edu/lab/software/homeVMs>

<sup>4</sup><https://manual.cs50.net/appliance>

cas de los ficheros en el directorio del usuario (a otro directorio) cada 10 minutos. Esto posibilita recuperar ficheros de código que el estudiante haya podido borrar de forma accidental durante el uso de la máquina virtual.

También existen iniciativas de estas características en España. Por ejemplo, en [6] se recomienda la instalación de una máquina virtual previamente creada por los docentes para dar soporte a la asignatura Arquitectura de Sistemas, impartida en la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Esta máquina virtual se orienta a utilizar el compilador *gcc*, el depurador de programas *gdb* y el depurador de memoria *Valgrind*.

En nuestro trabajo se aborda la construcción de un entorno virtualizado de trabajo para facilitar la enseñanza de la programación en Java, construido como soporte para las asignaturas IIP y PRG, pero generalizable y reutilizable para otras asignaturas afines. A diferencia de otros trabajos, el entorno propuesto en este artículo no se limita a una simple máquina virtual con unas aplicaciones pre-instaladas. También integra dos herramientas ya utilizadas en las asignaturas: vídeo-ejercicios didácticos para el aprendizaje autónomo y un Corrector Automático de Programas para la evaluación automática y guiada de programas de los alumnos. La integración de ambas tecnologías en EVAP permite la construcción de un entorno virtual interactivo y desatendido para fomentar en el alumno el aprendizaje autónomo de destrezas de programación.

### 3. Metodología

Esta sección resume el proceso de construcción de EVAP (Entorno Virtualizado para el Aprendizaje de la Programación). En primer lugar se procede a describir brevemente la asignatura IIP sobre la que inicialmente se ha realizado la experiencia. Después, por motivos de completitud, se resume brevemente las técnicas de virtualización empleadas. A continuación se detallan las características básicas soportadas por EVAP. Luego, se describe la funcionalidad avanzada, mediante la integración de vídeo-ejercicios y el Corrector Automático de Programas. Finalmente, se aborda el proceso de distribución y recopilación de sugerencias de mejora.

#### 3.1. La asignatura IIP

La asignatura IIP (Introducción a la Informática y a la Programación) es una asignatura de 6 créditos ECTS que se imparte en el primer cuatrimestre de primer curso del Grado en Ingeniería Informática de la Universitat Politècnica de València. La asignatura pretende que el alumno sea capaz de escribir programas correctos de baja complejidad en un lenguaje orientado a objetos como es Java, como parte de su formación inicial en

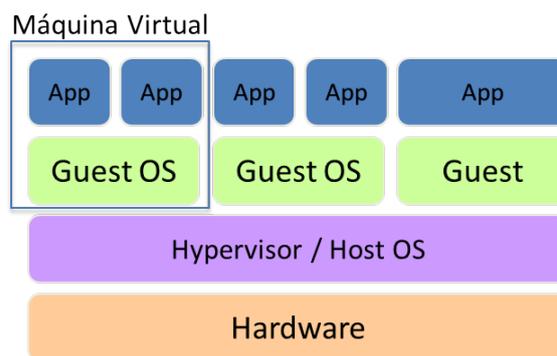


Figura 1: Estructura de una plataforma virtualizada.

la construcción de sistemas informáticos. En el curso 2012/2013 hay 417 alumnos matriculados. Como entorno para realización de prácticas se utiliza CentOS y el entorno de programación BlueJ 3.0.8 sobre JDK (Java Development Kit) 7, para la construcción de algoritmos.

#### 3.2. Virtualización

La virtualización es el mecanismo que permite que un SO anfitrión (*Host OS*) ejecute por encima un SO invitado (*Guest OS*), dentro de una máquina virtual, por medio de la ayuda de un hipervisor (o Virtual Machine Monitor). El hipervisor se encarga de controlar el acceso al hardware subyacente y, por lo tanto, posibilita que múltiples máquinas virtuales se ejecuten sobre un SO anfitrión. Esto permite desacoplar las aplicaciones del hardware subyacente y posibilita la construcción de aplicaciones virtualizadas (*Virtual Appliances*) que agrupan la instalación de un SO junto con todo un conjunto de aplicaciones, de manera que se satisfagan los requisitos software de un determinado entorno de trabajo.

La Figura 1 resume las características de una plataforma virtualizada. Se observa en el nivel más bajo el hardware y por encima se ejecuta el SO anfitrión junto con un hipervisor sobre el que se ejecutan diferentes máquinas virtuales (que agrupan el SO y las aplicaciones). Existen en la actualidad numerosos hipervisores, como es el caso de VMware<sup>5</sup>, KVM [4], Xen [7] o VirtualBox [9].

Para la construcción de EVAP se ha optado por el hipervisor VirtualBox, un producto de virtualización de arquitecturas tanto x86 como AMD64/Intel64, soportado por Oracle y que está disponible como código abierto bajo licencia GPL. VirtualBox es multiplataforma y se ejecuta en Windows, Linux, OS X y Solaris (en el SO anfitrión). Soporta una gran variedad de

<sup>5</sup><http://www.vmware.com>

SO invitados, como las diferentes variantes de Windows, GNU/Linux, Solaris, OpenSolaris, OpenBSD, etc. Además, dispone de una cómoda interfaz gráfica de usuario que facilita la interacción con el hipervisor.

### 3.3. Características básicas de EVAP

Antes de describir las características de EVAP es importante destacar que su uso no es imprescindible para realizar las actividades propuestas en la asignatura. Se ofrece como material complementario para el alumno que desea una forma fácil y cómoda de acceder a un entorno de trabajo similar al de los laboratorios. De hecho, el principal software disponible en EVAP puede ser instalado directamente de forma manual por el alumno en su equipo, en cualquiera de los principales sistemas operativos (Windows, GNU/Linux y OS X).

La máquina virtual, creada con la herramienta VirtualBox, consta de las siguientes características hardware:

- Disco duro de 80 GBytes de los cuales cerca de 5 GBytes están en uso para albergar la instalación tanto del SO como de las aplicaciones instaladas.
- 1024 MBytes de RAM. El alumno puede incrementar la memoria asignada a EVAP dependiendo de la memoria RAM disponible en su equipo. Esto permite aumentar las prestaciones de la misma para aquellos equipos más potentes. Se recomienda un mínimo de 2 GBytes de RAM en el equipo físico para ejecutar EVAP de forma fluida.

Estas son las principales características software:

- Sistema operativo GNU/Linux CentOS versión 6.3. Esta es la distribución usada en los laboratorios de prácticas.
- Java SE Development Kit (JDK) 7 Update 13. Contiene el entorno de Java necesario para la compilación de los programas de los alumnos.
- BlueJ versión 3.0.8. Este entorno de desarrollo se caracteriza por su potencia y simplicidad y es especialmente útil para el aprendizaje de la programación.
- Gnuplot. Permite visualizar datos y se utiliza de forma ocasional en prácticas para representar comparativas de eficiencia de algoritmos.

La máquina virtual se configura con acceso a un usuario sin privilegios para evitar que el alumno pueda de forma accidental eliminar la configuración de la misma, aunque se le comunica al usuario la contraseña del usuario *root*. No obstante, una de las ventajas de usar una máquina virtual es que si se produce algún cambio accidental en la configuración de la misma, no hay más que descargarla nuevamente y restaurar así la funcionalidad original.

Para poder utilizar EVAP, el estudiante únicamente tiene que instalar VirtualBox, disponible para los principales sistemas operativos y cuya instalación es muy sencilla para cualquier persona con conocimientos a nivel usuario de informática. El fichero que contiene la máquina virtual (*EVAP.vdi*) ocupa 4.6 GBytes pero puede comprimirse a 1.8 GBytes. Este fichero debe ser descargado por el alumno a su equipo antes de poder poner en marcha EVAP con VirtualBox. Aunque pueda parecer un tamaño de fichero excesivo, la realidad es que con la popularización de la banda ancha, es posible descargar ese fichero en poco más de 23 minutos con una conexión ADSL de 8 Mbit/s y poco más de 1h30' con una conexión de 2 Mbit/s.

Se realizó una guía de instalación y uso<sup>6</sup> y la distribución de la misma se hizo a través del servidor web departamental.

## 4. Características avanzadas de EVAP

Además de las características básicas, se apostó por la integración en EVAP de otras dos tecnologías utilizadas en el ámbito de las asignaturas. Por un lado, un corrector de programas para que el alumno pueda realizar de forma autónoma ejercicios y éste software le ofrezca retroalimentación sobre sus soluciones. Por otro lado, vídeo-ejercicios didácticos donde el profesor plantea y resuelve un problema, grabado en vídeo. A continuación se describen ambas herramientas.

### 4.1. Corrector automático de programas autocontenido

Tanto en las asignaturas de programación de primer curso IIP y PRG como en Estructuras de Datos y Algoritmos (EDA) se utiliza un software, denominado Corrector Automático de Programas (CAP) [8]. Esta herramienta consta de un Applet Java que presenta al alumno problemas típicamente de implementación. El alumno puede compilar su código desde la herramienta y ésta le orienta sobre la corrección de la solución. Para ello, es necesario realizar un programa de test para cada ejercicio, encargado de verificar la solución del mismo y de mostrar al estudiante orientación sobre cómo solucionar los fallos existentes en su implementación. La herramienta utiliza una base de datos MySQL, alojada en un servidor departamental, para almacenar ejercicios así como las soluciones parciales que van realizando los alumnos.

La Figura 2 muestra una captura de pantalla de la herramienta. Se accede al CAP a través de Internet mediante un navegador desde un equipo que tenga insta-

<sup>6</sup>Disponible en <http://goo.gl/QQIid>

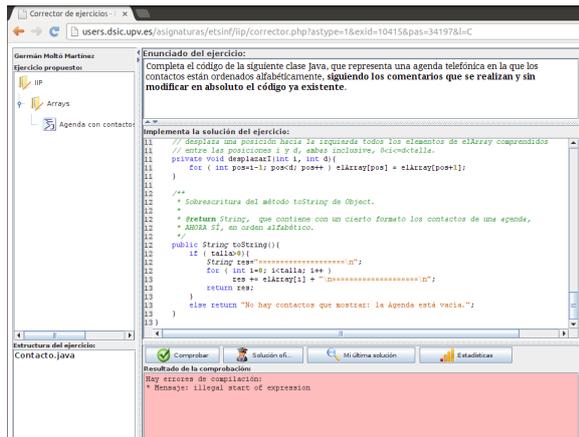


Figura 2: Captura de pantalla del Corrector Automático de Programas (CAP).

lado Java JDK (ya que la compilación del código del usuario se realiza en su propio equipo). Actualmente hay numerosos ejercicios desarrollados para el CAP, tanto para IIP como para PRG. Por ello, es interesante integrar esta herramienta dentro de EVAP con el objetivo de no precisar acceso a Internet para su utilización y garantizar su funcionamiento con independencia de la configuración del equipo del estudiante.

La integración del CAP en EVAP se realizó mediante la instalación de un servidor MySQL en la máquina virtual así como la migración de los datos de la base de datos departamental a dicha instancia de base de datos en EVAP. Fue necesario anonimizar la información recuperada, puesto que el sistema registra las soluciones parciales y las vincula a estudiantes matriculados en las asignaturas. Se crearon los diferentes ficheros HTML que contienen la configuración del Applet para cada ejercicio y éstos fueron integrados en EVAP. La implementación inicial precisaba de código PHP, que generaba los HTML específicos para cada ejercicio. Sin embargo se trató de evitar el despliegue de un servidor web (por ejemplo Apache), con soporte para PHP en EVAP, para no incrementar los requisitos de espacio en disco ni la cantidad de memoria necesaria para el mismo.

Esto permite acceder al CAP desde EVAP con un navegador web que se les deja a los alumnos preconfigurado con soporte para Java. Esto permite realizar los ejercicios propuestos en el CAP sin necesidad de conexión a Internet, y sin interferir en la base de datos departamental. Por tanto, cualquier estudiante, independientemente de que esté matriculado en las asignaturas involucradas, puede utilizar esta herramienta para enfrentarse a ejercicios de programación en Java.

## 4.2. Vídeo-ejercicios didácticos

En las asignaturas anteriormente mencionadas también existe un amplio trabajo previo de producción de material audiovisual que denominamos vídeo-lecciones. Las vídeo-lecciones son material audiovisual educativo donde el profesor explica un concepto/ejercicio con una duración del orden de 10 minutos, para tratar de mantener la atención del estudiante. En esta línea, el autor ha trabajado en la producción tanto de Polimedias como de vídeo-ejercicios.

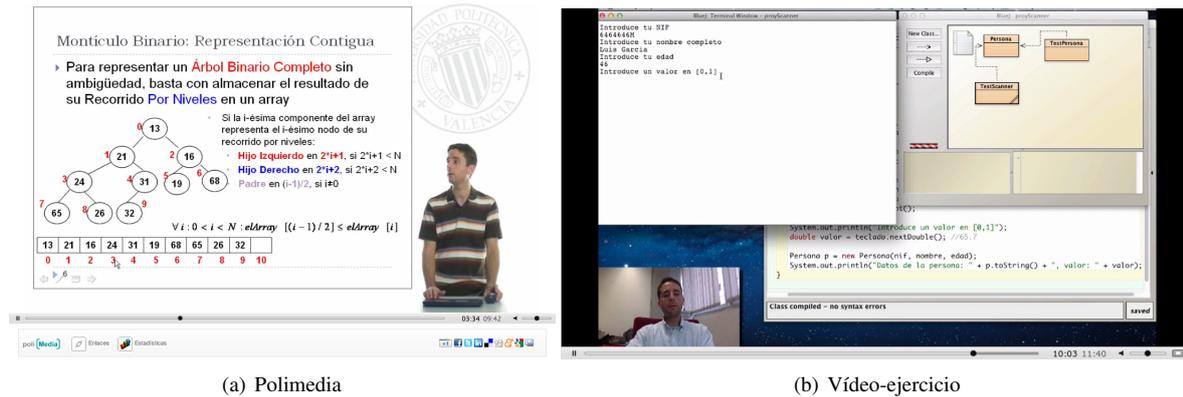
Los Polimedias (ver Figura 3.a) son vídeo-lecciones en las que aparece tanto el profesor como un soporte multimedia (diapositivas, etc.), con el objetivo de guiar la explicación. Éstos se graban en unas instalaciones específicas habilitadas por la universidad y deben grabarse de forma ininterrumpida. Como alternativa flexible, los vídeo-ejercicios (ver Figura 3.b) son vídeo-lecciones en las que el profesor graba el proceso de resolución de un ejercicio en un lienzo digital. Para ello se utilizan técnicas de captura de pantalla (*screen-cast*), una tableta digital o un entorno de programación y un equipo portátil con webcam y micrófono. Algunos ejemplos de vídeo-ejercicios son trazas de ejecución de algoritmos, generalmente recursivos, o diseños de clases Java, para iniciarse en la programación orientada a objetos.

Las vídeo-lecciones tienen muy buena acogida entre los alumnos. Concretamente, de los más de 27 vídeo-ejercicios creados por el autor, que acumulan más de 12600 visitas, más del 95 % de los alumnos (90 encuestas) valoran como útiles para su aprendizaje este tipo de material [5]. Estos vídeo-ejercicios se distribuyen por *streaming* desde PoliTube, la plataforma corporativa de la UPV de difusión de material audiovisual educativo. Sin embargo, los alumnos a menudo preguntan por la posibilidad de descargar los mismos, para tenerlos archivados y poder consultarlos sin necesidad de acceso a Internet.

Con este fin, la idea fue introducir los vídeo-ejercicios en EVAP para que pudieran ser accedidos en local, sin necesidad de Internet. Para ello, se desarrollaron diferentes webs que recopilan los vídeo-ejercicios y los clasifican por tema para cada una de las asignaturas. Esto incluye todo el material relacionado con cada vídeo (clases Java involucradas, transparencias adicionales, etc.). Es posible encontrar un ejemplo accesible online de una de estas webs para la asignatura IIP<sup>7</sup>.

A partir de esta web, resultó muy sencillo construir una versión *offline* de dicha web e incorporarla a EVAP. El único inconveniente es el tamaño de los vídeos, ya que cada uno de ellos ocupa entre 70-100 MBytes y dependiendo del número de vídeos puede aumentar bastante el tamaño de EVAP. Por ejemplo, en IIP actual-

<sup>7</sup><http://www.grycap.upv.es/gmolto/iip.php>



(a) Polimedia

(b) Vídeo-ejercicio

Figura 3: Ejemplos de vídeo-lecciones. Los vídeo-ejercicios se graban en el equipo del profesor mientras que los Polimedia se producen en un estudio de grabación.

mente hay 10 vídeo-ejercicios disponibles, lo que supone incrementar el tamaño de EVAP en algo menos de 1 GByte.

Para facilitar el proceso de integración, se creó un *shell-script* que descarga de forma recursiva la web que indexa los vídeo-ejercicios, procesa los enlaces a los vídeo-ejercicios y los descarga desde PoliTube. Posteriormente, reemplaza las URLs en las páginas HTML descargadas para que referencien los archivos de vídeos locales, permitiendo al alumno tener una versión idéntica a la web online de vídeo-ejercicios, pero accesible sin necesidad de acceso a Internet.

Como detalle técnico adicional, se utiliza Google Chrome para poder visualizar los vídeos (desde la página web local, referenciados mediante la etiqueta *video* de HTML 5), ya que los vídeos están en formato MPEG-4 y Firefox no soporta dicho formato por cuestiones de licencia.

### 4.3. Apariencia de EVAP

En la Figura 4 se muestra la apariencia de EVAP, donde el estudiante está visualizando un vídeo-ejercicio sobre cómo diseñar clases en Java (en segundo plano, con el navegador Google Chrome). En primer plano, a la izquierda está el Corrector Automático de Programas (CAP), sobre el que el alumno está resolviendo un ejercicio de implementación de una clase sencilla en Java. El CAP guía al alumno y le orienta sobre los errores de su código para facilitar la labor de resolución del ejercicio propuesto. A la derecha, el alumno tiene el entorno de programación BlueJ para poder desarrollar la clase Cuadrado (por si no quiere utilizar directamente el CAP para ello). Esta máquina virtual, basada en Linux, se está ejecutando por encima del SO del estudiante, que en este caso es Windows.

Obviamente, la integración del CAP y los vídeo-ejercicios en EVAP lleva asociado un incremento en

el tamaño de la imagen de máquina virtual. Esta versión precisa 7 GBytes de espacio en disco y puede ser comprimido a un fichero de 3.8 GBytes.

### 4.4. Objetos de aprendizaje auto-evaluables

Al unir las tecnologías anteriormente mencionadas (plataforma de desarrollo, vídeo-lecciones y Corrector Automático de Programas) se da la conjunción propicia para la creación de Objetos de Aprendizaje Auto-Evaluables (OA2E), una herramienta para el aprendizaje autónomo de destrezas de programación. A continuación se describe un posible escenario de uso:

El estudiante revisa la guía didáctica [2] del tema actual, que incluye la distribución y temporización de actividades por sesiones, incluidas las actividades no presenciales. El alumno revisa la actividad no presencial correspondiente para dicho día, que le indica que debe visualizar una vídeo-lección sobre la clase Scanner de Java y luego resolver un ejercicio propuesto para verificar la comprensión de los conceptos explicados.

El alumno arranca EVAP, abre un navegador y se conecta a la página (que puede ser offline, almacenada en el propio EVAP, u online), para visualizar la vídeo-lección. En ella, el profesor de forma virtual le explica los conceptos. Posteriormente, el alumno accede al ejercicio propuesto en el CAP para resolver el problema propuesto: escribir un pequeño programa que usa la clase Scanner de Java para leer datos introducidos por teclado. El CAP le orienta en el proceso de resolución, destacando los fallos que comete de manera que el alumno iterativamente va resolviendo los problemas hasta que el CAP indica que su código funciona correctamente. En la siguiente sesión, el alumno acude a clase con esos conceptos ya trabajados, lo que le permite seguir con mayor facilidad la explicación del profesor. De esta manera, el alumno ha podido aprender

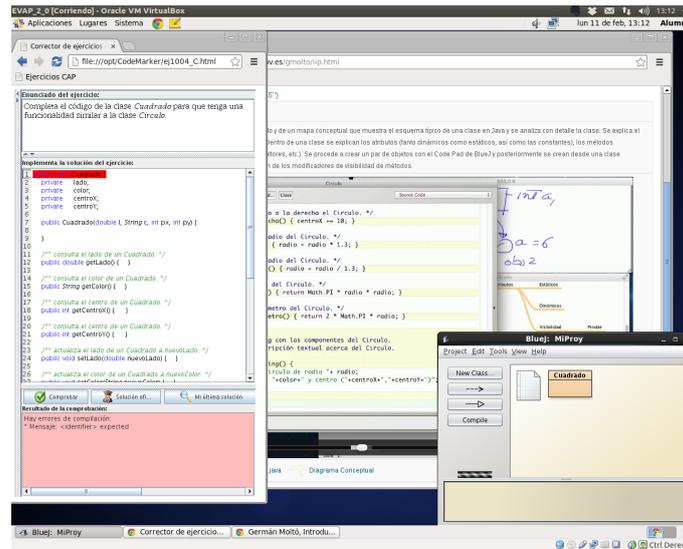


Figura 4: Captura de pantalla de EVAP.

y verificar el aprendizaje de los conceptos de manera desatendida, sin la intervención del profesor.

Por supuesto, este procedimiento también puede realizarse online, sin necesidad de EVAP, pero la integración de las herramientas en una misma entidad ofrece cohesión y posibilidad de uso sin necesidad de Internet, además de garantizar un entorno de trabajo con las herramientas necesarias para la asignatura. Esto no solo es una característica que puede ser deseada por nuestros alumnos, sino que puede resultar de interés para aprendices de países donde el acceso a la banda ancha no sea tan extendido. La posibilidad de realizar una única descarga que contiene un entorno completo para el auto-aprendizaje puede resultar útil.

## 5. Resultados y discusión

El curso 2012/2013 ha sido el primero en el que se ha incorporado EVAP en la asignatura IIP (primer cuatrimestre de primer curso). De los 417 alumnos matriculados, 109 alumnos la descargaron previa contestación a un pequeño cuestionario online para caracterizar a los usuarios y sus equipos. Los resultados de este cuestionario son los que se muestran en la introducción del artículo. Tras finalizar la asignatura, se les propuso rellenar una sencilla encuesta de satisfacción online que fue contestada por 21 estudiantes (hubieron usuarios de EVAP que no contestaron la encuesta, al no ser obligatoria). Los resultados se refieren a la versión de EVAP que no contiene integrado el CAP ni los video-ejercicios, sino tan solo el entorno de trabajo similar al de laboratorio (características básicas). A continuación se resumen los resultados obtenidos:

El Cuadro 1 resume los resultados de la encuesta. La

primera pregunta trata de averiguar si el proceso de instalación y utilización de EVAP fue de utilidad para los alumnos. La mayor parte de los alumnos (90 %) contestaron afirmativamente (o neutral). No obstante, para la siguiente versión se recopilarán las sugerencias de mejora de los alumnos sobre la guía de la instalación con la idea de incrementar todavía más el porcentaje de satisfacción. La segunda pregunta está relacionada con los posibles problemas técnicos derivados de usar EVAP. En efecto, a menudo la complejidad técnica de un nuevo servicio puede poner en riesgo las ventajas pedagógicas que éste pueda aportar. Por ello, es muy importante que la componente tecnológica ofrezca la mínima fricción para que el estudiante únicamente perciba las ventajas ofrecidas por la nueva herramienta. Aquí, aproximadamente la mitad de los alumnos comentaron que habían tenido algún problema técnico que dificultó (aunque no impidió) utilizar el servicio. Algunos alumnos destacaron la lentitud de la máquina virtual, si bien este problema es derivado en gran medida por las prestaciones del equipo del alumno. En el documento de instalación se especifican los requisitos mínimos recomendados para ejecutar EVAP pero será conveniente advertir a los alumnos de que no lo ejecuten con un número elevado de aplicaciones abiertas en su propio SO, de cara a dejar suficiente RAM libre para que EVAP puede ejecutarse sin problemas.

Con respecto al grado de uso de EVAP a lo largo de la asignatura, un 33 % de los alumnos la usó de forma regular en la asignatura, para llevar a cabo las actividades propuestas. Finalmente, se preguntó a los alumnos sobre el grado de utilidad de EVAP para facilitar su aprendizaje en la asignatura. Éste es quizá uno de los aspectos más importantes, el hecho de que los alumnos perciban como útil ofrecer ese servicio. En este caso,

Pregunta	Escala	Resultados
La explicación del proceso de instalación y uso ha sido clara	[1,5], 1=TED, 5=TDA	10 % en [1,2], 23 % en [3], 67 % en [4,5]
He tenido problemas técnicos que han dificultado usar este servicio	[1,5], 1=TED, 5=TDA	43 % en [1,2], 27 % en [3], 30 % en [4,5]
¿Cual ha sido tu grado de uso de este servicio a lo largo de la asignatura?	Uso esporádico / regular	52 % esporádico, 33 % regular, 15 % poco usada
Indica el grado de utilidad de este servicio para facilitar tu aprendizaje en la asignatura	[1,5], 1=Inútil, 5=Muy útil	20 % en [1,2], 18 % en [3], 62 % en [4,5]

Cuadro 1: Resultados de la encuesta de evaluación de EVAP. La mayoría de las preguntas se expresan en escala [1,5]. TED equivale a Totalmente en Desacuerdo mientras que TDA representa Totalmente de Acuerdo.

el 80 % expresó que consideraba como útil o muy útil la existencia de este servicio en el contexto de la asignatura.

En general, los resultados obtenidos y la retroalimentación recibida por parte de los alumnos invita a continuar con esta línea de trabajo. Con la experiencia adquirida en esta actividad piloto se procederá a mejorar el servicio para las siguientes asignaturas involucradas (principalmente PRG y EDA). Esto permitirá refinar tanto EVAP como la documentación asociada con el objetivo de que un mayor número de alumnos se anime a utilizarlo y sea útil para su aprendizaje.

## 6. Conclusiones

Este artículo ha presentado los resultados de una experiencia piloto en la creación de entorno virtual de aprendizaje de la programación. Este involucra la creación de una máquina virtual preconfigurada con el entorno que utilizan habitualmente los alumnos en los laboratorios de prácticas, con el objetivo de que los alumnos (de primer curso de primero), puedan tener acceso a un entorno de trabajo propio de forma rápida y sencilla, sin necesidad de lidiar con detalles de instalación y configuración de software. Ese trabajo se complementa con la inclusión de vídeo-ejercicios didácticos y la integración de la herramienta de Corrección Automática de Programas en EVAP, de manera que el alumno disponga de un entorno de aprendizaje autónomo para poder trabajar de forma offline, sin necesidad de acceso a Internet.

EVAP se encuentra a disposición de la comunidad<sup>8</sup> para ser utilizada por otros estudiantes interesados.

## Agradecimientos

El autor desea agradecer a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica (ETSINF) el soporte recibiendo para la difusión de este trabajo.

do para la difusión de este trabajo.

## Referencias

- [1] David J Barnes and Michael Kölling, *Objects first with Java: A practical introduction using BlueJ*, Pearson Prentice Hall, 2006.
- [2] Jon Ander Gómez, Marisa Llorens, Carlos Herro, and Germán Moltó, *La Guía Didáctica como Eje Central en la Implantación de Metodologías Activas*, II Congreso Internacional de Docencia Universitaria (II CIDU 2011), 2011.
- [3] Pedro Pablo Gómez Martín, *Máquinas Virtuales en las clases de Informática*, XII Jornadas de enseñanza universitaria de la informática (JENU), 2006.
- [4] A Kivity, Y Kamay, and D Laor, *KVM: the Linux virtual machine monitor*, Proceedings of the Linux Symposium (2007), 225–230.
- [5] Germán Moltó, *Producción y Uso de Vídeo-Ejercicios Didácticos en Asignaturas de Programación*, XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENU 2012), 2012, pp. 255–262.
- [6] Abelardo Pardo, Iria Estévez, Damaris Fuentes, Pablo Basanta, and Pedro J. Muñoz, *Apuntes de Arquitectura de sistemas*, 2012.
- [7] I. Pratt, K. Fraser, S. Hand, C. Limpach, A. Warfield, D. Magenheimer, J. Nakajima, and A. Mallick, *Xen 3.0 and the art of virtualization*, Linux symposium, Citeseer, 2005, pp. 65–77.
- [8] Óscar Sapena, Mabel Galiano, Marisa Llorens, and Nati Prieto, *CAP: Corrector Automático de Programas para la evaluación continua y el aprendizaje autónomo*, V Jornada de Innovación Docente (ETSINF), 2012.
- [9] Jon Watson, *VirtualBox: bits and bytes masquerading as machines*, Linux Journal **2008** (2008), no. 166, 1.

<sup>8</sup><http://www.grycap.upv.es/gmolto/evap.php>

# PeLP: Plataforma para el Aprendizaje de Lenguajes de Programación

Xavier Baró, David Masip, Elena Planas y Julià Minguillón  
Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació  
Universitat Oberta de Catalunya  
Rambla del Poblenou 156, 08018 Barcelona  
{xbaro, dmasipr, eplanash, jminguillona}@uoc.edu

## Resumen

En este artículo se presenta una plataforma para el aprendizaje en línea de lenguajes de programación. Su principal objetivo es ofrecer una retroalimentación inmediata a los estudiantes en sus ejercicios de programación. Además, la plataforma contiene un conjunto de servicios web que permiten la compilación y verificación de código en línea. La plataforma no sólo facilita a los docentes la gestión y corrección de las actividades de los estudiantes y les da un retorno inmediato, sino que abre la puerta a la realización de aplicaciones web que permitan la resolución en línea de ejercicios de programación sin la necesidad de instalar ningún entorno de desarrollo ni depender de ninguna plataforma concreta. Actualmente se está implantando en asignaturas de los Grados en Ingeniería Informática y Tecnologías de la Telecomunicación.

## Abstract

This paper presents an eLearning platform for programming languages. Its main aim is to provide students with immediate feedback on their programming exercises. In addition, the platform contains a set of web services that allow online compilation and code verification. The platform does not only simplify the management and correction of activities to teachers and gives immediate feedback to students, but also opens the door to the realization of web applications that allow online resolution of programming exercises without installing any development environment and totally platform independent. The platform is currently on implantation process for Computer Science and Telecommunication Degrees.

## Palabras clave

Recursos educativos, aprendizaje en línea, lenguajes de programación.

## 1. Introducción

Aprender a programar en un determinado lenguaje de programación suele conllevar el aprendizaje no sólo de las estructuras y singularidades del lenguaje, sino también de un entorno de programación y un conjunto de herramientas específicas para su ejecución. Para una persona que ya tenga nociones de programación, este aprendizaje se convierte en localizar las equivalencias con sus conocimientos previos, y suele ser más asequible. El problema cambia considerablemente cuando hablamos de estudiantes de primer año de Grado, que generalmente no han programado nunca y que en la mayoría de casos desconocen qué significa programar. El aprendizaje conjunto de la programación, un determinado lenguaje y las herramientas necesarias resultan en una curva de aprendizaje muy pronunciada.

Para suavizar dicha curva de aprendizaje, una posibilidad es retardar la necesidad de las herramientas hasta que los estudiantes tengan las nociones básicas sobre el lenguaje de programación. De este modo, el estudiante ya conoce previamente el resultado esperado de su código y puede centrarse en cómo utilizar las herramientas convencionales para el lenguaje objetivo. Actualmente existen herramientas que pueden ayudar en este sentido, por ejemplo algunos correctores de ejercicios de programación [1, 2, 3, 4], que permiten valorar la calidad de un ejercicio de codificación y compiladores en línea de código [5], que permiten probar pequeños códigos. En el caso de los sistemas de corrección analizados, generalmente basados o derivados de *Ceildh* [6], se ha observado que en general han dejado de ser mantenidos de forma abierta y su instalación e integración en plataformas abiertas es muy costosa. Uno de los entornos más utilizados y que se mantiene abierto es Mooshak [7], que presenta unas características similares a nuestra plataforma. A diferencia de Mooshak PeLP, permite integración con los servicios de información de la universidad, y ofrece además una capa de servicios Web que permite llamadas directas desde cualquier aplicación, sin necesidad

de realizar envíos de código mediante formularios. En el caso de los sistemas de compilación en línea, la mayoría de los sistemas analizados no tienen el código abierto y no permiten ser integrados en sistemas propios.

Dada la complejidad y coste en la adaptación de los sistemas disponibles, pero teniendo en cuenta los potenciales beneficios de este tipo de herramientas en el aprendizaje de la programación, se decidió desarrollar una plataforma propia. La plataforma que se presenta en este artículo tiene como finalidad dar soporte a los estudiantes de primer año de los Grados en Ingeniería Informática y Tecnologías de la Telecomunicación en sus ejercicios de programación. Uno de los puntos fuertes de la herramienta es la retroalimentación inmediata que ofrece a los estudiantes, permitiéndoles autoevaluarse a lo largo del curso. También se ha tenido en cuenta la posibilidad que la plataforma pueda integrarse fácilmente en distintas instituciones.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: en la Sección 2 se describen los objetivos, arquitectura y funcionalidades de la plataforma; en la Sección 3 se explica su implantación en el entorno de la *Universitat Oberta de Catalunya (UOC)*, el impacto esperado y el piloto desarrollado en la asignatura de Fundamentos de Programación; finalmente, la Sección 4 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

## 2. Descripción de la plataforma

En esta sección se describen los antecedentes de la plataforma PeLP, se exponen sus objetivos y se detalla su arquitectura y funcionalidades.

### 2.1. Antecedentes

La plataforma PeLP tiene sus orígenes en el denominado *corrector automático*, una herramienta web basada en PHP que permite ejecutar un fichero de código C utilizando un conjunto de juegos de pruebas básicos, y devolviendo una retroalimentación inmediata. Esta herramienta se implantó el curso 2004-2005 en la asignatura Fundamentos de Programación de la *UOC*. Hasta la fecha, un total de 4,700 estudiantes de las Ingenierías Técnicas de Informática, 840 de la Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones, así como 820 y 230 estudiantes de los recientes Grados en Ingeniería Informática y de Tecnologías de la Telecomunicación respectivamente han utilizado esta herramienta para entregar sus ejercicios de programación.

En estos años, aunque ha demostrado ser una herramienta muy útil tanto para los estudiantes como para los profesores, también se han evidenciado sus limitaciones. Por ejemplo, el corrector sólo acepta código C contenido en un único fichero, lo que limita el tipo

de ejercicios que se pueden validar. Así mismo, tiene una gestión muy simple de las entregas, que no permite que un profesor pueda acceder de forma fácil a las entregas de sus estudiantes, y además no permite a los estudiantes mantener un registro de las mismas.

### 2.2. Objetivos

Partiendo de la experiencia acumulada a partir del uso del *corrector automático*, los problemas encontrados durante su tiempo de funcionamiento y el deseo de mejorar los recursos docentes a disposición de los estudiantes, se ha concebido la plataforma PeLP. Esta nueva plataforma está pensada para proporcionar las capacidades de *compilación online* y *corrección automática* de ejercicios de codificación, siendo diseñada para permitir la creación de nuevos recursos interactivos que requieran el análisis de un código de entrada. Las bases sobre las que se ha diseñado la plataforma que se presenta son:

**Seguridad:** Dado que una de las posibilidades de la plataforma es poder ser utilizada para la entrega de actividades de programación, garantizar el acceso controlado a las actividades entregadas ha sido una de las prioridades. En este sentido, se han definido restricciones a varios niveles para asegurar que nadie puede acceder a lo que no debería.

**Integración:** Para facilitar la gestión de los usuarios de la plataforma, se ha trabajado en todo momento teniendo en mente la posibilidad de utilizar los métodos de autenticación de los usuarios en los entornos de la propia universidad. La plataforma se ha diseñado para que permita utilizar un sistema externo de gestión de usuarios y asignaturas.

**Escalabilidad:** Teniendo en cuenta la gran cantidad de lenguajes de programación disponibles y que la elección de un determinado lenguaje puede depender de muchos factores, la plataforma se ha diseñado para facilitar la introducción de nuevos lenguajes. En la versión actual, existen implementaciones tanto para C como para Java.

**Apertura:** En todo momento se ha percibido la plataforma como una herramienta abierta. Por un lado, evitando limitar la plataforma a los requisitos concretos de la universidad donde se está implantando. También se ha definido una capa de servicios de acceso a la plataforma, que permite la utilización de la misma desde cualquier otra aplicación, facilitando tareas de compilación y ejecución en la nube, sin necesidad de instalar ningún entorno de programación. Finalmente, todo el código se ha publicado en *GitHub*<sup>1</sup> con una licencia abierta, facilitando que quien quiera pueda utilizarlo y adaptarlo a sus necesidades.

<sup>1</sup>GitHub [www.github.com](http://www.github.com)

**Internacionalización:** En todo momento se ha pretendido que la plataforma sea multilingüe. Actualmente está disponible en catalán, castellano e inglés.

### 2.3. Arquitectura

En esta sección se detallan las características principales de la plataforma PeLP y de los módulos que la conforman. En la Figura 1 se puede ver el conjunto de capas en que se organiza la plataforma. El núcleo de la plataforma es el motor, el cual gestiona todos los flujos de datos entre los distintos módulos de la aplicación. Una de las tareas más delicadas del motor es asegurar que nadie pueda acceder a ningún recurso al que no tiene derecho a acceder. Se han definido los siguientes módulos:

**Gestor de Actividades:** Gestiona las actividades disponibles para los estudiantes. Cada asignatura puede tener varias actividades en un semestre, las cuales pueden estar delimitadas en una ventana temporal o no. Cada actividad puede tener asociado un conjunto de juegos de prueba públicos y/o privados. En el caso de los públicos, los estudiantes pueden ver en qué consisten; en el caso de los privados, sólo saben si lo han superado o no.

**Gestor de Entregas:** Se encarga de acceder a las entregas realizadas por los estudiantes a las distintas actividades. Para cada entrega se guardan tanto los ficheros que la componen como el resultado obtenido del análisis del código.

**Módulo de Análisis de Código:** Este módulo se encarga de analizar los ficheros de código de una entrega. Dado que el análisis depende del lenguaje de programación utilizado, este módulo define la operativa básica, y se requiere un adaptador para cada lenguaje. Actualmente el análisis del código se limita a la compilación y las pruebas de ejecución definidas por los juegos de prueba, así como el tiempo de ejecución para cada una de ellas. Dado que los códigos pueden contener errores, la ejecución se hace en un entorno protegido y con limitaciones de recursos y temporales.

**Conexión al Campus:** Este módulo es sin lugar a dudas el más delicado para la integración de la plataforma en cualquier entorno educativo. Él es el responsable de autenticar al usuario y aportar toda la información referente a asignaturas, estudiantes, profesores, etc. El módulo define las interfaces que cubren las necesidades de la plataforma, y su implementación se delega a una implementación que tenga en cuenta los requisitos de cada universidad/entidad. En la versión actual, se ha desarrollado un adaptador que no requiere comunicación externa, sino que proporciona informa-

ción local, muy útil para entornos pequeños o para pruebas. También se ha desarrollado un adaptador basado en OAuth2<sup>2</sup> para conectar con el campus de la UOC.

**Módulo de Persistencia:** La función de este módulo es que los datos que se generan en la plataforma queden correctamente guardados en disco y en la base de datos, y que se puedan recuperar cuando se precise. Entre los datos que se gestionan están toda la información de configuración de la plataforma, las entregas y los resultados de las entregas.

Además de las capas y módulos que dan vida a la plataforma, se ha definido una *Capa de Servicios*, la cual permite acceder a las funcionalidades de la plataforma mediante servicios web. El acceso mediante servicios web facilita poder utilizar las funcionalidades de análisis de código desde aplicaciones externas, como por ejemplo páginas web o aplicaciones en dispositivos móviles.

### 2.4. Funcionalidades

La primera prioridad de la plataforma es sustituir al actual *corrector automático*, por lo que las primeras funcionalidades que se han activado en la plataforma son todas aquellas relacionadas con la gestión de actividades y entregas de ejercicios por parte de los estudiantes. En concreto, se ha creado un cliente web para que los estudiantes puedan acceder a las actividades y entregar sus ejercicios. En la Figura 2 se muestra la pantalla inicial del cliente. Esta pantalla permite subir ficheros de código a la plataforma para que sean compilados. Esta funcionalidad se ha dejado abierta a cualquier usuario, por lo que está accesible sin necesidad de autenticarse.

La autenticación en la plataforma se puede hacer mediante usuario y contraseña o bien utilizando un servicio externo. Por ejemplo, en la Figura 2 podemos ver que se da la opción de utilizar el sistema de la UOC. Cuando un usuario está autenticado correctamente, se muestra su información y se le permite elegir una asignatura en la que esté matriculado, el aula y finalmente una actividad. Esta selección es igual para estudiantes y profesores, con la diferencia que un estudiante sólo puede tener un aula, mientras que un profesor puede tener varias.

Cuando un usuario elige una actividad concreta, le aparece una pestaña adicional que le permite ver un registro de entregas. En caso que sea un estudiante, en esta pestaña se le muestran las entregas que ha efectuado para dicha actividad, con un resumen de los resultados obtenidos (ver Figura 3). En caso que el usuario sea un profesor, se muestra la misma información para

<sup>2</sup>OAuth2 <http://oauth.net/2/>

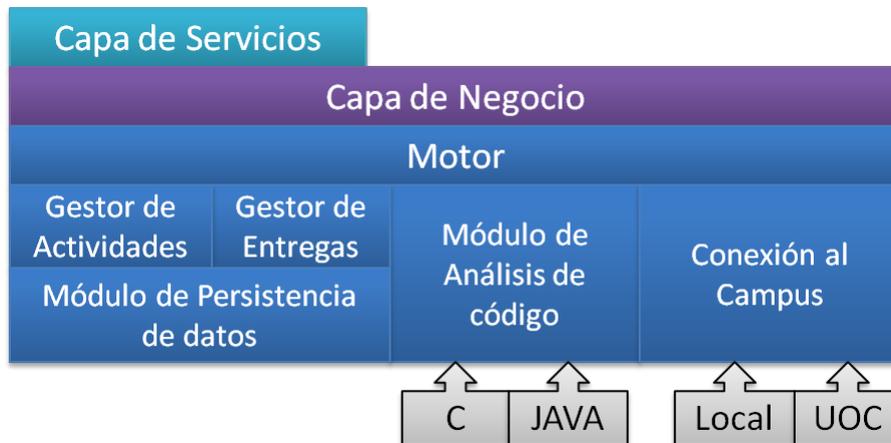


Figura 1: Estructura de capas que conforman la plataforma PeLP.

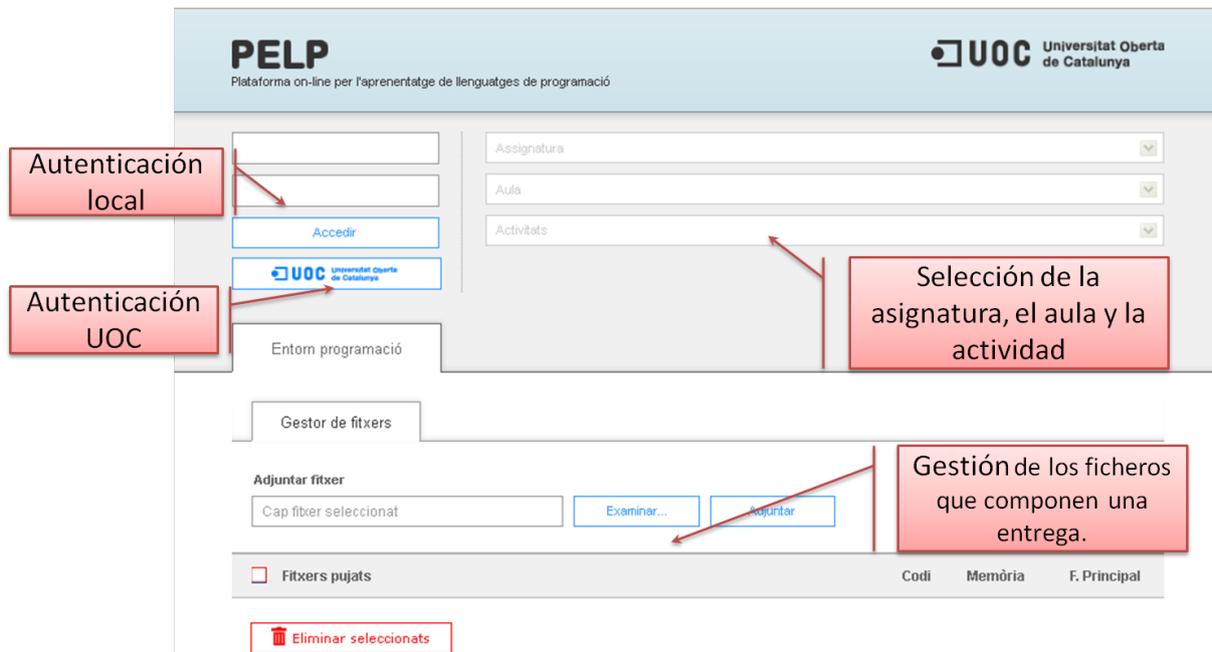


Figura 2: Página principal del cliente web para la UOC.

Entrega	Data	Intents	Compilació	Tests públics	Tests privats
> user3	11/02/2013	0	✓	0 0	0 0
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; user4           <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Entrega 3</li> <li>&gt; Entrega 4</li> </ul> </li> </ul>	16/01/2013		✗	0 0	0 0
Fitxer					
test.java			✓		
Tests públics					
Tests privats					
> user6	16/01/2013	0	✓	0 0	0 0

Figura 3: Registro de entregas.

el último registro de cada estudiante de su aula. En ambos casos, al seleccionar un registro, se puede acceder a todo el detalle asociado.

En la experiencia previa con el *corrector automático* se detectó que los estudiantes utilizaban el corrector para programar mediante ensayo y error. Es decir, iban mandando su código con pequeñas modificaciones para ver si compilaba y si pasaba los tests. Esta forma de trabajar, además del coste de recursos que conlleva para el servidor, creemos que no es la adecuada, pues los estudiantes no reflexionaban sobre los motivos de sus errores. Para evitar esta forma de trabajar, cada actividad lleva asociada un número máximo de entregas. De este modo, el estudiante necesita utilizar sus herramientas y analizar los resultados obtenidos antes de volver a mandarla a la plataforma de corrección.

## 2.5. Portabilidad

Todo el código de la plataforma se ha publicado íntegro en GitHub (<https://github.com/xbaro/PeLP>), permitiendo a cualquier persona que lo desee hacer una copia de la versión actual y evolucionarla o adaptarla a sus necesidades. Si nos fijamos en la Figura 1, podemos observar que tanto los módulos de análisis de código como la conexión al campus aparecen como figuras externas a la plataforma. El motivo es que se han definido como módulos de extensión de la plataforma, lo que facilita incluir nuevos lenguajes de programación y nuevos módulos de conexión que

se adapten a cada institución.

En ambos casos, la extensión se realiza mediante la implementación de una interfaz JAVA, que define qué métodos se deben definir en cada implementación. En el caso de añadir un nuevo lenguaje de programación, se deberá indicar cómo se compila y cómo se ejecuta, lo que permitirá a la plataforma poder obtener resultados de compilación y de ejecución, que serán gestionados internamente. En el caso de la conexión con otro campus, los métodos que hay que implementar están relacionados con la autenticación, obtener las aulas de un usuario, el idioma preferido del usuario en caso de campus con varios idiomas, etc.

## 3. Prueba piloto en el contexto de la UOC

La plataforma PeLP se ha diseñado dentro de UOC, siendo las asignaturas de programación básicas las más beneficiadas.

En una primera fase, la plataforma PeLP se implantará en la asignatura Fundamentos de Programación. Esta asignatura, con unos 250 estudiantes matriculados por semestre, consta de dos prácticas desarrolladas en lenguaje C. Utilizando la nueva plataforma PeLP, el estudiante podrá enviar su código mediante la interfaz habilitada para su evaluación, y recibirá los resultados obtenidos sobre un conjunto de juegos de prueba (tanto públicos como privados). De este modo, el estu-

dante recibirá una retroalimentación inmediata sobre posibles errores en el proceso de compilación y ejecución, y tendrá en todo momento constancia de qué funcionalidad no está correctamente implementada.

En una segunda fase, se plantea extender el uso de PeLP al resto de asignaturas de programación: Prácticas de Programación, Diseño y Programación Orientada a Objetos y el Taller de Java para estudiantes con conocimientos previos de programación. Estas asignaturas están vinculadas a los primeros cursos del Grado en Ingeniería Informática, y se imparten también en el Grado de Tecnologías de la Telecomunicación de la UOC. Actualmente, promedian globalmente más de 600 estudiantes por semestre.

Además, al tratarse de asignaturas de primer curso y con una carga de trabajo considerable, resulta bastante habitual que se encuentren entre las asignaturas críticas a nivel de rendimiento académico.

El sistema de entrega y corrección que proporciona la plataforma PeLP proporciona diversas ventajas, especialmente en un entorno asíncrono como es el modelo educativo de la UOC (no presencial). En este entorno, aunque el estudiante está acompañado durante todo el curso por un profesor que tutoriza su aprendizaje y le proporciona periódicamente una retroalimentación personalizada, es necesario disponer de herramientas de soporte adicional para mejorar el proceso de aprendizaje. En este sentido, la plataforma PeLP da soporte directo a los estudiantes de las asignaturas de programación durante la elaboración de sus ejercicios de codificación, proporcionándoles un conjunto de ejercicios de autoevaluación, una retroalimentación inmediata y un sistema ágil para realizar las entregas requeridas en la asignatura.

Además de las ventajas en el proceso de aprendizaje del estudiante, la plataforma tiene otro impacto positivo en la evaluación de las prácticas por parte del equipo docente. Pasada la fecha límite, los profesores pueden acceder a un resumen de los resultados obtenidos por cada estudiante, teniendo un acceso rápido e inmediato al código proporcionado. Los resultados de compilación y de ejecución sobre los juegos de prueba públicos y privados sirven para validar el correcto funcionamiento del código, por lo que los docentes pueden dedicar el tiempo de corrección a analizar otros aspectos sobre la estructura, modularidad y estilo de código, reduciendo el coste de corrección y dando una retroalimentación personalizada a los estudiantes más detallada.

## 4. Conclusiones y trabajo futuro

La plataforma presentada es un avance respecto al sistema actual, diseñada para poder ser adaptada de forma fácil a distintas instituciones y necesidades. La

primera fase de la plataforma se ha centrado en cubrir los aspectos de entrega y corrección de código y los servicios para acceder a la plataforma, abriendo el camino a nuevas aplicaciones que puedan explotarla.

Actualmente se está trabajando en ampliar el tipo de pruebas que se pueden aplicar a los programas, así como la posibilidad de añadir librerías o ficheros adicionales a las entregas en el paso de compilación. También se está trabajando en mejorar la interfaz de administración de la plataforma, para facilitar la gestión de asignaturas y tareas. Además está previsto integrar un sistema anti-fraude y ampliar el análisis de los códigos entregados, incluyendo indicadores de calidad (uso de comentarios, sangrías, modularidad, ...).

También se está preparando el inicio de la prueba con estudiantes reales, prevista para Septiembre del 2013. Dado que el número de estudiantes será de alrededor de 250 en la prueba piloto, se están efectuando pruebas de carga en los servidores, para poder prevenir contingencias relacionadas con la configuración de los servidores.

Como trabajo futuro queremos integrar en la plataforma el acceso a recursos relacionados con la programación, tanto aquellos totalmente abiertos como recursos de acceso limitado a los estudiantes de una determinada asignatura.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado con las ayudas a la innovación docente *APLICA 2012* de la Universitat Oberta de Catalunya. Parte del diseño e implementación lo han llevado a cabo Juan Francisco Sánchez y Juan Antonio Mangas, del equipo de Tecnología Educativa de la UOC.

## Referencias

- [1] G. Edmunds, "Experiences using caape: computer assisted assessment of programming exercises," *Computers & Education*, vol. 15, no. 1-3, pp. 45-48, 1990.
- [2] C. Higgins, T. Hegazy, P. Symeonidis, and A. Tsintzifas, "The coursemarker cba system: Improvements over ceilidh," *Education and Information Technologies*, vol. 8, pp. 287-304, Sept. 2003.
- [3] P. Longo, A. Sterbini, and M. Temperini, "Tsw: A web-based automatic correction system for c programming exercises," in *Proceedings of the 2nd World Summit on the Knowledge Society: Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective*, WSKS '09, (Berlin, Heidelberg), pp. 13-21, Springer-Verlag, 2009.

- [4] C. Douce, D. Livingstone, and J. Orwell, "Automatic test-based assessment of programming: A review," *ACM Transactions on Computing Education / ACM Journal of Educational Resources in Computing*, vol. 5, 2005.
- [5] M. Mohtashim, "Compile Online." <http://www.compileonline.com>. Visitado Febrero 2013.
- [6] S. D. Benford, E. Burke, E. Foxley, N. H. Gutteridge, and Z. A. Mohd, "Ceilidh: A course administration and marking system," in *Proceedings of the 1st International Conference on Computer Based Learning in Science*, (Viena, Austria), 1993.
- [7] J. P. Leal and F. Silva, "Using mooshak as a competitive learning tool," in *The 2008 Competitive Learning Symposium, ACM-ICPC World Finals*, 2008.



# Aprender, enseñar y evaluar con *CAP*, un Corrector Automático de tareas de Programación

Óscar Sapena    Mabel Galiano    Marisa Llorens    Natividad Prieto

Departament de Sistemes Informàtics i Computació

Universitat Politècnica de València

46022 Valencia

{osapena, mgaliano, mlllorens, nprieto}@dsic.upv.es

## Resumen

En este artículo se presenta *CAP*, un Corrector Automático de tareas de Programación que ha sido diseñado combinando las TIC con un enfoque docente centrado en el estudiante y con el objetivo de hacer sostenibles las tareas de evaluación continua y seguimiento de las asignaturas de Programación en Java de los primeros cursos del Grado en Ingeniería Informática de la Universitat Politècnica de València. Asimismo, se presentan resultados sobre el uso de *CAP* y se compara con otras herramientas TIC; de ambos, se puede concluir que *CAP* ayuda al profesor a afrontar con objetividad y eficacia su labor docente y, al mismo tiempo, guía al alumno en el desarrollo de sus habilidades básicas como programador.

## Abstract

This paper presents an automatic marking system to assess the learning process of novice students in programming in higher education. Combining ICT with a student centred approach to teaching, the *CAP* system has been designed, used and tested as an instrument to evaluate the learning outcomes defined for the Java introductory programming courses of Bachelor in Computer Engineering at the Universitat Politècnica de València. Results on its use and its comparison with other ICT tools are provided; from both, it can be concluded that *CAP* helps lecturers to face objectively and with efficacy their teaching and guides the student in the development of his basic programming skills.

## Palabras clave

Corrección automática, evaluación continua, programación en Java, recurso TIC de aprendizaje.

## 1. Motivación

En este artículo se presenta *CAP*, un Corrector Automático de tareas de Programación, como una herramienta básica para hacer sostenibles las tareas de evaluación continua y seguimiento de tres asignaturas de programación en Java de los primeros cursos del Grado en Ingeniería Informática (GII) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSIInf) de la Universitat Politècnica de València (UPV). El objetivo general de estas asignaturas es que el alumno conozca la definición e implementación de los tipos de datos fundamentales, los esquemas algorítmicos iterativos y recursivos aplicables a la resolución de problemas de complejidad media y los criterios de eficiencia que conducen a la elección del tipo de datos y esquema algorítmico más adecuados para cada problema.

Este corrector ha contribuido positivamente a alcanzar dicho objetivo poniendo en práctica algunas de las ideas que, tanto con Bolonia como sin ella, los autores de este trabajo tenían sobre su labor docente y que podrían resumirse como sigue:

- La mejor forma de aprender a programar es programando.
- El alumno debe convertirse en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje. El profesor, si quiere asumir su papel en este nuevo esquema, debe aplicar nuevas estrategias para un seguimiento y evaluación objetivos y eficaces de sus alumnos.

Durante el primer curso de implantación del Grado, los autores ya habían experimentado con diversas técnicas que, en mayor o menor medida, implementaban estas ideas en el marco de Bolonia [9]; concluían entonces que era imprescindible el uso de las tecnologías de la información en los procesos de tutorización y evaluación del alumnado, si bien era necesario analizar y elegir entre el amplio abanico de metodologías docentes aquellas que no solo fueran efectivas sino que además pudieran ser usadas con confianza tanto por profesores como por alumnos. En este mo-

mento, los autores creen haber encontrado en CAP una herramienta para sustentar esta conclusión. La descripción de sus características así como su comparación con otras herramientas similares propuestas en la literatura se realiza en la sección 2; luego, en la sección 3, se presentan y analizan los datos que permiten justificar su interés; finalmente, en la sección 4, se extraen algunas conclusiones sobre CAP y se comentan las líneas de trabajo que, a medio y largo plazo, se piensan seguir para mejorarla.

## 2. Desarrollo y usos de CAP

El corrector CAP se presenta como una herramienta dual, pues pretende servir tanto al alumno como al profesor en un proceso asimismo dual como el de la enseñanza-aprendizaje. Por ello, tanto a nivel de diseño como de uso, se despliega en dos ventanas:

- La del administrador, donde el profesor diseña actividades para la consecución de los objetivos formativos de la asignatura y la evaluación de su enseñanza-aprendizaje; por motivos obvios, el alumno no tiene acceso a esta ventana.
- La del corrector propiamente dicho, a la que accede el alumno para realizar las tareas de programación propuestas, bajo la tutela subyacente del profesor que las ha diseñado.

En lo que sigue, se explican con detalle todos los aspectos que caracterizan esta dualidad de CAP y, además, se comparan con los de otros correctores para señalar las diferencias y similitudes que presentan entre sí, sus pros y contras: cuáles son sus principios de funcionamiento, cómo se han introducido y aplicado las estrategias de innovación por parte del profesor y, finalmente, qué ventajas proporciona su uso.

### 2.1. Principios de funcionamiento

Al igual que la mayoría de correctores automáticos existentes [6, 10, 11], el funcionamiento de la herramienta CAP, en líneas generales, consiste en compilar el programa y ejecutarlo, para ponerlo a prueba con unos cuantos juegos de datos, comparando el resultado obtenido con el previsto. Ahora bien, a nuestro parecer, CAP se diferencia de estos otros correctores en uno u otro de los siguientes aspectos:

- Compagina satisfactoriamente los criterios de seguridad con los de accesibilidad, facilidad de uso e interactividad, al mismo tiempo que ofrece al alumno una interfaz gráfica muy sencilla de usar y de respuesta amigable e inmediata para realizar los ejercicios en cualquier momento y tantas veces como desee. CAP garantiza implícitamente la

seguridad del sistema en el que reside y explícitamente la del sistema del alumno que lo usa.

- Soporta con gran flexibilidad la definición de distintos tipos de ejercicios y proporciona al alumno una realimentación modulada, que puede variar a criterio del profesor que los diseña en función del tipo de ejercicio y de la calidad de la solución que cada alumno propone. Por ejemplo, si se trata de una actividad sumativa en la que se desea un bajo nivel de tutela, la salida del corrector puede ser la habitual de un oráculo (correcto/no correcto); en cambio, si se trata de una actividad formativa, el corrector puede desplegar una gran variedad de comentarios y sugerencias que guíen al alumno en la consecución del objetivo.

En buena parte, CAP posee estas dos características porque ha sido desarrollado como un applet Java. Ello no solo facilita su integración en cualquier sitio web sino que también, a diferencia de lo que sucede con otros lenguajes como C y C++, le permite hacer uso del mecanismo Java *reflection*<sup>1</sup>, que permite obtener información sobre clases y objetos durante la ejecución de un programa. Así, con CAP se puede corregir cualquier tipo de programa, clase o método (completo o parcialmente implementado) desarrollado en Java sin exigir una disposición dada para sus datos y resultados, i.e. se pueden corregir programas que no requieran ningún dato de entrada o que no generen ningún tipo de salida o que exijan determinado y muy específico formato de entrada y/o salida o que no lo exijan.

Otras características importantes que presenta CAP son las siguientes: maneja una base de datos MySQL en la que se almacena tanto la biblioteca de tareas de programación como los resultados obtenidos por los alumnos; comparte el sistema de autenticación de la intranet de la UPV, lo que le permite identificar directamente al alumno que realiza el ejercicio, aunque también puede utilizarse sin que el usuario se haya identificado en la plataforma (“Usuario invitado”) y, por tanto, sin guardar los resultados obtenidos.

Analizando las herramientas de corrección automática más representativas que se han propuesto hasta la fecha, y cuyas características se resumen en el cuadro 1, pensamos que “la hermana mayor” de CAP en lo que a principios de funcionamiento se refiere es WebToTeach [2], o más concretamente su actual versión comercial CodeLab<sup>2</sup>. Los únicos inconvenientes que se le podrían atribuir son los derivados de su diseño como CGI (*Common GateWay Interfaces*): interactividad restringida, problemas de seguridad y sobrecarga del servidor. No nos parece criticable que solo admita la resolución de micro-ejercicios pues, en base a

<sup>1</sup><http://docs.oracle.com/javase/tutorial/reflect/>

<sup>2</sup><http://www.turingscraft.com>

Herramienta	Completar código	Aplicaciones web	Realimentación personalizada	Análisis estático	Análisis dinámico	Calificación automática	Lenguajes
Automatic Marker	No	Módulo Moodle	No	No	Sí	Sí	Java
Backstop	No	No	Sí	No	Sí	No	Java
ELP	Sí	Applet	Sí	Sí	Sí	No	Java, C#, C
JAssess	No	Módulo Moodle	No	No	Sí	No	Java
WebBot	No	CGI	No	No	Sí	Sí	C/C++, Java, Perl, Python, Tlc, SPIM
Web-CAT	No	Servlet	Sí	Sí	Sí	Sí	Java
WebToTeach	Sí	CGI	Sí	No	Sí	No	C/C++, Java, Ada, Fortran, Pascal
CAP	Sí	Applet	Sí	Sí	Sí	Sí	Java

Cuadro 1: Comparación de herramientas de evaluación de ejercicios de programación.

la información disponible, parece ser que se debe a la estrategia educativa que implementa; además, a cambio, permite corregir ejercicios en varios lenguajes (C, C++, Java, etc.), flexibilidad que aún no posee CAP.

No podemos decir lo mismo de otros correctores implementados como aplicaciones web, a los que pensamos que CAP aventaja por uno u otro motivo. Así, por ejemplo,

- ELP [13], que permite corregir ejercicios en varios lenguajes y también es un applet, presenta una arquitectura bastante más compleja que la de CAP. Además, su interfaz de usuario no resulta demasiado amigable para principiantes de programación, pues no parece capaz de transmitirles de forma directa, asequible y (casi) instantánea el resultado de la completísima evaluación que realiza de un ejercicio.
- JAssess [14] y Automatic Marker [12], precisamente por haber sido diseñados como módulos de Moodle<sup>3</sup> para integrarse fácilmente en LMSes (*Learning Management Systems*) como Blackboard<sup>4</sup> o Sakai<sup>5</sup>, presentan una interfaz de usuario más rígida y menos interactiva que CAP; el mismo problema, pero por otro motivo, se le puede achacar a Web-CAT [5], que además es un servlet.
- WebBot [4] es un CGI y, por tanto, se le puede aplicar perfectamente lo dicho previamente en este sentido sobre WebToTeach; además, en base a la bibliografía disponible, su interfaz de usuario no parece muy amigable en lo que se refiere a presentar resultados de evaluación a principiantes de programación, lastrada quizás por su escaso desarrollo y su origen como mero calificador de programas.

Finalmente, no podemos dejar de mencionar a Backstop [7], pues usa el mismo mecanismo que CAP, Java *reflection*, para proveer información de depuración de código Java muy completa; sin embargo, al ser

una aplicación *stand-alone* no permite al profesor seguir el proceso de aprendizaje de sus alumnos.

## 2.2. Rol del alumno: aprendizaje autónomo y autoevaluación

Las figuras 1 y 2 son dos instancias de la ventana del alumno en CAP, la interfaz gráfica a través de la cual interactúan alumno y corrector. En cada una de ellas se ilustra una de las dos estructuras de ejercicio que el alumno puede realizar en CAP junto con su correspondiente modo de evaluación (supervisión y calificación): de *completar huecos* con evaluación tipo oráculo, que pretenden hacer “sentir” al estudiante todo el peso que las cuestiones sintácticas y el estilo tienen en la programación; de *implementación* con evaluación tipo profesor-virtual, que pretenden que el alumno aprenda a programar sin cometer errores (sobre todo lógicos y de ejecución) y de forma eficiente.

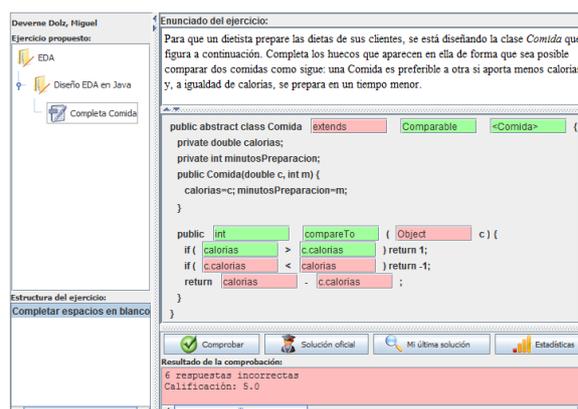


Figura 1: Ventana de CAP para el alumno: ejercicio de completar huecos.

Dicho esto, y como se puede observar en ambas figuras, la ventana del alumno consta de dos partes. En la de la izquierda figuran: el nombre del estudiante si está identificado en PoliformaT [3], la plataforma de la UPV, o “Usuario invitado” si no lo está; la asignatura y el tema en el que se sitúa el ejercicio; la lista de clases

<sup>3</sup><http://www.moodle.org>

<sup>4</sup><http://www.blackboard.com>

<sup>5</sup><http://www.sakaiproject.org>

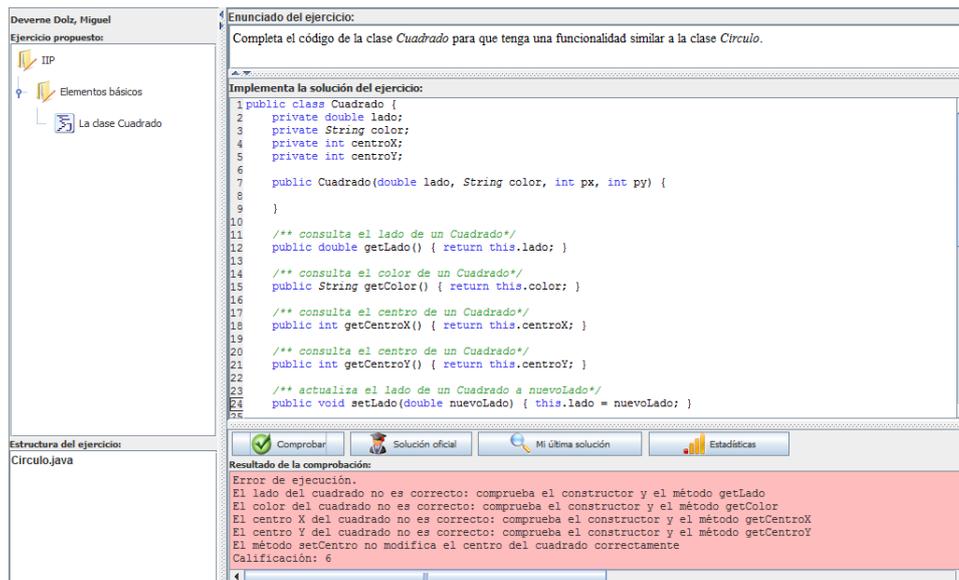


Figura 2: Ventana de CAP para el alumno: ejercicio de implementación.

adicionales que el alumno puede consultar si se trata de un ejercicio de implementación como el de la figura 2, ninguna si se trata de un ejercicio de completar huecos como el de la figura 1.

En su parte derecha se distinguen tres cuadros de texto (enunciado del problema, editor de código solución para el alumno y cuadro de evaluación/calificación de la solución presentada) y una barra de botones que permiten, a petición del alumno, reflejar su diálogo con el corrector. Así, cuando el alumno pulsa el botón:

- “Comprobar”... en el cuadro de evaluación aparece al instante, sobre fondo rojo, un mensaje que le indica los errores detectados en su código y la nota que –siempre sobre 10– le otorga el corrector; si el código fuera correcto y eficiente, sobre fondo verde aparece el mensaje “¡¡¡Código correcto!!! Calificación: 10”.

Además, como se puede deducir al comparar los cuadros de evaluación en las figuras 1 y 2, los mensajes de error de CAP son, intencionadamente, más o menos prolijos según la estructura/modo de evaluación del ejercicio; detallaremos la información que contienen, clave en el diseño de CAP, al concluir la descripción de sus botones.

- “Mi última solución”... se abre al instante el fichero con el código asociado a la máxima nota obtenida en los diferentes intentos realizados por el alumno (guardado en la base de datos de CAP al “Comprobar”). Este botón puede resultar muy útil cuando el alumno usa CAP para completar la resolución de un ejercicio en el que, por el motivo que fuese, no obtuvo un 10.

- “Solución oficial”... se abre al instante el fichero de texto que contiene el código solución propuesto para el ejercicio (guardado en la base de datos de CAP cuando el profesor crea el ejercicio y visible solo a partir de la fecha que este elija). Combinando este botón con el anterior, el alumno siempre puede detectar en qué medida su mejor solución se desvía de la de referencia en corrección, eficiencia y/o estilo.

Cuando un estudiante accede a dicha solución sin tener un 10, CAP no impide que siga evaluándose pero bloquea su nota actual. Por si el alumno pulsa involuntariamente este botón antes de conseguir un 10, CAP le pide confirmación en una ventana emergente, con lo que el alumno solo ve la solución de referencia cuando así lo decide.

- “Estadísticas”... se abre al instante un fichero con sus estadísticas en las tareas realizadas hasta la fecha. En la figura 3 se puede ver la (completa) información que recibe el alumno sobre su trabajo, la misma de la que dispone el profesor en su ventana: nombre del ejercicio; mejor nota obtenida junto con el número de intentos que realizó para ello; fecha y hora en la que obtuvo dicha nota. Además, si el alumno pincha la línea correspondiente a un cierto ejercicio, puede compararse con el resto de los que han hecho ese ejercicio: dónde se encuentra él con respecto a los que lo han resuelto peor o mejor.

Este listado de notas le viene bien tanto al alumno como al profesor: evita que ambos pierdan un tiempo precioso en tediosas e imprescindibles tareas administrativas relacionadas con la evaluación (correo viene, correo va; publicación de lis-

tados de notas de actividades de seguimiento sumativas y sus correspondientes revisiones; etc.). Además, les permite conocer en tiempo real el seguimiento del estado del proceso de enseñanza-aprendizaje en el que participan y la detección de los errores o fallos que en él se pueden producir.

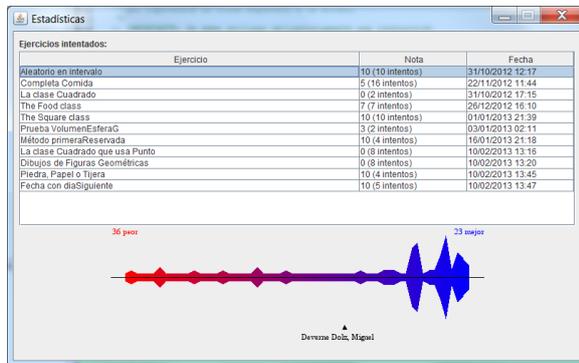


Figura 3: Ventana de CAP para el alumno: estadísticas.

Concluida la descripción de sus botones, pasamos a detallar ahora la información que contienen los mensajes de error de CAP en función de la estructura del ejercicio a resolver. En lo que a evaluación de ejercicios de implementación se refiere, CAP lleva a cabo la corrección de un ejercicio ejecutando un test de prueba del código del alumno; obviamente, solo muestra al alumno un mensaje que resume los resultados del test en lenguaje natural. Como se puede observar en la figura 2, cuando el código contiene errores dicho mensaje ofrece al alumno una guía eficaz para que los solucione y aprenda de ellos, tipo profesor-virtual: además de la localización del código que origina el error, incluye pistas para solucionar tanto errores de ejecución, sobre los que la máquina Java informa de forma escueta y bastante críptica, como errores lógicos, no detectables por la máquina Java. Aunque en la figura no se aprecian, CAP también proporciona otros dos tipos de mensaje de error:

- los asociados a errores de compilación, que son exactamente los mismos que proporciona la máquina Java en cualquier otro entorno y que se califican con un cero, ya que un código que no compila no puede ejecutarse;
- los asociados a un código correcto pero ineficiente, con los que se indica al alumno que si no obtiene una versión eficiente su nota no será la máxima asociada al ejercicio.

Por otra parte, en lo que a evaluación de ejercicios de completar huecos se refiere, CAP compara el contenido de cada hueco con un patrón dado que establece el profesor al crear el ejercicio, el que figura en la solución oficial. Así, tal como se aprecia en la figura 1, el

mensaje de error que resume el resultado de este proceso es muy sucinto, tipo oráculo: número de errores en el código y nota; además, a elección del profesor, para indicar su localización, los huecos que contienen el código incorrecto pueden aparecer sombreados en rojo.

Descritas sus características, la experiencia adquirida estos años nos lleva a pensar que, interactuando con esta ventana el alumno puede desarrollar una estrategia inductiva, basada en ejemplos y contra-ejemplos, para aprender a programar programando... ¡y razonando! Comparándola con la de los correctores que se han mencionado en la sección anterior, se puede decir que es de las más efectivas: califica cualquier tarea sin dar pistas sobre su solución más que cuando se comete un error, lo que seguramente es un acicate para el alumno y una ventaja con respecto a aquellos correctores que, según el cuadro 1, no lo hacen; proporcióna al alumno una realimentación personalizada, asequible para su nivel y localizada en los errores de su código, conjunción de factores que nos parece que incumplen todos los correctores citados excepto WebToTeach (o CodeLab); finalmente, proporciona toda la información en un mismo plano, haciendo uso de ventanas emergentes en lugar de pestañas u otro tipo de mecanismos.

### 2.3. Rol del profesor: diseño de tareas y análisis de resultados

El cometido principal del profesor es elegir aquellos ejercicios que plasmen de forma significativa los objetivos concretos de un tema o una práctica. Según la finalidad del ejercicio, el profesor define también su estructura: completar huecos o de implementación.

En cualquier caso, el diseño de un ejercicio requiere rellenar una serie de items: tipo de ejercicio, título, tema y enunciado del mismo, entre otros. Además, si se trata de un ejercicio de completar huecos, se definen los huecos con sus soluciones de referencia y puntuación y si se trata de un ejercicio de implementación (véase figura 4) se generan una serie de clases (visibles o no para el alumno) necesarias para su resolución; entre ellas destaca el test que deberá pasar el código del alumno cuando se ubique en la línea y clase indicadas por el profesor. Como ya se ha comentado, además, este puede añadir una solución de referencia al problema y hacerla visible a partir de una fecha determinada.

La parte más laboriosa e importante es la creación de un tipo de *test-unit* que, explotando la gestión de excepciones Java, permite señalar y, en su caso, ayudar a solventar las dudas y carencias que el alumno pueda tener, tanto si es consciente de ello como si no. El profesor debe ponerse en el papel de alumno y, en base a su experiencia, tratar de prever los errores que el

alumno puede cometer, cuantificarlos para que la respuesta que reciba el alumno pueda variar en función de que se trate de una actividad sumativa en la que se desea un bajo nivel de tutela o una actividad formativa en la que se quieren incluir comentarios y sugerencias que le sirvan al alumno como estímulo para mejorar por sí mismo su solución.

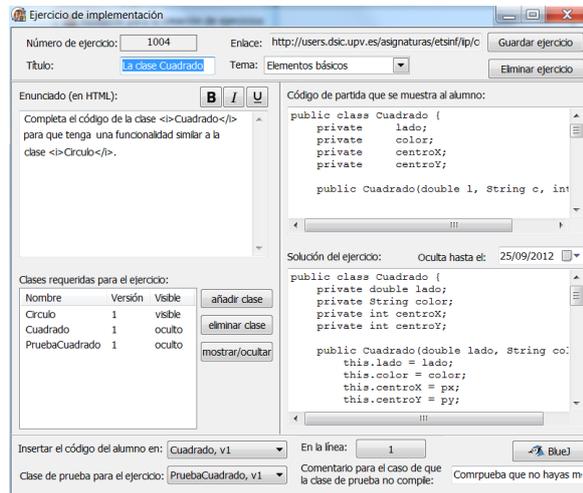


Figura 4: Elementos para el diseño de un ejercicio en CAP.

En la figura 5 se observan los elementos que permiten al profesor el seguimiento y evaluación de la resolución de un ejercicio por parte de los alumnos. Concretamente, puede consultar la siguiente información de un alumno o de un grupo:

- Número de intentos realizados para resolver el problema planteado.
- Fecha en la que ha consultado la solución oficial del problema, en caso de que lo haya hecho.
- Calificación, fecha y código de la mejor solución obtenida por el alumno.
- Histórico de las notas y de los errores cometidos por el alumno en cada uno de los intentos.

Subrayar finalmente que el profesor puede obtener estadísticas sobre los ejercicios planteados mediante la herramienta: número de alumnos que han participado, calificación media, lista de errores más frecuentes, número medio de intentos para encontrar la solución, etc. Constituyen así una valiosa fuente de realimentación para el profesor que, en base a ellas, puede seleccionar con mejor criterio los ejercicios que propone y mejorar los casos de prueba que usará para su corrección.

### 3. Resultados y discusión

Durante los dos últimos cursos, se le han suministrado al corrector del orden de 56 ejercicios (13 pa-

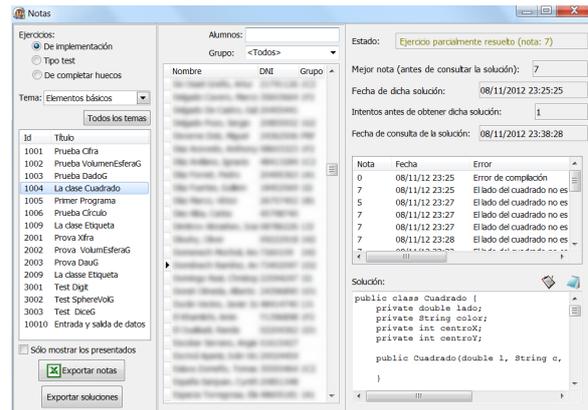


Figura 5: Elementos para evaluar un ejercicio en CAP.

ra evaluación de prácticas, algunos con sus versiones en valenciano e inglés, y el resto para actividades de seguimiento) de tres asignaturas de primer y segundo curso del GII de la ETSInf: Introducción a la Informática y la Programación (IIP), Programación (PRG) y Estructuras de Datos y Algoritmos (EDA) (más de 800 alumnos involucrados al año).

En la figura 6 se representan las calificaciones obtenidas en los parciales y el número de ejercicios realizados por 147 alumnos de IIP; también se representa el número de alumnos que han resuelto un determinado número de problemas.

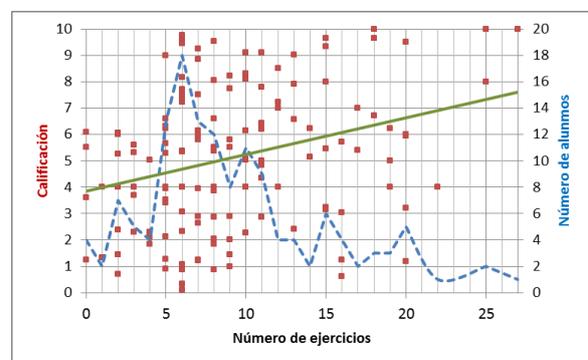


Figura 6: Relación número de ejercicios–calificaciones (puntos y ajuste) y número de ejercicios–número de alumnos (línea discontinua).

Obsérvese en la figura que la línea discontinua tiene su máximo en 6 que corresponde precisamente al número de ejercicios puntuables, el resto, hasta 27, tenían carácter formativo. En cuanto a las notas, se aprecia una relación lineal directa de carácter intermedio entre el número de ejercicios resueltos con CAP y la nota obtenida, lo que apoya la idea de que CAP puede ser una herramienta de aprendizaje efectiva. No obstante, se observan algunos datos que pueden parecer “curiosos” a un lector poco familiarizado con el uso de

correctores automáticos. En el cuadrante superior izquierdo aparecen los datos de unos pocos estudiantes que, habiendo resuelto pocos problemas, obtienen notas altas; en el cuadrante inferior derecho figuran los de otros pocos que, habiendo resuelto muchos problemas, obtienen calificaciones bajas. Mientras que los primeros son estudiantes que pueden aprender a programar con o sin CAP, los segundos son típicamente aquellos a los que les resulta difícil programar y que usan CAP siguiendo una estrategia equivocada de prueba y error.

Un ejemplo significativo que pone de manifiesto la utilidad de CAP, así como la información que proporciona, es un ejercicio sobre el algoritmo de Dijkstra que se utilizó para evaluar a una parte de los alumnos de EDA: 89 alumnos durante una hora y media realizaron un total de 1243 intentos (13,97 como media por alumno), obteniendo una nota media de 5,78. Sin tener en cuenta los 624 intentos que dieron error de compilación, el error más frecuente fue que añadían al resultado más vértices de los esperados. A la vista de estos datos, no es difícil deducir el esfuerzo que hubiera supuesto realizar esta misma evaluación sin utilizar CAP, con métodos más tradicionales en los que los mismos profesores atienden y evalúan al mismo número de alumnos en el mismo tiempo. Piénsese también cuál hubiera sido el grado de objetividad que el profesor hubiera podido mantener a lo largo de este proceso.

Por otro lado, se ha diseñado una encuesta para conocer la opinión de los alumnos sobre el uso del corrector. En el cuadro 2 se muestra un resumen de las respuestas de la misma de 195 alumnos.

Enunciado	De acuerdo
Creo que el uso del corrector me puede ayudar a superar la asignatura con éxito.	76 %
Valora el interés de disponer de una biblioteca de ejercicios a resolver para cada uno de los temas.	85 %
Al usar CAP recibo información inmediata sobre algunos errores y eso me ayuda a aprender	78 %
El uso del corrector me ayuda a detectar y solventar algunas dudas y errores que en un ejercicio escrito igual no me surgirían.	77 %
Creo que evaluar un ejercicio utilizando el corrector es más exigente que la evaluación del mismo en papel.	69 %
Al margen de las limitaciones que presenta, valora la eficacia del corrector a la hora de aprender y preparar la asignatura.	66 %
Al margen de las limitaciones que presenta, valora la eficacia del corrector como herramienta de evaluación.	51 %

Cuadro 2: Resultados de la encuesta sobre CAP.

A la vista de las respuestas obtenidas, cabe señalar que más de un 80 % de los alumnos consideran muy interesante poder disponer de una biblioteca de ejercicios a resolver para cada uno de los temas y que lo uti-

lizarían aunque no influyera en su calificación. A pesar de que opinan que evaluar un ejercicio utilizando el corrector es más exigente que la evaluación del mismo en papel, casi un 70 % creen que el uso del corrector les ayuda a detectar y solventar algunas dudas y errores que en un ejercicio escrito no les surgirían y, en definitiva, a superar la asignatura con éxito. Así, en general se puede concluir que el alumno tiene una opinión positiva del uso del corrector aunque lo valoran mejor como herramienta de autoaprendizaje (66 %) que de evaluación (51 %); en esta percepción puede haber influido el resultado obtenido en la evaluación.

## 4. Conclusiones

En base a los resultados presentados y a la comparación con otros correctores, podemos afirmar que CAP:

- Ayuda al profesor a afrontar con objetividad y eficacia el seguimiento y la evaluación del alumnado, por numeroso que este pueda ser; así mismo, la información que el profesor recibe a partir de las soluciones propuestas por los alumnos es de utilidad para mejorar los ejercicios que se proponen y los casos de prueba asociados.
- Guía al alumno en la resolución de ejercicios de programación, proporcionándole una realimentación instantánea y amigable que le ayuda a resolver sus dudas, corregir sus errores y desarrollar sus habilidades básicas como programador.
- Es una herramienta que combina de manera satisfactoria los criterios de seguridad, facilidad de uso e interactividad; además, soporta con gran flexibilidad la definición de distintos tipos de ejercicios según el objetivo que se pretenda alcanzar.

Los autores tienen la sensación de haber conseguido implementar, y no solo escribir, lo que en [8] se define como un objetivo didáctico: "... expresa con claridad lo que esperamos que el alumno haya aprendido al acabar el curso. Informa sobre el resultado o el cambio esperado en el alumno como consecuencia del proceso de enseñanza-aprendizaje (conoce lo que no conocía, entiende lo que no entendía, hace lo que no sabía hacer...)". En otras palabras, con CAP se puede conseguir evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje o "comparar lo deseado con lo realizado" [1].

Finalmente, en lo que respecta a las líneas de actuación a medio y largo plazo, pensamos incluir mejoras en el análisis de eficiencia y de estilo que en la actualidad realiza CAP. Otro aspecto importante a mejorar es la seguridad de CAP a la hora de evitar copias durante las evaluaciones: monitorización del puesto de trabajo en actividades sumativas y uso de algún sistema de detección de plagio como JPlag<sup>6</sup>. También sería muy

<sup>6</sup><http://www.ipd.uni-karlsruhe.de/jplag/>

útil integrar la herramienta en la plataforma de formación de la UPV, para que los resultados queden reflejados automáticamente en el libro de calificaciones del alumno que esta proporciona y para poder utilizar su Foro o su Chat para el planteamiento de dudas sobre el funcionamiento de CAP o alguno de sus ejercicios.

## Agradecimientos

Los autores quisieran mostrar su agradecimiento a los compañeros que les ayudaron a realizar los experimentos y a los estudiantes que participaron en ellos; agradecer también a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática su apoyo y soporte a este tipo de experiencias.

## Referencias

- [1] M.E. Alfaro. Aspectos prácticos del proceso de programación y evaluación. *Documentación Social*, 81:65–80, 1990.
- [2] David Arnow and Oleg Barshay. WebToTeach: An Interactive Focused Programming Exercise System. In *Proceedings of the 29th Annual Frontiers in Education Conference*, volume 3 of *FIE '99*, pages 12A9/39 – 12A9/44, Los Alamitos, CA, USA, 1999. IEEE Computer Society.
- [3] Jaime Busquets Mataix, David Roldán Martínez, Susana Martínez Naharro, and Diego Del Blanco Orobítg. PoliformaT: una estrategia para la formación on-line en la Educación Superior. *Virtual Educa*, 2006.
- [4] Don Colton, Leslie Fife, and Andrew Thompson. A Web-based Automatic Program Grader. In *Proceedings of the 23rd Information Systems Education Conference*, volume 23 of *ISECON '06*, 2006.
- [5] Stephen H. Edwards and Manuel A. Pérez-Quñones. Web-CAT: Automatically Grading Programming Assignments. In *Proceedings of the 13th annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '08, pages 328–328, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [6] Petri Ihantola, Tuukka Ahoniemi, Ville Karavirta, and Otto Seppälä. Review of Recent Systems for Automatic Assessment of Programming Assignments. In *Proceedings of the 10th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, Koli Calling '10, pages 86–93, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [7] Christian Murphy, Eunhee Kim, Gail Kaiser, and Adam Cannon. Backstop: A Tool for Debugging Runtime Errors. In *Proceedings of the 39th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE '08, pages 173–177, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [8] Juan J. Navarro, Miguel Valero-García, Fermín Sanchez, and Jordi Tubella. Formulación de los objetivos de una asignatura en tres niveles jerárquicos. In *VI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2000)*, pages 457–462, 2000.
- [9] Nati Prieto, Marisa Llorens, Germán Moltó, Jon Ander Gómez, Mabel Galiano, and Carlos Herrero. Uso de Metodologías Activas en la Implantación de IIP en el Grado de Informática en la UPV. In *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2011)*, pages 53–60, 2011.
- [10] Ricardo Queirós and José Paulo Leal. Programming Exercises Evaluation Systems - An Interoperability Survey. In *Proceedings of the 4th International Conference on Computer Supported Education*, CSEDU '12, pages 83–90. SciTePress, 2012.
- [11] Rohaida Romli, Shahida Sulaiman, and Kamal Zuhairi Zamli. Automatic Programming Assessment and Test Data generation. A review on its approaches. In *2010 International Symposium in Information Technology (ITSim)*, volume 3, pages 1186–1192, Los Alamitos, CA, USA, 2010. IEEE Computer Society.
- [12] Hussein Suleman. Automatic Marking with Sakai. In *Proceedings of the 2008 annual research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT research in developing countries: riding the wave of technology*, SAICSIT '08, pages 229–236, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [13] Nghi Truong, Peter Bancroft, and Paul Roe. Learning to Program Through the Web. In *Proceedings of the 10th annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '05, pages 9–13, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [14] Norazah Yusof, Nur Ariffin Mohd Zin, and Noor Shyahira Adnan. Java Programming Assessment Tool for Assignment Module in Moodle E-learning System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56(0):767–773, 2012.

# Aplicación para la gestión y calificación de actividades ECTS

Sergio Barrachina Mir, Asunción Castaño Álvarez, Maribel Castillo Catalán,  
Germán León Navarro, Rafael Mayo Gual, Enrique S. Quintana Ortí

Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Computadores  
Universitat Jaume I  
Castellón

{barrachi, castano, castillo, leon, mayo, quintana}@uji.es

## Resumen

En este artículo se describe una aplicación web que facilita la gestión y calificación de las actividades ECTS realizadas por los estudiantes. La principal ventaja de esta aplicación es que permite el seguimiento continuado del trabajo realizado por los estudiantes, aún con grupos grandes.

La aplicación está siendo utilizada actualmente en 9 asignaturas del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad Jaume I, gestionando más de 200 actividades diferentes por curso.

## Abstract

This paper describes a web application that facilitates the management and assesment of the ECTS activities performed by students. The main advantage of this application is that it allows the continuous monitoring of the work performed by students, even with big groups.

The application is currently being used in 9 courses of the degree in Computer Engineering at the Jaume I University, managing more than 200 different activities per course.

## Palabras clave

Gestión de actividades, calificación, evaluación continua, aplicación.

## 1. Introducción

La adaptación de la universidad española al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha supuesto el replanteamiento de las metodologías empleadas en la docencia universitaria, esto ha implicado, por regla general, tener que realizar un mayor seguimiento del trabajo de los estudiantes que el que se realizaba tradicionalmente en las titulaciones que actualmente se están extinguiendo.

Una de las técnicas que se suelen emplear para realizar dicho seguimiento, consiste en la elaboración de una serie de guías o cuestionarios que los estudiantes deben completar y entregar al profesor para su evaluación. Dichos documentos reciben el nombre en inglés de «deliverables». En castellano se les suele llamar entregables.

Los entregables permiten planificar el trabajo de los estudiantes y suelen utilizarse para potenciar el trabajo autónomo (entregables individuales) y el trabajo en equipo (entregables de grupo). De hecho, la utilización de entregables como recurso didáctico proporciona varias ventajas. En primer lugar, permiten que el profesor planifique de forma pormenorizada el trabajo que el estudiante o un equipo de estudiantes debe realizar a lo largo del curso. En segundo lugar, gracias a la corrección de dichos entregables, el estudiante recibe información sobre qué aspectos de la asignatura tiene más o menos claros conforme se va desarrollando el curso. Por último, permite valorar de una forma objetiva el seguimiento que los estudiantes hacen de la asignatura.

Para que las anteriores ventajas sean tales, es necesario que durante el curso se realice un número adecuado de entregables y que sean evaluados lo más rápidamente posible [7]. En el caso de realizar pocos entregables, éstos no servirían para guiar al estudiante en el trabajo diario y tampoco podrían utilizarse como indicador del seguimiento que los estudiantes hacen de la asignatura. Por otro lado, si los entregables no se evaluaran rápidamente, el estudiante no recibiría realimentación adecuada, y a tiempo, sobre su progresión en la asignatura.

Lamentablemente, si el número de estudiantes de una asignatura es grande, el tiempo que debe destinar el profesorado para la corrección de los entregables hace que sea una técnica difícilmente aplicable. Una posible forma de permitir la utilización de dicha técnica, en cuanto a la evaluación de los entregables se refiere, es la de realizar la corrección de los entregables de forma conjunta en el aula o mediante técnicas de evaluación entre iguales [8]. Esta metodología permite que el

estudiante realice un número adecuado de entregables como para llevar al día la asignatura y, además, le permite obtener una realimentación rápida sobre lo que ha hecho bien o mal en cada sesión.

Superado el problema de la corrección de los entregables, queda aún el de cómo hacer que la realización de entregables forme parte de la evaluación de la asignatura. Para ello, es necesario que el profesor anote qué estudiantes han realizado cada uno de los entregables. Por tanto, aunque se haya reducido el tiempo de corrección de los entregables de una forma significativa, aún es necesario que el profesor lleve un listado exhaustivo y actualizado de qué estudiantes han realizado qué entregables.

Llevar el control de todos los entregables realizados es una tarea que implica bastante tiempo, es tediosa, y, además, propensa a errores. Para darnos cuenta de lo engorroso de dicha tarea basta con imaginar el siguiente escenario. Una asignatura con más de 50 estudiantes matriculados que asisten a clase. Por cada sesión de clase los estudiantes realizan dos entregables. Uno preparatorio de la sesión (trabajo individual fuera de clase) y otro con ejercicios que se resolverán en la propia sesión (trabajo en clase, en equipos de tres estudiantes). El profesor debería recoger dichos entregables (con más de 100 nombres), llevarlos a su despacho, marcar quién ha hecho cada uno de los entregables en sendos listados, publicar dichos listados y ordenar alfabéticamente los entregables para devolverlos a los estudiantes en la siguiente sesión de clase. Si a esto añadimos que el profesor imparte clases en más de una asignatura, es fácil ver que es necesario dedicar demasiado tiempo en una labor nada productiva (en el sentido en que es en gran parte rutinaria).

Así, si el grupo de estudiantes matriculados es alto (por encima de 40), realizar entregables con la suficiente frecuencia y hacer que formen parte de la evaluación supone una gran inversión de tiempo en tareas meramente rutinarias. Es más, debido a que dicho esfuerzo es difícilmente asumible, lo habitual es que el profesorado opte por hacer que tan solo cuenten determinados entregables (de forma aleatoria), por exigir entregables sin que formen parte de la evaluación de la asignatura, o simplemente, por no realizar entregables. Ninguna de estas opciones nos parece adecuada.

En [1] se presentó una aplicación web que hacía factible la utilización de metodologías ECTS en grupos con un gran número de estudiantes. Dicha aplicación proporcionaba una forma en la que era posible aligerar la gestión de entregables por medio de tiques que el profesor puede generar para cada actividad y que entregará únicamente a aquellos estudiantes que hayan realizado el trabajo propuesto. Es justamente esta posibilidad, descrita con más detalle en el Apartado 2, la que diferencia esta aplicación de las aplicaciones exis-

tentes para la gestión de calificaciones o de las opciones proporcionadas por los gestores de cursos como Moodle [6] para la calificación de actividades.

Durante el curso 2008/09 se evaluó dicha aplicación por parte de profesores y estudiantes utilizándola en varias asignaturas. A partir de dichos resultados se realizaron una serie de mejoras sobre la marcha, y se identificaron qué ampliaciones deberían realizarse [3].

Durante el siguiente curso, 2009/10, se llevó a cabo una reescritura desde cero de dicha aplicación utilizando django [5] como entorno de desarrollo web. En [4] se describieron las características de dicha versión y las mejoras llevadas a cabo en su momento.

En este artículo se describe el estado actual de la aplicación *eGradeBook*<sup>1</sup>, que, entre otras novedades, soporta ahora nuevos tipos de actividades y de notas calculadas, gestiona agrupaciones de equipos de estudiantes, permite la importación de determinadas notas desde otras plataformas, exporta notas compatibles con el sistema de gestión de actas de la universidad y proporciona estadísticas globales o por grupo de cada actividad.

La aplicación fue utilizada durante el curso 2011/12 en 8 asignaturas del Grado en Ingeniería Informática por 11 profesores y 349 estudiantes. Durante dicho curso se gestionaron 297 actividades y se validaron 6.849 tiques.

En el curso 2012/13 (actualmente acaba de comenzar el segundo semestre) está siendo utilizada en 9 asignaturas del Grado en Ingeniería en Informática por 12 profesores y 353 estudiantes. Se han gestionado hasta la fecha 206 actividades diferentes y se han validado 3.613 tiques.

El artículo está organizado como sigue. El Apartado 2 muestra cómo es posible aligerar la gestión de entregables utilizando tiques. El Apartado 3 describe la aplicación desde el punto de vista del estudiante. El Apartado 4 describe la aplicación desde el punto de vista del profesor. Finalmente, en el Apartado 5 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

## 2. ¿Cómo aligerar la gestión utilizando tiques?

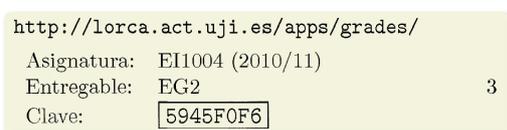
La principal aportación de la aplicación, cuya última versión se presenta en este artículo, es que, en el caso de utilizar estrategias de autoevaluación o de coevaluación en el aula, permite que el profesor no tenga que recoger los entregables, anotar qué estudiantes han realizado las actividades propuestas, devolver los entregables a los estudiantes una vez se han marcado como

<sup>1</sup>*eGradeBook* es software libre y puede ser redistribuido y modificado bajo los términos de la licencia GNU GPL v3. *eGradeBook* puede descargarse desde:

<http://lorca.act.uji.es/projects/egradebook/>

realizados y, finalmente, generar los listados necesarios para que el estudiante pueda comprobar su evolución durante el curso.

La forma en la que se puede evitar todo lo anterior se describe a continuación. Antes de ir a clase, el profesor imprime desde la aplicación tantos tiques como estudiantes vaya a tener en clase (a partir de la primera sesión, la aplicación le informa de cuántos estudiantes están siguiendo la asignatura). Durante la clase, mientras los estudiantes realizan la autoevaluación o coevaluación del entregable correspondiente, el profesor recorre el aula y comprueba quién ha realizado el entregable, proporcionando a cada estudiante que ha realizado el entregable, un tique similar al mostrado en la Figura 1.



http://lorca.act.uji.es/apps/grades/  
 Asignatura: EI1004 (2010/11)  
 Entregable: EG2  
 Clave: 5945F0F6 3

Figura 1: Ejemplo de tique.

En cada tique se muestra (ver Figura 1): la página web a la que el estudiante debe conectarse para indicar que ha realizado el entregable, el código de la asignatura, el código del entregable y la clave que se utilizará para validar el tique. Cuando el estudiante recibe un tique, puede conectarse a la página web indicada y, una vez autenticado, introducir la clave proporcionada para así marcar que ha realizado dicho entregable.

De esta forma, es el propio estudiante quien da de alta el trabajo que ha realizado. El profesor tan solo ha tenido que comprobar si el estudiante había realizado el trabajo y, en el caso de que así fuera, darle un tique a modo de comprobante.

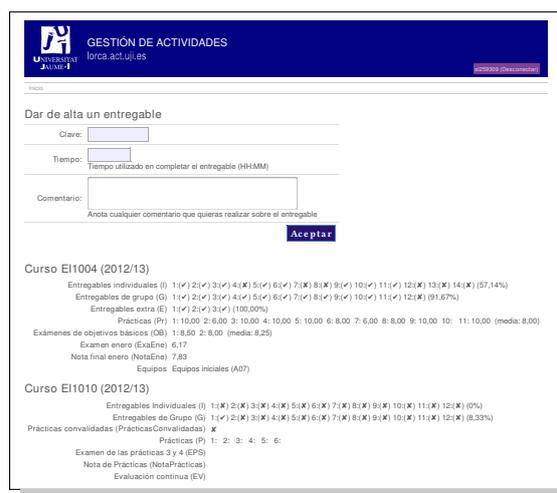
Conviene comentar que, para facilitar la interacción del estudiante con la aplicación, cuando se generan los tiques para una actividad dada, se eligen las claves de tal forma que cada clave esté asociada únicamente a dicha actividad. De esta forma, el estudiante, al dar de alta el tique, no tiene que indicar la asignatura y la actividad, tan solo la clave.

A diferencia de un sistema de entregas en línea, como el proporcionado por Moodle, no es necesario que el estudiante realice una versión electrónica de su trabajo para subirlo al gestor. Lo que en ocasiones puede requerir de un trabajo adicional para el estudiante.

Otra diferencia importante es que la entrega de los tiques permite controlar la asistencia del estudiantado a clase.

### 3. La aplicación desde el punto de vista del estudiante

Cuando un estudiante se conecta a la aplicación, accede a una página similar a la mostrada en la Figura 2. En dicha página se muestra en primer lugar el formulario que el estudiante puede utilizar para dar de alta los tiques que va recibiendo a lo largo de curso y, a continuación, la información correspondiente a las actividades de las distintas asignaturas en las que el estudiante está matriculado.



GESTIÓN DE ACTIVIDADES  
lorca.act.uji.es

Dar de alta un entregable

Clave:

Tiempo:   
Tiempo utilizado en completar el entregable (HH:MM)

Comentario:   
Añade cualquier comentario que quieras realizar sobre el entregable

Aceptar

Curso EI1004 (2012/13)

Entregables individuales (I): 1(X) 2(X) 3(X) 4(X) 5(X) 6(X) 7(X) 8(X) 9(X) 10(X) 11(X) 12(X) 13(X) 14(X) (57,14%)

Entregables de grupo (G): 1(X) 2(X) 3(X) 4(X) 5(X) 6(X) 7(X) 8(X) 9(X) 10(X) 11(X) 12(X) (81,67%)

Entregables extra (E): 1(X) 2(X) 3(X) (100,00%)

Prácticas (Pr): 1: 10,00 2: 6,00 3: 10,00 4: 10,00 5: 10,00 6: 8,00 7: 6,00 8: 8,00 9: 10,00 10: 11: 10,00 (media: 8,00)

Exámenes de objetivos básicos (OB): 1: 8,50 2: 8,00 (media: 8,25)

Examen enero (ExaEne): 6,17

Nota final enero (NotaEne): 7,83

Equipos Equipos iniciales (AO7)

Curso EI1010 (2012/13)

Entregables Individuales (I): 1(X) 2(X) 3(X) 4(X) 5(X) 6(X) 7(X) 8(X) 9(X) 10(X) 11(X) 12(X) (0%)

Entregables de Grupo (G): 1(X) 2(X) 3(X) 4(X) 5(X) 6(X) 7(X) 8(X) 9(X) 10(X) 11(X) 12(X) (8,33%)

Prácticas convalidadas (PrácticasConvalidadas): 2

Prácticas (Pr): 1: 2: 3: 4: 5: 6:

Examen de las prácticas 3 y 4 (EPS)

Nota de Prácticas (NotaPrácticas)

Evaluación continua (EV)

Figura 2: Vista del estudiante del gestor de actividades.

En el formulario para dar de alta los entregables, el estudiante debe introducir la clave que aparece en el tique que previamente habrá recibido del profesor. También puede consignar en dicho formulario el tiempo que ha utilizado para realizar el entregable y cualquier comentario relacionado con el entregable que considere oportuno hacer llegar al profesor. Una vez que el estudiante ha dado de alta el entregable, la clave que figura en su tique ya no puede volver a utilizarse.

Por medio de este procedimiento, el estudiante es quien gestiona sus entregas, liberando al profesor de tener que realizar esta tarea para todos los estudiantes del curso. De hecho, la reducción del trabajo del profesor en este aspecto es justamente la que hace viable la utilización de metodologías basadas en entregables, especialmente en asignaturas con grupos grandes de estudiantes, con los beneficios que supone para el estudiante poder utilizar dichas metodologías.

Además, la aplicación proporciona al estudiante información actualizada sobre las actividades que ha realizado hasta la fecha, las notas que ha obtenido en aquellas actividades evaluadas numéricamente por el profesor, y la calificación obtenida en las distintas partes de la evaluación que dependen de su desempeño en las actividades anteriores.

Como se puede observar en la la Figura 2, además de la calificación individual de cada actividad, el estudiante también obtiene, para ciertos tipos de actividades, el porcentaje de actividades realizadas, la media de varias actividades o la suma de una secuencia de actividades.

## 4. La aplicación desde el punto de vista del profesorado

La aplicación desarrollada tiene como objetivo principal facilitar al máximo la gestión de las actividades que se realizan en un determinado curso. Uno de los objetivos secundarios, ligado con el anterior, es el de integrar la aplicación con el funcionamiento habitual de las restantes aplicaciones de la universidad en la que esté instalada. Para facilitar la gestión de las actividades, se ha puesto especial énfasis en que todas las tareas necesarias para la gestión de dichas actividades se realicen de la forma más sencilla posible.

En lo que respecta a la integración con el modo de funcionamiento habitual de las aplicaciones de la universidad, en primer lugar se ha adaptado el estilo visual de la aplicación para que sea idéntico al utilizado en las aplicaciones de la Universidad Jaume I. Para este propósito se han utilizado, incluso, los mismos iconos que aparecen en el Aula Virtual de dicha universidad para indicar las distintas acciones que pueden llevarse a cabo. En segundo lugar, se ha utilizado el sistema de autenticación propio de la universidad para gestionar el acceso de los usuarios a la aplicación. Y por último, se ha programado la aplicación para que se puedan dar de alta los estudiantes en el curso utilizando los listados de estudiantes proporcionados a los profesores por la universidad.

En los siguientes subapartados se describe con más detalle cómo se pueden realizar las distintas tareas relacionadas con la gestión de actividades utilizando la aplicación propuesta.

### 4.1. Dar de alta un nuevo curso

El procedimiento para dar de alta un curso en una aplicación de estas características debe ser lo más sencillo posible. Para ello, es conveniente contar con la información que las universidades proporcionan a los profesores sobre los estudiantes matriculados en las asignaturas que imparten.

En nuestro caso, la Universidad Jaume I permite que los profesores obtengan, para cada una de las asignaturas que imparten, una hoja de cálculo donde figura el listado de estudiantes que están matriculados en una determinada asignatura. La aplicación se ha desarrollado de tal forma que, para dar de alta un curso, basta con subir la hoja de cálculo proporcionada por la uni-

versidad (ver la Figura 3). Así, todo el proceso de dar de alta un nuevo curso se realiza de forma automática a partir de la información contenida en dicha hoja de cálculo: se da de alta la asignatura en la base de datos, se inscriben los estudiantes en ella y se asigna como administrador de dicha asignatura al profesor que la ha dado de alta.

Figura 3: Dar de alta un nuevo curso.

Al dar de alta un nuevo curso es posible tener en cuenta a qué grupos de la asignatura pertenece cada estudiante y crear de forma automática dichos grupos. Además, en el caso de que la misma asignatura se imparta de forma común a estudiantes de distintas titulaciones, es posible dar de alta un curso que incluya a todos los estudiantes de las distintas titulaciones.

### 4.2. Definir las actividades de un curso

Desde la ventana principal del curso (ver Figura 4), la aplicación permite crear y trabajar con los siguientes tipos de actividades.

**Actividad calificada como realizada o no.** Se utiliza para actividades que solo vayan a realizarse una vez en el curso. Por ejemplo, un entregable que no forme parte de una serie habitual de entregas (ver «Prácticas convalidadas» en la Figura 2). El profesor podrá marcar qué estudiantes han hecho la actividad y quiénes no (pero no podrá asignar una nota numérica a cada estudiante). También podrá imprimir tiques para darlos a los estudiantes que la han hecho. De esta forma, serán los propios estudiantes quienes la marquen como realizada.

**Actividad calificada numéricamente.** Al igual que la anterior, esta actividad está pensada para ejercicios que solo vayan a realizarse una vez en el curso. Por ejemplo, un examen parcial de la asignatura (ver Figuras 2 y 4). El profesor podrá introducir la nota que los estudiantes obtengan en dicha actividad.

**Lista de actividades calificadas como realizadas o no.** Se utiliza para aquellas actividades que se realizan a lo largo del curso y en las que interesa saber qué porcentaje de dichas actividades ha completado el estudiante. Por ejemplo, los entregables individuales que los estudiantes deban realizar a lo largo del curso (ver

**GESTIÓN DE ACTIVIDADES**  
lorca.act.uji.es

Inicio - Curso 2012 - EI1004

Curso 2012 - EI1004 (Administrar)

Actividades

Entregables individuales (I): 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14  
125 112 117 115 118 106 111 107 118 117 109 106 101 91

Entregables de grupo (G): 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12  
124 124 126 128 126 125 107 121 121 117 116 94

Entregables extra (E): 1 2 3  
35 3 3

Prácticas (Pr): 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11  
125 120 131 125 125 116 119 120 122 121 117

Exámenes de objetivos básicos (OB): 1 2  
134 112

Examen enero (ExaEne): 122

Nota final enero (NotaEne): 135

Añadir una nueva actividad

- Actividad calificada como realizada o no.
- Actividad calificada numéricamente.
- Lista de actividades calificadas como realizadas o no.
- Lista de actividades calificadas numéricamente (y su media).
- Lista de actividades calificadas numéricamente (y su suma).

Añadir un nuevo cálculo

- Suma ponderada de varias actividades.
- Media de las notas obtenidas por un equipo en una actividad.

Grupos y equipos

- Editar los grupos de estudiantes
- Editar las agrupaciones de estudiantes en equipos

Listados

- Listado de notas.
- Listado de notas (versión csv).
- Listado de notas en formato xls (para actas).

Figura 4: Ventana principal del curso.

Figuras 2 y 4). El profesor podrá marcar en cada actividad de la lista, quién la ha realizado y quién no. También podrá imprimir tiques para darlos a los estudiantes que han hecho cada una de las actividades de la lista.

**Lista de actividades calificadas numéricamente (y su media).** Se utiliza para aquellas actividades que se realizan a lo largo del curso y en las que interesa saber qué calificación media ha obtenido el estudiante. Por ejemplo, las prácticas de laboratorio que se van realizan y evalúan a lo largo del curso (ver Figuras 2 y 4). El profesor podrá marcar en cada actividad de la lista, la nota que ha obtenido cada estudiante.

**Lista de actividades calificadas numéricamente (y su suma).** Idéntica a la anterior, salvo en que la información adicional que se calcula es la suma de las actividades (en lugar de su media). Puede utilizarse por ejemplo para desglosar las partes de un examen.

Para añadir una actividad de cualquiera de los tipos anteriores, se debe pulsar sobre el enlace correspondiente en el apartado «Añadir una nueva actividad» de la ventana principal del curso (ver Figura 4). Al seleccionar uno de dichos enlaces se muestra una nueva ventana en la que se debe indicar el nombre y el código que se quiere dar a dicho tipo de actividad. En el caso de que la actividad sea del tipo listado, se debe indicar

además cuántas actividades de dicho tipo están previstas (este número puede modificarse posteriormente).

Una vez creada una actividad es posible modificar los datos anteriores, así como cambiar su visibilidad. Para editar la información de un tipo de actividad se debe pulsar sobre el icono «editar» que aparece a la derecha de cada actividad. Se puede indicar si una determinada actividad es visible o no pulsando sobre el icono «visibilidad» que está a la derecha del de «edición». Cuando una actividad se marca como no visible, ésta no aparece en la página de información de los estudiantes, aunque sí en los listados para el profesorado.

También es posible modificar el orden en el que se muestran las actividades. Para ello, basta con arrastrar con el ratón la actividad que se quiere mover a su nueva posición.

### 4.3. Definir los campos calculados de un curso

Desde la ventana principal del curso (ver Figura 4), la aplicación permite crear y trabajar con los siguientes tipos de campos calculados.

**Suma ponderada de varias actividades.** Como su nombre indica, se utiliza para calcular la suma ponderada de varias actividades. Cuando se crea un cálculo

de este tipo, ver Figura 5, se puede definir la nota máxima de la suma, la nota máxima en el caso de que no se alcance algún mínimo, y qué actividades intervendrán en esta suma. Para cada una de las actividades involucradas, se puede indicar: su peso; el umbral que se debe alcanzar en dicha actividad (para que sea tenida en cuenta en la suma); el mínimo que se debe alcanzar en dicha actividad (para que la suma no sea limitada por la segunda de las notas máximas comentadas anteriormente); y si la realización o no de dicha actividad implica que el estudiante conste como presentado. Por ejemplo, en la Figura 5 se muestra el diálogo de edición del campo calculado «Nota final enero», en el que se pueden ver las actividades que intervienen en el cálculo de dicho campo. Como se puede observar, el estudiante constará como presentado en dicho campo si y solo si se ha presentado a alguno de los exámenes de objetivos básicos o al examen de enero.

Edición de la suma ponderada «Nota final enero (NotaEne)»

Código: NotaEne

Descripción: Nota final enero

Nota máxima: 10.00

Nota máxima (si no se alcanza algún mínimo): 4.50

¿Es visible?

Orden	Actividad	Parte	Peso	Umbral	Mínimo	IP
1	Prácticas (Pr)	Media	0.2	5.00	0.00	<input type="checkbox"/>
2	Entregables individuales (I)	Tanto por 10	0.1	7.85	0.00	<input type="checkbox"/>
3	Entregables de grupo (G)	Tanto por 10	0.1	7.50	0.00	<input type="checkbox"/>
4	Exámenes de objetivos básicos (OB)	OB1	0.1	8.00	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Exámenes de objetivos básicos (OB)	OB2	0.1	8.00	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Examen enero (ExaEne)		0.4	4.00	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Entregables extra (E)	E1	0.02	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
8	Entregables extra (E)	E2	0.05	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
9	Entregables extra (E)	E3	0.05	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>

Figura 5: Suma ponderada de varias actividades.

**Media de las notas obtenidas por un equipo en una actividad.** Se utiliza para asignar a cada estudiante de un equipo de trabajo la media de la calificación obtenida por todos los integrantes del equipo en una determinada actividad. Al definir una media de este tipo se puede indicar el mínimo que se debe superar en función del número de integrantes del equipo. Este tipo de cálculo puede ser interesante cuando se quiere incentivar que los miembros de un equipo se responsabilicen del desempeño de sus compañeros de equipo asignando parte de la calificación individual en función de la media obtenida por todo el equipo.

#### 4.4. Grupos y agrupaciones en equipos de estudiantes

La asignación de estudiantes a grupos se realiza inicialmente a partir del fichero de estudiantes proporcionado por la universidad. No obstante, es posible crear

nuevos grupos y modificar los ya existentes.

También es posible crear agrupaciones de estudiantes en equipos. Cada agrupación recoge una determinada distribución de los estudiantes del curso en equipos. Así pues, en caso necesario se podría definir, por ejemplo, una agrupación para equipos de teoría y otra para equipos de laboratorio (si los equipos tuvieran que ser de distinto tamaño). O una agrupación con los equipos iniciales y otra con los equipos definitivos una vez se hayan resueltos los conflictos que puedan surgir durante el inicio del curso. Para facilitar la gestión en este último escenario, cuando se crea una nueva agrupación es posible realizar la distribución inicial a partir de una ya existente.

La información de grupo y de agrupaciones de equipos puede utilizarse para modificar cómo se presentan los distintos listados de estudiantes. Por ejemplo, al modificar las calificaciones de una práctica de laboratorio es posible mostrar únicamente los estudiantes que pertenecen a un determinado grupo y hacer que además aparezcan juntos los miembros de cada equipo correspondientes a una determinada agrupación.

#### 4.5. Modificar la calificación de los estudiantes en una actividad o campo calculado

En la ventana principal del curso (ver Figura 4), a la derecha del nombre y código de cada tipo de actividad se muestra el número de estudiantes que han realizado dicha actividad. Pulsando sobre dicho número se muestra la ventana de calificación de la actividad.

Dependiendo del tipo de actividad, la información que aparece en la ventana de calificación de la actividad es ligeramente distinta. En el caso de las actividades calificadas como realizadas o no, a la derecha de cada estudiante hay una casilla para indicar si el estudiante ha realizado o no la actividad. Además, se ofrece en la misma ventana un formulario para imprimir tickets. El profesor puede indicar en dicho formulario cuántos tickets quiere imprimir (número que por defecto se inicializa al número de estudiantes del grupo mostrado).

Por otro lado, si la actividad se califica numéricamente, para cada estudiante se muestra una caja de texto en la que el profesor puede introducir la calificación de cada estudiante. En este caso, no se ofrece la posibilidad de imprimir tickets.

Por último, si se trata de un campo calculado, para cada estudiante se muestra una caja de texto en la que aparece la nota calculada. El profesor puede modificar dicha nota en caso de ser necesario. Si se modifica la nota, aparecerá un mensaje al lado de dicha nota indicando cuál era la nota calculada.

### 4.6. Visualizar y modificar las calificaciones de un estudiante

En ocasiones, en lugar de modificar las calificaciones de un conjunto de estudiantes en una determinada actividad, lo que se requiere es modificar varias calificaciones de un estudiante. Para ello, la aplicación proporciona un formulario que permite justamente esto, modificar varias calificaciones de un determinado estudiante (ver Figura 6).

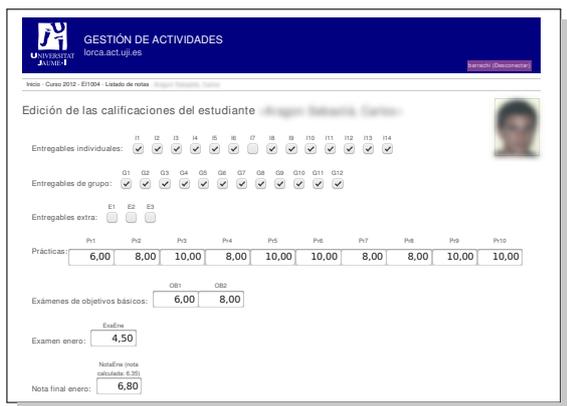


Figura 6: Calificaciones de un estudiante.

### 4.7. Listados

Es posible consultar la evolución del curso en un momento dado pulsando sobre los enlaces que están en el apartado «Listados» en la ventana principal del curso (ver Figura 4).

El primero de los listados muestra la información en pantalla, permitiendo ordenar el listado por cualquiera de las actividades y acceder a las calificaciones detalladas de cada estudiante en una pantalla aparte.

El segundo de los listados proporciona un fichero en formato CSV en el que se desglosan todas las calificaciones de todos los estudiantes matriculados en el curso. El fichero está estructurado para que pueda ser importado fácilmente desde un editor de hojas de cálculo.

El último de los listados proporciona un fichero que puede ser utilizado para subirlo a la aplicación de actas de la Universidad Jaume I. Cuando se selecciona este listado, se debe indicar el grupo de estudiantes cuya acta se quiere generar y qué actividad contiene la nota final.

### 4.8. Estadísticas de actividades

Para cada actividad es posible obtener una serie de estadísticas pulsando sobre el icono correspondiente.

Actualmente se muestra el número de estudiantes matriculados y presentados y el número de estudiantes que han superado o han obtenido una determinada calificación (ver Figura 7). Las estadísticas se pueden mostrar para todos los estudiantes del curso o para alguno de los grupos en concreto.

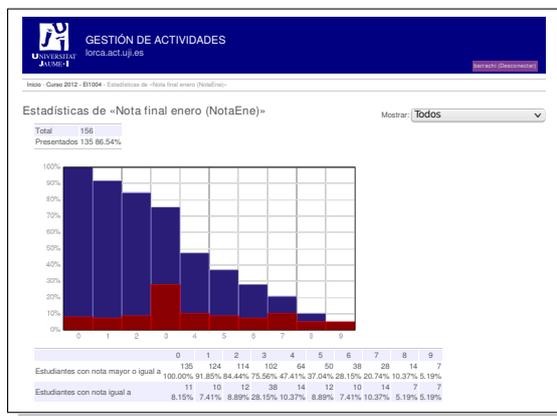


Figura 7: Estadísticas de una actividad.

### 4.9. Administración del curso

La aplicación permite clasificar a los profesores de una asignatura en uno de los siguientes roles: administrador o profesor. Un administrador puede realizar todas las tareas relacionadas con la gestión de una asignatura. Un profesor que no sea administrador tan solo puede modificar calificaciones, imprimir tiques, modificar grupos y equipos, y obtener listados. La ventana principal del curso de un profesor que no sea administrador es ligeramente distinta a la mostrada en la Figura 4, ya que no incorpora la opción de añadir actividades ni permite modificar las actividades existentes. Tampoco muestra el enlace «Administrar».

Siguiendo el enlace «Administrar», un profesor con derechos de administración puede realizar las siguientes actividades:

- Modificar el listado de estudiantes subiendo un fichero proporcionado por la universidad. Cuando se sube un listado, la aplicación sigue una política conservadora: tan solo actualiza los estudiantes existentes o añade estudiantes nuevos.
- Editar estudiantes. Los administradores de un curso pueden modificar la información correspondiente a los estudiantes de su curso, así como desmatricular estudiantes.
- Editar la lista de profesores. Es decir, definir qué profesores forman parte de la asignatura.
- Editar la lista de administradores. Esto es, designar aquellos profesores que además tienen poder de administración.

- Importar calificaciones a partir de un fichero CSV. Se puede utilizar para importar calificaciones provenientes de otros sistemas de evaluación, como Moodle.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se han descrito, a grandes rasgos, las características de una aplicación para la gestión y calificación de actividades ECTS. Nuestra intención ha sido la de hacer pensar al lector si esta aplicación podría serle útil en la gestión de las actividades que actualmente lleve a cabo en sus asignaturas, y, además, la de animarle a usarla.

La aplicación ha sido utilizada durante los cursos 2011/12 y 2012/13 de forma intensiva por varias asignaturas del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad Jaume I. Dichas asignaturas tienen planteamientos diversos sobre la forma en la que orientan su docencia y distintos métodos de evaluación. La variedad de planteamientos de estas asignaturas ha permitido comprobar que el diseño de la aplicación es lo suficiente flexible como para ser utilizada en una amplia variedad de contextos. A su vez, esta diversidad ha propiciado la adición de características que no se habían contemplado inicialmente.

La conclusión más importante, basada en las apreciaciones de los profesores que la han utilizado, es que la aplicación reduce el tiempo requerido por el profesor para la gestión y calificación de las actividades realizadas por el estudiante, lo que hace viable la evaluación continua del progreso de los estudiantes aún con grupos grandes.

Por otro lado, al facilitar la evaluación continua, la aplicación ha permitido, de manera colateral, aumentar de forma considerable la tasa de asistencia a clase de las asignaturas implicadas y ha facilitado que los estudiantes fueran llevando el trabajo al día, lo que a su vez se ha traducido, generalmente, en una mayor tasa de aprobados [2].

En cuanto a su aplicabilidad, la aplicación está muy ligada al funcionamiento de la Universidad Jaume I (con el objetivo de facilitar el trabajo tanto de profesores como estudiantes). No obstante, sería fácilmente modificable para soportar las características específicas de otras universidades. Básicamente habría que adaptar el método de autenticación, la impresión de tickets y los tipos de ficheros utilizados para importar o exportar cursos y calificaciones.

Como trabajo futuro se pretende añadir nuevos tipos de actividades y de campos calculados (p.e., el máximo de varias actividades) de tal forma que se soporte un mayor número de métodos de evaluación. Además, puesto que el trabajo de introducir los tickets recae sobre el estudiante, se ha pensado incorporar un código

QR a cada tique que permita validarlo de forma automática.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Unitat de Suport Educatiu de la Universidad Jaume I, en el marco del Proyecto de Innovación Educativa 10G136-329.

## Referencias

- [1] Sergio Barrachina Mir, Asunción Castaño Álvarez, Maribel Castillo Catalán, Germán León Navarro, Rafael Mayo Gual y Enrique Quintana Ortí. Gestión de entregables con grupos grandes. *Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, págs: 249–256, 2008.
- [2] Sergio Barrachina Mir, María Isabel Castillo Catalán, Rafael Mayo Gual y Enrique S. Quintana Ortí. Una metodología para la evaluación continuada en la docencia de Arquitectura y Tecnología de computadores. *Actas de la I Jornada Nacional sobre Estudios Universitarios*, págs: 1–9, 2008.
- [3] Sergio Barrachina Mir, Asunción Castaño Álvarez, Germán León Navarro, Rafael Mayo Gual y Enrique S. Quintana Ortí. Continuación del desarrollo de una aplicación informática para la gestión de las actividades ECTS realizadas por los estudiantes. *Actas de la IX Jornada de Millora Educativa de la Universitat Jaume I*, 2011.
- [4] Sergio Barrachina Mir, Asunción Castaño Álvarez, Maribel Castillo Catalán, Germán León Navarro, Rafael Mayo Gual y Enrique S. Quintana Ortí. Gestión automatizada de las actividades ECTS realizadas por los estudiantes. *Actas de la IX Jornada de Millora Educativa de la Universitat Jaume I*, 2011.
- [5] *django. The web framework for perfectionists with deadlines.*  
<http://www.djangoproject.com/>
- [6] *Moodle Course Management System.*  
<http://moodle.org/>
- [7] Miguel Valero García. ¿Cómo nos ayuda el Tour de Francia en el diseño de programas centrados en el aprendizaje? *Versión escrita de la conferencia de clausura de las IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2003.
- [8] Miguel Valero García y Luis M. Díaz de Cerio. Evaluación continuada a un coste razonable. *Actas de las IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2003.

**Póster**



# Valoración de los Estilos de Dirección de Proyectos Fin de Carrera en Ingeniería Informática

Juan José Olarte Larrea  
Dpto. Matemáticas y Computación  
Universidad de la Rioja  
Logroño  
jjolarte@unirioja.es

Fco. J. García-Izquierdo  
Dpto. Matemáticas y Computación  
Universidad de la Rioja  
Logroño  
francisco.garcia@unirioja.es

César Domínguez Pérez  
Dpto. Matemáticas y Computación  
Universidad de la Rioja  
Logroño  
cesar.domiguez@unirioja.es

Arturo Jaime Elizondo  
Dpto. Matemáticas y Computación  
Universidad de la Rioja  
Logroño  
arturo.jaime@unirioja.es

## Resumen

Completamos aquí un estudio realizado sobre dirección de proyectos fin de carrera (PFC) en Ingeniería Informática. Entonces usamos una encuesta para determinar una tipología de estilos de dirección de PFC. Resumimos ahora los resultados de aquel estudio, ampliándolo con nuevos ratios para valorar los resultados de la aplicación de cada estilo en cuanto a calificación, duración del PFC y tiempo dedicado por el director, teniendo en cuenta el tipo de alumno. Estos resultados pueden ayudar a los tutores de PFC a encontrar distintas formas de dirección a utilizar.

## Abstract

This paper complements a previous study we conducted on capstone projects in Computer Science Engineering. Then we used a survey to determine a typology of supervision styles for that projects. This article summarizes the results of that study, extending them with new ratios to assess the results of the application of each style in terms of grade obtained, duration and time spent by the director, considering the type of student. These results can help supervisors to find other ways of supervision.

## Palabras clave

Proyecto fin de carrera, estilos de dirección de PFC.

## 1. Introducción

Para completar sus estudios, un estudiante de Ingeniería Informática debe desarrollar un PFC [1, 2, 8]. Nuestra experiencia en dirección de PFC nos ha revelado como principal problema el retraso en la

finalización de los mismos. Una de las causas podría ser una mala gestión del proyecto. Parece necesaria una orientación por parte del tutor en esta materia. La cuestión es ¿de qué tipo? Es el alumno quien debe tomar el rol de director de proyecto; el tutor debería jugar el papel de supervisor, sin olvidar que el alumno está en período de formación. Debe enfrentarse a problemas relacionados con la gestión de proyectos y asumir la importancia que tiene ésta en el éxito del proyecto. Partiendo de esta situación, y en un intento por paliar el problema de los retrasos en la finalización de los PFC, estudiamos cuál era la forma en que los estábamos dirigiendo, para tratar de encontrar las causas de dicha situación. En dicho estudio, publicado en [3], obtuvimos una categorización de los estilos de dirección de PFC. Aquí resumimos los resultados de [3] y completamos el estudio de la relación entre los estilos aplicados y los resultados del PFC en cuanto a calificación obtenida, tiempo dedicado por el estudiante, productividad de éste, tiempo dedicado por el director, eficiencia conseguida, intensidad en el esfuerzo a lo largo del proyecto, etc., teniendo en cuenta además el tipo de estudiante al que se ha aplicado cada estilo.

## 2. Trabajos relacionados

La mayoría de los trabajos sobre dirección de PFC destacan la relación director-estudiante como factor clave para el éxito del proyecto [2, 4]. Algunos autores [6, 8] ofrecen consejos para los supervisores en función del tipo de proyecto: trabajo individual, en grupo, académico o de empresa. Otros dan consejos en aspectos particulares del desarrollo del proyecto, como la preparación de documentación [5] o la comunicación [6]. Otros [2] han creado un repositorio de buenas prácticas. Algunos estudios hacen hincapié

en los aspectos personales [4, 7], mientras que otros enumeran diversas funciones del director [2, 4, 8].

No encontramos ningún estudio que estableciera una tipología de estilos de dirección de PFC, por lo que decidimos abordar ese trabajo, publicado en [3]. Para ello diseñamos una encuesta que pasamos a directores de PFC, recogiendo 109 respuestas. La encuesta tenía varios apartados. El primero, de 27 ítems, recogía información del grado de participación del director en la realización de tareas y toma de decisiones en distintos aspectos del PFC. El segundo tomaba datos sobre el tiempo dedicado por el director en varios aspectos del PFC. El tercero recogía datos de las características y habilidades del estudiante percibidas por el director. Finalmente, datos objetivos: calificación del PFC y su duración. Para explotar la información recopilada en los cuestionarios utilizamos de manera combinada dos técnicas estadísticas multivariantes: análisis factorial y análisis cluster. Inicialmente estudiamos correlaciones entre el tiempo dedicado por el director, la calificación y la duración del PFC, sin encontrar ninguna correlación significativa, descartándose cualquier hipótesis simplista sobre el éxito de la dirección, ej. que un esfuerzo mayor del director conduce a una mejor calificación del PFC.

Mediante un análisis factorial redujimos a 7 *factores esenciales en la dirección de PFC* el conjunto inicial de 27 ítems de la encuesta. Los factores son: decisiones y preparativos al inicio del proyecto y de la defensa del PFC; gestión del PFC; desarrollo del PFC, problemas del “día a día”; preocupación por mantener activo al estudiante en el proyecto, evitar tiempos muertos y mantener el contacto con el estudiante; organización y celebración de reuniones; redacción de entregables; intervención en los aspectos tecnológicos del PFC. A partir de estos siete factores, mediante un análisis cluster, determinamos una *tipología de estilos de dirección*: (1) *Estudiante autónomo* (el director delega en el estudiante la mayoría de las tareas); (2) *Centrado en la ejecución* (gran cantidad de apoyo prestado durante la ejecución del proyecto); (3) *Dirección global* (el director se involucra casi por igual, y por encima de la media, en todos los factores del PFC); (4) *Centrado en la gestión* (la preocupación principal del director es la gestión del proyecto); (5) *Centrado en la tecnología* (el foco aquí está casi exclusivamente puesto en los aspectos tecnológicos); (6) *Centrado en el proceso* (el director se preocupa más por aspectos relacionados con el *proceso* de desarrollo y menos con aquéllos que tienen que ver con el *producto* desarrollado).

### 3. Análisis de datos en los estilos

Explotamos ahora los datos de las secciones 2, 3 y 4 de la encuesta, para analizar los resultados de los PFC en los distintos tipos de dirección. La Fig. 1

muestra, por estilo de dirección, los datos referentes al tiempo dedicado por el director en reuniones, comunicación con el alumno y revisión de informes. Estos datos ilustran la percepción del director del esfuerzo realizado durante la dirección del PFC. Las mayores cantidades de tiempo invertido aparecen en los estilos *centrado en el proceso* y *dirección global*. En contraste, los estilos *centrado en la gestión* y *estudiante autónomo* presentan el menor tiempo. Por simplicidad, en el resto de la sección se considerará sólo el tiempo total dedicado por el director.

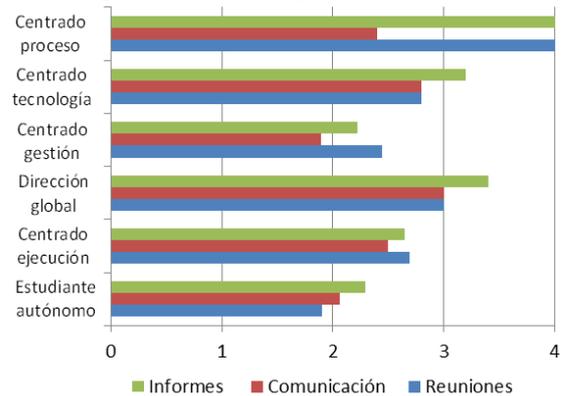


Figura 1: Tiempo dedicado por el director (Escala 1 a 4: <5, 5-10, 11-20, >20 horas).

La Fig. 2 muestra, en cada estilo, la calificación media y la duración del PFC. Los estudiantes del estilo *dirección global* obtienen las calificaciones más bajas, y dedican los tiempos más largos. El estilo *centrado en la tecnología* tiene las calificaciones más altas y el estilo *centrado en la ejecución* el menor tiempo (similar a los estilos *estudiante autónomo*, *centrado en la tecnología* y *centrado en el proceso*). La Fig. 3 ilustra, para cada estilo, la *productividad del estudiante*, definida como la relación entre la calificación y el tiempo dedicado al PFC. El estilo *dirección global* tiene el peor resultado, y *centrado en la tecnología* el mejor.

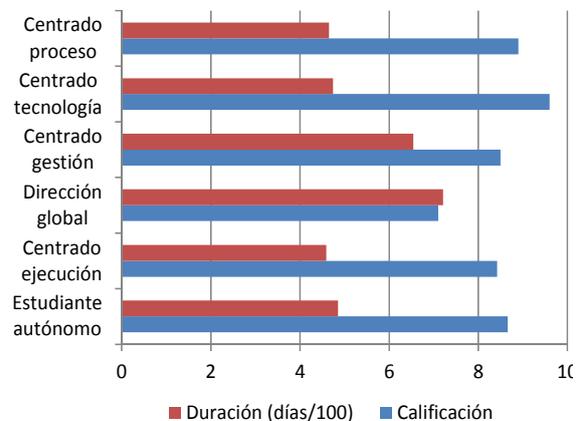


Figura 2: Calificación y duración del PFC.

	Estudiante autónomo	Centrado ejecución	Dirección global	Centrado gestión	Centrado tecnología	Centrado proceso
Calificación			X		✓	
Duración proyecto	✓	✓	X	X	✓	✓
Productividad estudiante			X	X	✓	✓
Tipo estudiante			X	X	✓	✓
Tiempo dedicado director	✓		X	✓		X
Eficiencia director	✓		X	✓		X
Intensidad esfuerzo director	✓			✓		X

Cuadro 1. Resumen de los principales parámetros estudiados (amplía el Cuadro 7 de [3])

Hemos dividido la calificación media por el tiempo dedicado por el director, interpretándolo como una medida de la *eficiencia del director con relación a la calificación obtenida* (Fig. 4). Además, dividimos el tiempo dedicado por el director por la duración del PFC, interpretándolo como una medida de la *intensidad del esfuerzo del director en el tiempo* (Fig. 5). *Centrado en la gestión y estudiante autónomo* tienen los mejores resultados en ambos ratios (alta eficiencia y baja intensidad); *dirección global* tiene la peor eficiencia del director; y *centrado en el proceso* la mayor intensidad en el esfuerzo del director.

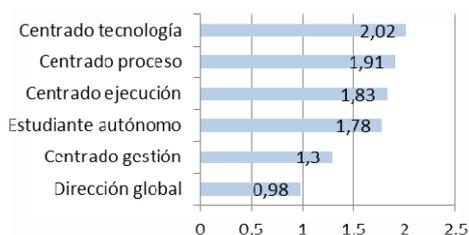


Figura 3: Productividad del estudiante.

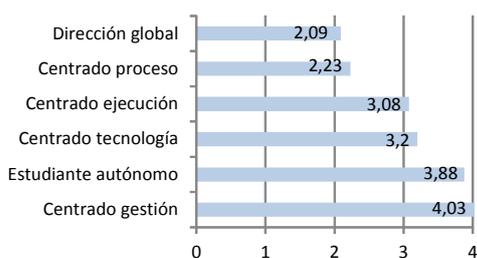


Figura 4: Eficiencia del director.

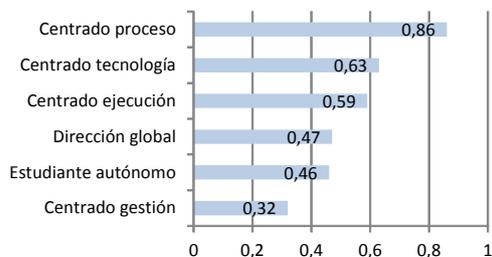


Figura 5: Intensidad esfuerzo director.

En [3] hicimos un análisis cluster de los datos sobre las características y habilidades de los estudiantes percibidas por los directores, identificando dos tipos de estudiantes: con *mejores* habilidades y con *peores*. Los PFC de los estilos *centrado en el proceso* y *centrado en la tecnología* fueron realizados sobre todo por estudiantes “mejores” (respectivamente 100% y 80%) y los de los estilos *dirección global* y *centrado en la gestión* por estudiantes “peores” (30% y 33% de alumnos mejores). Hay diferencias de calificación y duración del PFC. Los mejores estudiantes tenían una media de 8,9 pts. (el resto, 7,76). Los mejores estudiantes tardaron una media de 467,2 días (el resto, 606,6). No hay diferencias de tiempo dedicado por el director. Los “mejores” tuvieron una media de 2,72, y los “peores” 2,55.

#### 4. Conclusiones del análisis

El Cuadro 1 resume los parámetros estudiados. Para simplificar su interpretación, mostramos la bondad de un parámetro con el símbolo “✓” (bueno), “x” (malo) o “ ” (medio). Etiquetamos un resultado como “bueno” si supera la media aritmética más  $0,5\sigma$ , y como “malo” si está por debajo de la media menos  $0,5\sigma$ . Para las variables *tiempo dedicado por el director*, *intensidad en el esfuerzo* y *duración* del proyecto, aplicamos el enfoque inverso (a menor valor, mejor calificación). Para etiquetar el tipo de estudiante hemos considerado el porcentaje de mejores estudiantes en el estilo. El Cuadro 1 muestra que los estilos se agrupan por pares compartiendo la misma etiqueta en tipo de estudiante, productividad, y duración del PFC. Los pares son *estudiante autónomo/centrado en la ejecución*, *dirección global/centrado en la gestión*, y *centrado en la tecnología/centrado en el proceso*. Salvo para la duración del PFC, las calificaciones para los tres pares son diferentes entre sí (medio en el primero, malo el segundo, bueno el tercero). Parece que los estilos de cada par son comparables entre sí. Además, en cada estilo las calificaciones para los tres parámetros del director son iguales salvo la intensidad del esfuerzo del estilo *dirección global*.

El estilo *estudiante autónomo* tiene buena puntuación en los parámetros del director. Parece lógico,

pues aquí el director delega en el estudiante la mayoría de las tareas y decisiones. Los PFC a los que se aplicó este estilo tienen una buena duración y una calificación media. Notar que este estilo se ha aplicado sobre todo a alumnos “buenos”, que pueden estar desasistidos sin que se alargue la duración, aunque la calificación no sea del todo buena.

El estilo *centrado en la ejecución* logra buena duración del PFC y valores medios en el resto de parámetros. Observamos más tiempo dedicado por el director, más intensidad de esfuerzo y menos eficiencia en la calificación que en estilo *estudiante autónomo*, con los mismos resultados en calificación y duración, todo con alumnos similares. Parece ser que el mayor tiempo dedicado del director respecto del anterior estilo no mejora los resultados del estudiante. Por tanto, quizás no sea una buena idea dedicar mayor tiempo a las tareas y decisiones en las que incide este estilo (cuestiones del “día a día”).

El estilo *dirección global* tiene los peores resultados: malas calificaciones y productividad del estudiante, larga duración y mala eficiencia del director (mucho tiempo dedicado para bajas calificaciones). La única marca media es la intensidad del esfuerzo del director, que podría explicarse por la larga duración del PFC (esfuerzo alto, extendido en un largo período). Todo parece indicar que el estilo se ha aplicado sobre todo a alumnos “peores”, con PFC retrasados, que terminan gracias al tesón del director.

El estilo *centrado en la gestión* también se aplica sobre todo a estudiantes peores, que tienden a alargar los PFC y con baja productividad. Respecto al estilo anterior, apreciamos que los estudiantes mejoran la calificación (de mala pasan a media). La duración del PFC y productividad del estudiante siguen siendo malas. Respecto a los directores, pasan de puntuaciones malas en el anterior estilo a buenas en tiempo dedicado y eficiencia, y de medio a bueno en intensidad de esfuerzo. Un tiempo dedicado bajo hace subir la eficiencia y bajar la intensidad del esfuerzo. Como se aplica a estudiantes de características similares, podemos compararlo con el anterior, apreciando mejoras para el estudiante y para el director.

El estilo *centrado en la tecnología* tiene PFC cortos, con las mejores calificaciones y buena productividad del estudiante. Los parámetros del director son medios. En cuanto a la calificación, el uso de tecnologías novedosas aporta más interés y más dificultad, por lo que los PFC son más valorados. En cuanto al director, los valores medios obtenidos, pueden explicarse porque es el propio alumno quien se enfrenta a las tecnologías, posiblemente también nuevas para el director, y por tanto asume la responsabilidad en las decisiones y realización de tareas. Aun así, posiblemente por el grado de dificultad de este tipo de PFC, los parámetros del director no llegan a ser bajos (el alumno demanda un cierto grado, medio, de asisten-

cia). Considérese también que el estilo se ha aplicado mayoritariamente a estudiantes “buenos”.

El estilo *centrado en el proceso* tiene, para el director, la mayor intensidad del esfuerzo y una baja eficiencia, y un tiempo dedicado largo. Esto denota un gran esfuerzo del director a lo largo del PFC. Es el que peores resultados muestra para el director. Como en el anterior, los estudiantes son sobre todo “buenos”, con buena productividad y los PFC no se retrasan, aunque no produce buenas calificaciones. Esto se puede explicar por la alta preocupación del director en cuestiones relativas al proceso de desarrollo del PFC, que ayuda a terminar antes, a cambio de un esfuerzo considerable por su parte. Que los PFC en este estilo no tengan mejor calificación, dado que los estudiantes suelen ser “buenos”, podría ser debido a que el esfuerzo se ha concentrado más en aspectos relacionados con el proceso y no tanto con el producto, por lo que este es menos valorado.

## Referencias

- [1] ACM/IEEE-CS. *Computer science curriculum 2008: An interim revision of CS 2001*. En <http://www.acm.org/education/curricula/ComputerScience2008.pdf>. 2008.
- [2] T. Clear, M. Goldweber, F.H. Young, P.M. Leidig & K. Scott. Resources for instructors of capstone courses in computing. *SIGCSE Bulletin*, 33(4), 93–113, 2001.
- [3] C. Domínguez Pérez, A. Jaime Elizondo, F.J. García-Izquierdo & J.J. Olarte Larrea. Supervision typology in computer science engineering capstone projects. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 679–697, 2012.
- [4] H.A. James, K.A. Hawick, & C.J. James. Teaching students how to be computer scientists through student projects. *Procs. 7th Australasian Conf. on Computing education*, 42, 259–267, 2005.
- [5] K. Keogh & A. Venables. The importance of project management documentation in computing students’ capstone projects. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education* 10(3), 151–162, 2009.
- [6] M. Malik, R. Khusainov, S. Zhou & V. Adamos. A two year case study: Technology Assisted Project Supervision (TAPaS). *Engineering Education*, 4(2), 76–83, 2009.
- [7] J.A. Marin, J.E. Armstrong & J.L. Kays. Elements of an optimal capstone design experience. *Journal of Engineering Education*, 88(1), 19–22, 1999.
- [8] H. Scott. Management of real-world projects in university computing courses. In *Procs. of Student-Faculty Research Day, CSIS, Pace University, May 2nd 2008* (pp. A2.1–7), 2008.

# Ayudando a la incorporación de alumnos de nuevo ingreso en el grado de Ingeniería Informática

María del Mar Artigao Castillo  
Departamento de Física Aplicada  
Escuela Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Albacete  
Mariamar.Artigao@uclm.es

Antonio Jesús Díaz Honrubia  
Departamento de Sistemas Informáticos  
Instituto de Investigación en Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Albacete  
Antonio.DHonrubia@uclm.es

María Teresa López Bonal  
Departamento de Sistemas Informáticos  
Escuela Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Albacete  
Maria.LBonal@uclm.es

Mere Macià Soler  
Departamento de Matemáticas  
Escuela Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Albacete  
Hermenegilda.Macia@uclm.es

Tomás Rojo Guillén  
Departamento de Sistemas Informáticos  
Escuela Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Albacete  
Tomas.Rojo@uclm.es

## Resumen

Con el objetivo de mejorar el plan de acogida a los estudiantes de nuevo ingreso en la Escuela Superior de Ingeniería Informática de Albacete (ESII) de la Universidad de Castilla la Mancha, se ha incorporado un programa de mentoría entre iguales, donde un alumno de los últimos cursos mentoriza a varios estudiantes de nuevo ingreso. Este programa de mentorías entre iguales tiene una doble finalidad, por un lado, y conjuntamente con el plan de acogida, facilitar la adaptación en el grado a los estudiantes de nuevo ingreso, favoreciendo su integración social y académica, así como facilitando su familiarización con algunos aspectos administrativos; por otro lado, formar en competencias transversales a estudiantes de últimos cursos, potenciando competencias y habilidades sociales de liderazgo y gestión de equipos, mediante su papel como mentores de alumnos de nuevo ingreso. En el artículo se describen los procedimientos usados y algunos resultados de la experiencia.

## Abstract

Aiming to improve the receiving plan in the Faculty of Computer Science Engineering at the University of Castilla-La Mancha, a peer mentoring project has been implanted. In this program, an experienced

student acts as a mentor for a group of incoming students. This peer mentoring project has a double purpose, on the one hand, and jointly with the receiving plan, help incoming students adapt to the degree, promoting their social and academic integration, as well as facilitating familiarity with administrative aspects; on the other hand, educate experienced students, upgrading their competences and leadership and team management social abilities through their mentor role. Procedures used and some results of the project are shown in this paper.

## Palabras clave

Mentoría, competencias transversales, liderazgo.

## 1. Motivación

Una rápida y buena integración social y académica de los estudiantes de nuevo ingreso es vital para reducir los abandonos y los fracasos. Con este objetivo de ayudar a los estudiantes noveles en la adaptación en los estudios de Grado en Ingeniería Informática, nuestro centro cuenta con un plan de acogida [1], que recoge diversas actividades, como:

- Semana de acogida: charlas y talleres de corta duración dentro de la primera semana del curso.

- Actividades de apoyo: talleres de más larga duración previos o posteriores al inicio del curso, así como seminarios de refuerzo de algunas asignaturas a lo largo del curso.
- Programa de tutorías personalizadas, con la asignación de un profesor a cada estudiante que ejerce como tutor a lo largo de sus estudios en el centro.

Y es este último punto, relativo a la tutorización del estudiante, el que se pretende complementar con un programa de mentorías entre iguales para los estudiantes de nuevo ingreso.

Existen múltiples alternativas en la Universidad española sobre tutorización y orientación del estudiante, [5, 6] por ejemplo, pero nuestro objetivo es beneficiarnos de la mentoría en la orientación universitaria [8], y más específicamente en la mentoría entre iguales, dada la cercanía que ofrece un igual, al poder exponer sus dudas a un compañero que ha pasado por una situación parecida. Nuestro modelo sigue las pautas ya experimentadas en diferentes centros dentro de la Red de mentoría en entornos universitarios [7].

De esta forma el Programa de Acción Tutorial (PAT) de nuestro centro que constaba de tutorías personalizadas (a lo largo de la vida universitaria del estudiante), tutorización en los programas de movilidad y tutorización en las prácticas en empresa, se complementa con el Programa de mentoría entre iguales para los alumnos de nuevo ingreso.

## 2. Programa de mentorías entre iguales

Se plantea un programa de mentoría entre iguales donde un estudiante de los últimos cursos del grado orienta, informa y guía a estudiantes de nuevo ingreso en cuestiones académicas, administrativas y sociales. Los primeros son los llamados *mentores*, mientras que a los segundos los denominamos *telémacos*. Además, en este programa interviene un *profesor-tutor* (profesor de primer curso del grado) cuya función es ayudar, asesorar y revisar la labor del mentor.

Se cuenta también con el equipo coordinador formado por la Unidad de Orientación y Tutorización del estudiante, que será el encargado de velar por el buen funcionamiento del programa. Toda la información y comunicación se canaliza a través de una plataforma virtual (Moodle).

Este programa tiene dos objetivos generales:

- Facilitar a los estudiantes de nuevo ingreso su adaptación al grado, favoreciendo su integración social y académica.
- Formar a estudiantes de los últimos cursos, potenciando competencias y habilidades sociales de liderazgo y gestión de equipos.

Así, se pretende mejorar el rendimiento académico del telémaco, reduciendo el fracaso y abandono de los estudios. Y en cuanto al mentor, se le proporcionan herramientas para su futuro y desempeño profesional.

A continuación exponemos las fases del programa.

### 2.1 Captación, selección y formación de mentores

Los mentores son alumnos de 3º o 4º curso que se presentan voluntariamente durante la campaña de captación de mentores. Dicha campaña (que tiene lugar en el mes de mayo) se basa principalmente en charlas en las clases de 2º y 3º curso, anuncios en la web del centro, cartelería y envíos de correos electrónicos. Los beneficios que cuenta un mentor son reconocimiento de créditos ECTS y descuentos en actividades deportivas y culturales, organizadas tanto por el centro como por la Universidad.

La selección de mentores se realiza por sus profesores, en base al conocimiento personal de sus actitudes, capacidades de liderazgo y comunicación, al expediente académico, a la información aportada mediante el cuestionario suministrado en el espacio virtual y se complementa con entrevistas personales.

Los seleccionados reciben un taller de formación de mentores a inicios del mes de septiembre. A cada mentor se le asigna un profesor tutor y cada profesor tutor tendrá asignado como máximo dos mentores.

### 2.2 Captación de telémacos y asignación a mentores

La captación de los telémacos se realiza a través de información en el sobre de matrícula, en la web del centro, cartelería y una charla en la semana de acogida. La inscripción en el programa es voluntaria.

Para realizar la asignación de telémacos a cada mentor se atiende, en primer lugar, a los estudiantes con necesidades especiales. En segundo lugar, se tiene en cuenta su afinidad. Por ejemplo, a un telémaco que ha accedido a los estudios a través de los ciclos formativos de grado superior, se le asigna un mentor con la misma forma de acceso.

Un mentor tiene asignados como mucho 5 telémacos. Dicha asignación se realiza durante la primera semana del curso, aunque se va actualizando conforme se matriculan nuevos alumnos.

### 2.3 Tareas a realizar

Las tareas serán distintas en función del papel que se juegue, como se muestra en la Figura 1 en líneas generales.

**El equipo de coordinación** se encarga de diseñar, publicitar, supervisar y analizar el programa, además de mediar en los posibles conflictos.

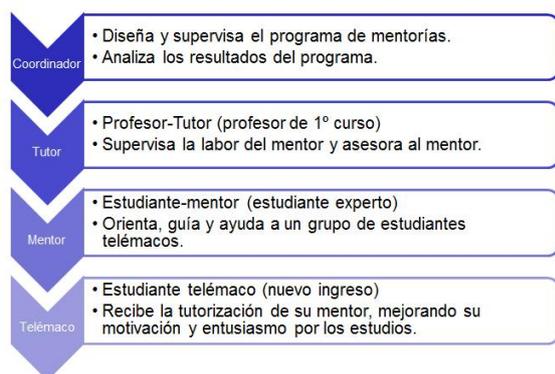


Figura 1: Distribución de funciones.

**El profesor-tutor** debe principalmente orientar y supervisar la labor del mentor. Mantendrá como mínimo una entrevista con sus mentores en junio y otra con sus mentores y los telémacos en la semana de acogida. Por último, es el encargado de evaluar la labor de sus mentores antes del mes de abril.

**El mentor** tiene como misión orientar, guiar y asesorar a sus estudiantes telémacos en cuestiones académicas (normativas de la Universidad, estructura del plan de estudios, etc.), sociales (servicios deportivos, actividades culturales, etc.) y administrativas (solicitud de becas, cambios de grupo, etc.). Debe realizar, al menos, 4 reuniones programadas con contenidos fijados por el equipo coordinador, contestar a todas a las dudas de sus telémacos y hacer un seguimiento de su evolución durante el curso. Al finalizar el programa de cada curso también debe realizar una memoria final y cumplimentar una encuesta de evaluación del mismo.

**Los telémacos** son los que reciben las diferentes orientaciones y pautas a lo largo del curso. Esta actividad es voluntaria, aunque muy recomendable, y no supone la concesión de créditos ECTS. Su principal tarea es cumplir con el compromiso que adquieren al participar en el programa y consiste en mantener siempre una actitud respetuosa y participativa.

### 3. Resultados

Este programa de mentorías se ha puesto en marcha por primera vez en la ESII en este curso 2012/13 y en él han participado 56 telémacos (de un total de 132 alumnos de nuevo ingreso), 25 mentores y 21 tutores (la totalidad de profesores que imparten docencia en primer curso).

Para poder medir el grado de satisfacción de los mentores y de los telémacos se les ha solicitado que contesten a una encuesta vía on-line a través de la plataforma virtual del programa. A estas encuestas han respondido 42 telémacos (Figura 2) y 14 mentores (Figura 3). Atendiendo a los resultados de las encuestas de satisfacción de los telémacos y los

mentores lo primero que sorprendió a los autores es la buena valoración a priori del programa (más del 90% en ambos casos les pareció que la idea era Buena o Muy Buena). Conforme a la interacción entre los mentores y telémacos cabe destacar, a pesar de que las encuestas de los telémacos ofrecen una mayor variación, que están más satisfechos los telémacos que los mentores. Para más de un 90% de telémacos, las expectativas se han cumplido ampliamente y para los mentores en un 80%.

Es destacable la buena opinión expresada por telémacos y mentores respecto a la información previa obtenida sobre el programa, teniendo en cuenta que es el primer año de implantación del mismo.

Por último, comentar que el porcentaje, tanto de telémacos como de mentores que recomendarían el programa, es superior al 90% con una puntuación media próxima a 4 sobre 5 en ambos casos.

### 4. Conclusiones

Debido a que este curso es el primero en que se ha implantado este programa de mentorías, y aunque se han obtenido, en nuestra opinión, buenos resultados, se han detectado algunos aspectos a mejorar en la organización. Por un lado, la necesidad de mejorar la comunicación con los estudiantes de nuevo ingreso a los que se oferta la experiencia. El hecho de que haya matriculaciones en octubre complica la captación de telémacos, ya que el programa de mentorías comienza con el inicio del curso (mitad de septiembre) y, por tanto, antes de que finalice la matriculación. Por otro lado, aunque la mayor parte de los mentores han cumplido con las tareas asignadas y han tenido empatía con sus telémacos, se ve la necesidad de ser más estrictos a la hora de seleccionar a los alumnos que van a ejercer de mentores. Además, es vital establecer un protocolo claro de actuación temprana para que los telémacos puedan informar del no cumplimiento del programa por parte de los mentores.

También es deseable la utilización de redes sociales para la mejor comunicación entre tutores-mentores-telémacos y una valoración a más largo plazo, como es la mejora del rendimiento académico tanto de los mentores como de los alumnos de nuevo ingreso que han participado en el programa. Se ha planteado, además, la posibilidad de una mentoría académica [2, 4], aunque existen discrepancias en la conveniencia de su implantación.

### Agradecimientos

Los autores quieren expresar su gratitud tanto al equipo docente del primer curso de la titulación de Grado en Ingeniería Informática de la ESII como a los mentores y telémacos que han formado parte del programa de mentorías entre iguales.

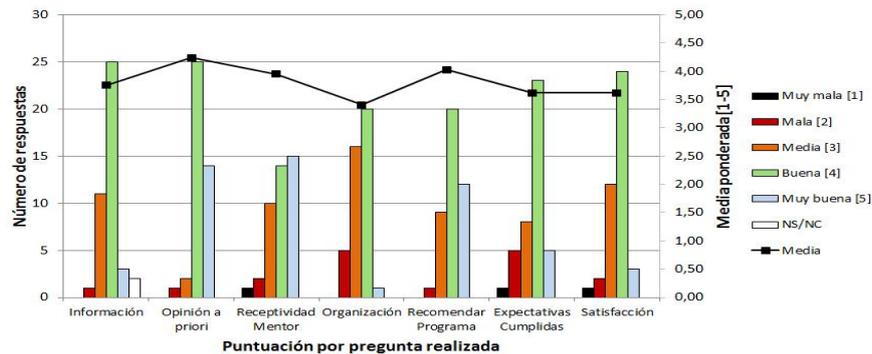


Figura 2: Encuesta satisfacción telémacos.

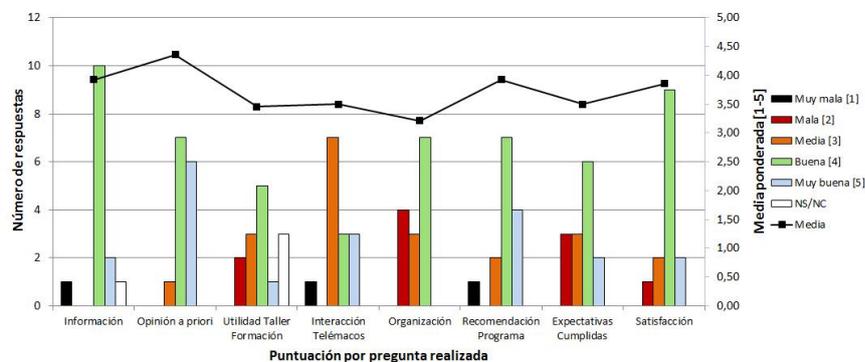


Figura 3: Encuesta satisfacción mentores.

## Referencias

- [1] Diego Carzorra, Pedro Cuenca, Mere Macià, José Pascual Molina, José Miguel Puerta. Plan de acogida para los alumnos de nuevo ingreso en el grado de Ingeniería Informática en la ESII (UCLM). En *XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2011*, pp 451-454, Sevilla, julio 2011.
- [2] E. Dubon, J.C. Navarro Climent, L-Segura Abat, T. Pakhrou, J.M. Sepulcre Martínez. La mentoría como herramienta de la mejora de la calidad de la docencia en el primer curso de grado. En *IX Jornadas redes de investigación en docencia universitaria*, Alicante, 2011. <http://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2011>
- [3] Xavier Ferré, Félix Tobajas, María Luisa Córdoba, Valentín de Armas. Guía para la puesta en marcha de un programa de mentoría en un centro universitario. *Mentoring & Coaching - Universidad y Empresa*, vol 2, pp.133-151, 2009.
- [4] María José García García, María Cruz Gaya López, Paloma Julia Velasco Quintana. Mentoría entre iguales: alumnos que comparten experiencias y aprendizajes. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2010*, pp. 119-126, Santiago de Compostela, julio 2010.
- [5] Alberto Gómez Mancha, Julia González Rodríguez y Carmen Ortiz. EMPATIA: Implantación de un plan de acción tutorial para enseñanzas técnicas. En *Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2008*, pp. 139-146, Granada, julio 2008.
- [6] Coromoto León. Actividades de orientación y tutorización en el grado de Informática. En *Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2010*, pp. 111-118, Santiago de Compostela, julio 2010.
- [7] Carmen Sánchez Ávila. Red de mentoría en entornos universitarios: Encuadre y objetivos. *Mentoring & Coaching - Universidad y Empresa*, vol 2, pp.11-26, 2009. <http://redmentoría.fi.upm.es/>
- [8] Andrés Valverde Macías, Covadonga Ruiz de Miguel, Eduardo García Jiménez y Soledad Romero Rodríguez. Innovación en la orientación universitaria: la mentoría como respuesta. *Contextos Educativos*, 6-7, pp. 87-112, 2004.

# El uso del portafolio en el máster de profesorado de secundaria

Mercedes Marqués Andrés<sup>1</sup>, Joaquim Canales<sup>2</sup>, Mónica Hurtado<sup>3</sup>,  
Enrique Juliá<sup>2</sup>, Sergi Meseguer<sup>3</sup>, Begonya Vicedo<sup>3</sup>, Rosario Vidal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Computadores, <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural

Universitat Jaume I

Castellón de la Plana

{mmarques, jcanales, mhurtado, bolivar, smesegue, bvicedo, vidal}@uji.es

## Resumen

En este trabajo se presenta un proyecto de innovación que se ha llevado a cabo durante el curso 2012/13 en el Máster en Profesor/a de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas que pretende dar mayor coherencia a las asignaturas que conforman una especialidad a través del uso del portafolio reflexivo.

## Abstract

This paper presents an innovation project that has been carried out during the academic year 2012/13 in the Master on Teaching at Secondary School, which aims to give greater coherence to the subjects that make up an specialization of the master through the use of the reflective portfolio.

## Palabras clave

Máster profesorado secundaria. Portafolio reflexivo. Aprender a aprender.

## 1. Motivación

Tras tres años de funcionamiento del Máster en Profesor/a de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas en nuestra universidad, y como profesores de la especialidad de *Ciencias Experimentales y Tecnología*, detectamos que hay diversos aspectos a mejorar. Al preguntar al alumnado, éste señala que en ocasiones se repiten contenidos y actividades en diferentes asignaturas y se echa de menos una evaluación más formativa. Un ejemplo que suelen dar es la elaboración de unidades didácticas: aunque en diversas asignaturas se pide confeccionar unidades didácticas, no tienen la seguridad de haber aprendido a hacerlas bien porque detectan incoherencias tanto en

las exigencias del profesorado como en la evaluación, que suele ser solamente calificativa, proporcionando en pocas ocasiones una realimentación que el alumnado encuentre de utilidad.

Quizás no es extraño que esto suceda si tenemos en cuenta que en la docencia de la especialidad participa un gran número de áreas de conocimiento de la universidad. Así, una estudiante que curse nuestra especialidad debe superar nueve asignaturas (aparte del *Prácticum* y el *Trabajo Fin de Máster*), siendo impartidas todas ellas por profesores de áreas de conocimiento diferentes pertenecientes a varios departamentos de la universidad. Achacamos, pues, la falta de coherencia a una falta de coordinación docente.

## 2. Antecedentes

El Real Decreto 1834/2008<sup>1</sup>, de 8 de noviembre, establece que para ejercer la docencia en la educación secundaria obligatoria, el bachillerato, la formación profesional y la enseñanza de idiomas es necesario estar en posesión de un título oficial de máster que acredite la formación pedagógica y didáctica exigida por la LOE (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación). Es la Orden ECI 3858/2007<sup>2</sup>, de 27 de diciembre, la que establece los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de las profesiones de Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas. En el apartado 5 de la Orden se establecen los módulos (mínimos) que debe incluir el máster y el número mínimo de ECTS de cada uno. Así, hay un módulo genérico que contiene tres materias (*Aprendizaje y desarrollo de la personalidad, Procesos y contextos educativos* y *Sociedad, familia y educación*), un módulo específico orientado a la especiali-

<sup>1</sup> <http://www.boe.es/boe/dias/2008/11/28/pdfs/A47586-47591.pdf>

<sup>2</sup> <http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/29/pdfs/A53751-53753.pdf>

dad para la que se forma el futuro profesor (*Informática, Tecnología, Matemáticas, Lengua castellana*, etc.) que contiene otras tres materias (*Complementos para la formación disciplinar, Aprendizaje y enseñanza de las materias correspondientes e Innovación docente e iniciación a la investigación educativa*) y un tercer módulo denominado *Prácticum* que contiene el *Prácticum en la especialización y el Trabajo Fin de Máster*.

El título de máster que se imparte en nuestra universidad tiene tres asignaturas en el módulo genérico (con el mismo nombre de las materias de la Orden). Para estas asignaturas se organizan grupos de 60 alumnos y el profesorado y los contenidos son comunes para todo el máster. En cuanto al módulo específico, en el caso de la especialidad en que somos profesores hay seis asignaturas, dos por cada materia de la Orden (arrastran su nombre): una que es común a la especialidad de *Ciencias Experimentales y Tecnología* y otra que es específica para lo que denominamos subespecialidades: *Tecnología e Informática, Física y Química y Ciencias Naturales*. Cuando una especialidad no tiene subespecialidades, cada materia de la Orden del módulo específico se implementa mediante una sola asignatura, como por ejemplo es el caso de *Matemáticas* o de *Educación Física*. Las asignaturas del módulo específico se imparten en grupos más pequeños ya que los alumnos se dividen por especialidades y, en su caso, subespecialidades.

En el curso 2011/12 había 13 subespecialidades activadas en nuestra universidad, por lo que se impartían 15 asignaturas en el máster correspondientes a la misma materia del módulo específico (con una parte de su denominación común, por ejemplo: *Aprendizaje y enseñanza de ...*) “pero” con 15 profesores distintos de áreas de conocimiento diferentes. Entrecorramos la conjunción “pero” porque desde la perspectiva de los alumnos las asignaturas deberían guardar cierta coherencia, sin embargo cada profesor actuaba de manera independiente seguramente sin ser consciente realmente de las consecuencias de ello.

Durante el curso 2010/11, nuestro máster disfrutó de un proyecto de innovación financiado por la universidad en el que se llevó a cabo una revisión y un rediseño de las guías docentes de todas las asignaturas del módulo específico que comparten denominación (corresponden a una misma materia específica de la Orden) para darles coherencia en contenidos y en evaluación. Nuestro objetivo era la coordinación horizontal entre especialidades, por lo que trabajamos la coherencia para que los alumnos no encontraran divergencias notables entre las especialidades.

### 3. Proyecto

El trabajo que aquí se presenta corresponde a un nuevo proyecto de innovación puesto en marcha en el

curso 2012/13 en el que se pretende trabajar la coherencia vertical dentro de la especialidad de *Ciencias experimentales y tecnología*. Esta especialidad cuenta con cerca de 60 alumnos por curso y es impartida por once profesores de diez áreas de conocimiento distintas, ya que abarca las materias de *Informática, Tecnología, Ciencias Naturales y Física y Química*.

#### 3.1. Objetivo

El objetivo del proyecto es lograr la coherencia en contenidos y en evaluación que es necesaria en la titulación mediante el uso del portafolio de aprendizaje por parte del estudiantado a lo largo del máster.

Para ello, lo que se hace es que la planificación de las actividades a realizar en las asignaturas viene determinada por las competencias a adquirir en las asignaturas de la especialidad, competencias que se deben reflejar de manera explícita en los portafolios de los estudiantes. En consecuencia, esto permite llevar a cabo una evaluación de competencias gracias a la aportación de las evidencias de aprendizaje y de las reflexiones ligadas a las competencias, así como una evaluación formativa, gracias al diálogo que se establece con el profesorado y con los compañeros.

Además, el uso del portafolio favorece la evaluación continua y promueve el aprendizaje autónomo, así como el pensamiento crítico reflexivo<sup>3</sup>.

Puesto que nuestra universidad proporciona la plataforma de portafolio digital Mahara, en el proyecto que aquí se presenta también se ha hecho uso de las nuevas tecnologías mediante el denominado *e-portfolio*, del que ya contamos con cierta experiencia algunos profesores de la especialidad.

#### 3.2. Inicio

Para llevar a cabo este proyecto se ha comenzado con una fase de formación tanto respecto al uso del portafolio como sistema de enseñanza y aprendizaje, como en cuanto al uso de la herramienta de portafolio digital Mahara. Esta fase de formación se ha realizado para el alumnado y para el profesorado que lo ha necesitado. En la formación se ha facilitado tanto información conceptual (qué es un portafolio, qué es una evidencia, etc.), como procedimental (cómo publicar evidencias, cómo compartir, etc.).

Además, se ha puesto a disposición de estudiantado y profesorado una serie de referencias bibliográficas que les permitan abordar las cuestiones conceptuales [1,2] y también se han proporcionado páginas web que ofrecen información y ejemplos de uso del portafolio tanto en universidad como en secundaria<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> El portafolio del estudiante. Ficha metodológica.

<http://www.recursosees.uji.es/fichas/fm4.pdf>

<sup>4</sup> Web de portafolios de la profesora de secundaria Núria Alart.

<http://www.xtec.cat/~nalart/evaluation.htm>

Web del e-portfolio de MicroTallersTAC.

<https://sites.google.com/site/microtallerstac/e-portfolio>

En este máster las asignaturas se cursan de manera correlativa. Las tres primeras asignaturas, que corresponden al módulo genérico, son comunes para todos los alumnos del máster y se imparten en grupos grandes (60 alumnos) por parte de profesorado de los departamentos de *Educación* y de *Psicología*. Estas asignaturas no han formado parte de este proyecto. Hemos creído que incluirlas resultaría demasiado ambicioso, por lo que el trabajo en el portafolio no se ha hecho hasta comenzar las asignaturas de la especialidad (diciembre de 2012).

### 3.3. Portafolio

Para la elaboración del portafolio se proporciona la siguiente guía:

1. Localizar las competencias en las guías docentes de las asignaturas.
2. Seleccionar las evidencias de aprendizaje que muestren el buen desarrollo del proceso de aprendizaje. Se trata de demostrar aquello que se sabe hacer (en relación a las competencias de la asignatura) y hacerlo de la mejor manera.
3. Reflexionar sobre lo que se ha aprendido (siempre en relación a las competencias de la asignatura), identificando puntos fuertes y débiles. En esta reflexión se pueden incluir las expectativas y propósitos de aprendizaje, dando una visión personal y reflexiva de la materia.
4. Publicar las evidencias en Mahara y las correspondientes reflexiones.

A continuación se muestra la reflexión realizada por una alumna en relación a las actividades de observación realizadas en una asignatura:

*«Se han realizado dos actividades de observación mediante las cuales se busca, por un lado, conocer distintas técnicas de observación para realizar la observación en nuestro PIE y por otro lado se han vuelto a analizar los informes de la Actividad “Análisis de trabajos de investigación en educación” para justificar la adecuación de la observación realizada sobre ellos y sugerir nuevas técnicas que se podrían haber utilizado. Para esta última, se ha creado un archivo en la Actividad 9 en el cual se pueden observar preguntas que redactamos para valorar la observación que hicieron los investigadores.*

*En mi opinión, las preguntas que hemos redactado pueden servirme de gran ayuda para evaluar los resultados que pueda tener el plan de acción desarrollado en el PIE una vez implantado en el centro educativo.*

*Las Actividades de Observación y las reflexiones realizadas sobre ciertos artículos están provocando que aprenda distintas técnicas de observación y cómo ir aplicándolas en la docencia. Por lo tanto, pienso que poco a poco estoy adquiriendo e incorporando la segunda competencia que trata la asignatura “Conocer y aplicar metodologías y técnicas básicas de*

*investigación y evaluación educativas” aunque hasta que no desarrolle totalmente mi PIE no estaré en disposición de afirmar si he sido capaz de aplicar dichas técnicas.»*

Puesto que en estas asignaturas el portafolio forma parte de la evaluación, seguimos el modelo de Barberá et al. [2] de manera que el proceso y el resultado de las actividades no son objeto de evaluación en el portafolio y sí lo es el diálogo de aprendizaje y evaluación que gira alrededor de cada evidencia seleccionada por el estudiante según cada una de las competencias de las cuales quiere demostrar su adquisición.

Ya que pretendemos que no haya contenidos ni actividades repetidos en distintas asignaturas, las actividades de aprendizaje no se proponen como las únicas fuentes de evidencia para el estudiante sino que se permite que puedan demostrar sus competencias a partir de otro tipo de evidencias que trasciendan el trabajo de la asignatura como pueden ser los trabajos de otras asignaturas, experiencias profesionales, vivencias personales, etc.

Mientras se desarrolla la especialidad, los encargados de supervisar los portafolios son los profesores responsables de las asignaturas. Es importante que el alumnado reciba información sobre su desempeño con el portafolio en sus inicios para aprender a elaborarlo correctamente. Puesto que todo el profesorado no cuenta con el mismo nivel de familiaridad con los portafolios, en cada asignatura se ha decidido tener en cuenta el portafolio en su evaluación con un mayor o menor peso en la nota final (desde el 20% al 50%). En un futuro, será más coherente que el peso sea el mismo en todas las asignaturas.

### 3.4. Diario de clase

En los portafolios de algunas asignaturas se ha solicitado la elaboración de un diario de clase, que se implementa mediante un blog y que ha de tener la siguiente estructura:

- Un breve resumen del tema de la clase.
- Las tres cosas más importantes de la sesión, aquellas que capturan la esencia de la clase.
- Lo que no ha quedado claro o aquello sobre lo que quieres aprender más.

A continuación se muestra un ejemplo:

*«La sesión de hoy la hemos dedicado a extraer entre todos varios indicadores de calidad de las buenas prácticas docentes. Aún analizando y profundizando en la competencia nº1 que establecimos. Utilizamos una encuesta de autoeficacia para los docentes y la lectura de la reseña de Ken Bain para ir extrayéndolos.*

*Lo que más interesante me ha parecido ha sido la encuesta que hemos realizado a nivel personal sobre la autoeficacia de cada uno. Aunque no he dado*

clases anteriormente, la he realizado en base a mi seguridad para hacer o planificar algo, y me ha servido para darme cuenta que donde menos segura estoy es con todo lo relacionado con el tema de la evaluación.

No me ha quedado claro la manera de extraer los indicadores de calidad, porque nos hemos basado en la encuesta y en el texto de Ken Bain; ¿no nos estaremos dejando algún aspecto, simplemente porque no aparece reflejado en el texto o en la encuesta? ¿Cuántos buenos artículos existirán elaborados por autores, tal vez no tan conocidos, pero desde los cuales es posible que se pueda extraer cierta información que nos pueda dar una idea sobre las buenas prácticas? ¿No nos estaremos dejando algún aspecto importante?»

### 3.5. Evaluación

En la Figura 1 se muestra la rúbrica que se ha utilizado en la evaluación del portafolio.

<b>Presentación y organización</b>	Buena presentación y organización del portafolio. Se apoya en diversos tipos de recursos. <b>10 puntos</b>	Presentación y organización simple y con poca variedad de recursos. <b>5 puntos</b>	Presentación y organización pobre que dificulta la navegación, comprensión y la lectura. <b>0 puntos</b>	
<b>Evidencias y contenido</b>	Las evidencias y contenidos presentados son claros, correctos y relevantes. <b>10 puntos</b>	El contenido está disperso y falta alguna evidencia en algún apartado. <b>5 puntos</b>	Las evidencias y los contenidos que se dan no son claros ni relevantes, y faltan en algún caso. <b>0 puntos</b>	
<b>Reflexiones</b>	Las reflexiones sobre el propio aprendizaje están bien argumentadas y documentadas a partir de las actividades realizadas. <b>10 puntos</b>	Reflexión y justificación insuficiente. Se da alguna opinión para alguna actividad. <b>5 puntos</b>	No hay reflexiones en el portafolio. Solamente se hace una descripción de las actividades como un observador. <b>0 puntos</b>	
<b>Diario</b>	Hay, al menos, un 80% de las entradas y se sigue el formato. <b>20 puntos</b>	Hay entre un 70-80% de las entradas y se sigue el formato. <b>16 puntos</b>	Hay entre un 50-60% de las entradas y se sigue el formato. <b>12 puntos</b>	Hay menos del 50% de las entradas y/o no se sigue el formato. <b>0 puntos</b>

Figura 1. Rúbrica de evaluación del portafolio.

## 4. Conclusiones

En este artículo se ha presentado el trabajo con el portafolio reflexivo que se está llevando a cabo en el máster de profesorado de secundaria como herramienta de coordinación a través de la cual queremos

dar coherencia en contenidos y en actividades en una serie de asignaturas impartidas por profesores de diversas áreas de conocimiento y departamentos distintos.

Aunque con este primer curso de implantación el proyecto no ha finalizado, encontramos que el uso del portafolio está siendo muy positivo tanto para el alumnado como para el profesorado. La selección de las evidencias de aprendizaje para demostrar la adquisición de las competencias da a estas el protagonismo, lo que constituye un valor añadido. Además, la introducción de los diarios de clase en los portafolios permite al profesorado ser testigo del aprendizaje conforme este se desarrolla.

Queremos destacar aquí que el beneficio que el proyecto reporta al alumnado es doble en lo que respecta a la competencia de aprender a aprender: por una parte, se benefician del portafolio como sistema de enseñanza y aprendizaje al cursar el máster y, por otra parte, la experiencia de primera mano del portafolio les sirve de aprendizaje para utilizarlo en el futuro como docentes de secundaria. Como indica Barberá [1], «la educación del siglo XXI será eficaz si es capaz de desarrollar habilidades de alto nivel que ayuden a los alumnos a aprender a lo largo de su vida, capaz de ofrecer a los ciudadanos un conocimiento sólido y a la vez flexible que pueda dar respuestas ajustadas a las situaciones cambiantes que se presentan». El trabajo con los portafolios ayuda a desarrollar estas habilidades y estos conocimientos.

## Referencias

- [1] Barberá E. (2005). La evaluación de competencias complejas: la práctica del portafolio. *Educere (Revista Venezolana de Educación)*. Año 9, N.31.
- [2] Barberá E., Bautista G., Espasa A., Guasch T. (2006). Portafolio electrónico: desarrollo de competencias profesionales en red, *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. Vol.3, N.2.

# Índice de autores

- Álvarez, Carlos, 183  
Álvaro, Francisco, 161
- Acuña, Silvia T., 135  
Alier, Marc, 317  
Alonso Betanzos, Amparo, 209  
Alonso Ríos, David, 209  
Amengual, Juan Carlos, 77  
Arbelaitz Gallego, Olatz, 191  
Arevalillo, Miguel, 233  
Artigao Castillo, María del Mar, 365
- Bañeres, David, 85, 251  
Badía Contelles, José Manuel, 93  
Baró, Xavier, 335  
Barella, Antonio, 161  
Barrachina Mir, Sergio, 351  
Barrado, Cristina, 175  
Blanco, Carlos, 37  
Blanco, José Miguel, 285
- Cabré, Jose, 317  
Calafate, Carlos T., 61  
Campos Sancho, Cristina, 45  
Canales, Joaquim, 369  
Canaleta, Xavi, 167  
Cano, Juan Carlos, 61  
Casanova, Assumpció, 161  
Castaño, M. Asunción, 119, 351  
Castillo Catalán, Maribel, 351  
Castro Bleda, María José, 161  
Climent, Joan, 303  
Cobos, Maximo, 233  
Conesa, Jordi, 251  
Corbalán, Julita, 303  
Cortés, Jordi, 143  
Cruz Lemus, José A., 135
- Díaz Honrubia, Antonio Jesús, 365  
Delgado, Luis, 175  
Domínguez, César, 285, 361  
Domenech, Josep, 311
- Espinilla, Macarena, 259
- Fernández, Agustín, 183  
Fernández, Montse, 143  
Fonseca, Pau, 303
- Gómez Martín, Marco Antonio, 293  
Gómez Martín, Pedro Pablo, 293  
Gómez, Jon A., 161  
Gómez, Marta N., 135  
Galiano, Mabel, 161, 343  
García Izquierdo, Fco. J., 361  
García, Helena, 317  
García, Jordi, 303, 317  
García, Mercedes, 161  
Genero, Marcela, 135  
Gil, José A., 311  
Giralt, Juan, 225  
González Rodríguez, Julia, 69  
Grangel Seguer, Reyes, 45  
Guerrero, Carlos, 277
- Hermida, Álvaro, 161  
Herrero, Carlos, 161  
Herrero, Josep Ramon, 303  
Hurtado, Mónica, 369
- Jaime, Arturo, 285, 361  
Jaume i Capó, Antoni, 277  
Juiz, Carlos, 277  
Juliá, Enrique, 369  
Junyent, Montserrat, 251
- López Bonal, María Teresa, 365  
López, David, 103, 143, 317  
Lacave, Carmen, 225  
León Hernández, Coromoto, 267  
León Navarro, Germán, 351  
Lemus Zúñiga, Lenin Guillermo, 259  
Lera, Isaac, 277  
Letelier Torres, Patricio, 217  
Llinàs, Xavier, 303  
Llorens, Marisa, 161, 343  
Llosa, Josep, 183
- Macià Soler, Mere, 11, 365  
Manjabacas Tendero, Guillermo, 11  
Marco Galindo, M<sup>a</sup> Jesús, 85  
Marco Simó, Josep Maria, 127  
Marqués Andrés, Mercedes, 93, 369  
Marqués, Francisco, 161  
Martín Aramburu, José I., 191

- Martínez Hinarejos, Carlos D., 161  
Martínez Martín, Ester, 93  
Martínez Rego, David, 209  
Masip, David, 335  
Mayo Gual, Rafael, 351  
Medeiros Vaz, Jaume, 127  
Mellibovsky, Fernando, 175  
Meseguer, Sergi, 369  
Minguillón, Julià, 335  
Miró Julià, Joe, 111  
Miranda Valladares, Gara, 267  
Molero, Xavier, 241  
Molina, Ana Isabel, 225  
Molina, Antonio, 161  
Moltó, Germán, 161, 327  
Moré, Joaquim, 251  
Moreno, Lidia, 161  
Moreno, Paloma, 233  
Moret Bonillo, Vicente, 209  
Muguerza Rivero, Javier, 191  
  
Navarro, Joan, 167  
  
Olanda, Ricardo, 153, 233  
Olarte, Juan José, 285, 361  
Orduña, Juan Manuel, 153  
  
Pérez Sánchez, Beatriz, 209  
Pérez, Marc, 175  
Parcerisa, Joan Manuel, 143  
Pastor, Enric, 175  
Pastor, Joan, 161  
Pastor, Moisés, 161  
Penadés Gramaje, M<sup>a</sup> Carmen, 217  
Planas, Elena, 335  
Planells, Joaquín, 161  
Polo Márquez, Antonio, 19, 53  
Pont, Ana, 311  
Posadas Yagüe, Juan Luis, 61  
  
Poza Luján, José Luis, 61  
Prats, Xavier, 175  
Prieto, Natividad, 161, 343  
  
Quintana Ortí, Enrique S., 351  
  
Rodríguez, Mario, 161  
Rodriguez, Horacio, 303  
Rojas, Jose I., 175  
Rojo Guillén, Tomás, 365  
Romero, Ana, 201  
Royo, Pablo, 175  
Rus Casas, Catalina, 259  
  
Sánchez, Ana, 285  
Sánchez, Fermín, 183, 303, 317  
Sánchez, Pablo, 37  
Salido, Miguel Angel, 29  
Sancho, Maria Ribera, 303  
Sapena, Óscar, 327, 343  
Sebastian, Rafael, 153  
Segrelles Quilis, Jose Damià, 29  
Sentieri Omarrementeria, Carla, 29  
  
Terrasa Barrena, Silvia M<sup>a</sup>, 259  
Terrasa, Andrés, 161  
Tosca, Ricardo, 175  
Tous, Ruben, 143  
Traver, V. Javier, 77  
Tubella, Jordi, 143  
  
Valero, Miguel, 175  
Vernet, David, 167  
Vicedo, Begonya, 369  
Vidal, Eva, 317  
Vidal, Rosario, 369  
Vivancos, Emilio, 161  
  
Zorrilla, Marta, 3