

Experiencias en la implantación de la asignatura de Tecnología de Programación al EEES

Elena M. Hernández Pereira, Oscar Fontenla Romero

Departamento de Computación
Facultad de Informática
Universidad de A Coruña
Campus de Elviña s/n – 15071 A Coruña
{elena,oscarfon}@udc.es

Resumen

En este artículo se describen las experiencias realizadas para la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior de la asignatura Tecnología de la Programación, de la Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas de la Universidad de A Coruña. Además, se presenta la guía docente de la asignatura, los resultados de las encuestas realizadas a los alumnos sobre el nuevo sistema empleado y un análisis crítico de los problemas encontrados.

1. Introducción

En el marco del EEES las titulaciones deben concebirse a partir de competencias profesionales. Adaptarse al EEES supone un esfuerzo docente para cambiar de paradigma educativo. Este cambio tiene unas consecuencias inmediatas para los alumnos, que deben valorarse adecuadamente. Para ello, es imprescindible que el alumno lleve las asignaturas al día y aumente su participación en las clases. En diversos trabajos previos [1][2] se han propuesto algunas ideas prácticas para llevar a cabo el cambio de metodología que supone el EEES. Pasar de un sistema basado en la enseñanza del profesor a otro basado en el aprendizaje del alumno debería hacerse de manera gradual. En este sentido, se han planteado durante los últimos años diversas experiencias para la adaptación de materias a este nuevo sistema. Entre ellas cabe destacar las presentadas en [3] y [4].

El objetivo de este trabajo es presentar una nueva experiencia piloto dentro de este marco. En concreto se mostrará la adaptación de la asignatura Tecnología de la Programación de segundo curso de la Ingeniería Técnica en

Informática de Sistemas de la Universidad de A Coruña.

2. Estado actual de la asignatura

En Noviembre de 1994 se publica el nuevo plan de estudios de la Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas [5] para la Universidad de A Coruña, resultante de la adecuación del actual plan al Real Decreto 1497/1987 y que modifica el publicado el 27 de Enero de 1987. En este plan de estudios aparece encuadrada la asignatura de Tecnología de la Programación con las características que se muestran en la tabla 1.

Departamento	Computación
Área de Conocimiento	Computación e Inteligencia Artificial
Descriptor en B.O.E.	Técnicas de verificación y pruebas de programas. Análisis de algoritmos
Carácter	Troncal
Curso	2º
Duración	Cuatrimestral
Centro	Facultad de Informática
Créditos	7,5 (4,5T+3P)

Tabla 1. Tabla resumen de la asignatura antes de la adaptación

El programa de la asignatura está formado por cuatro bloques didácticos. Los tres primeros bloques hacen referencia al programa teórico de la asignatura mientras que el último se corresponde con los contenidos prácticos. Este último bloque se imparte desde comienzo del cuatrimestre en paralelo con los otros bloques. A continuación se detallan los temas de cada uno de estos bloques didácticos:

Bloque didáctico 1: Introducción

Tema 1: Cálculo proposicional.
 Tema 2: Predicados.
 Tema 3: Arrays. Notación y convención.

Bloque didáctico 2: Semántica de programas

Tema 4: Uso de aserciones para documentar programas.
 Tema 5: El transformador de predicados wp.
 Tema 6: El lenguaje GCL: Guarded Command Language.

Bloque didáctico 3: Desarrollo y verificación de programas

Tema 7: Desarrollo de programas con estructuras alternativas.
 Tema 8: Desarrollo de bucles a partir de invariantes y cotas.
 Tema 9: Desarrollo de invariantes.
 Tema 10: Desarrollo de funciones cota.

Bloque didáctico 4: Lenguaje Java y JML

Tema 11: Introducción al lenguaje Java.
 Tema 12: Introducción al lenguaje JML (Java Modeling Language).

Esta materia, según el plan de estudios vigente, se imparte de forma cuatrimestral y tiene asignadas cinco horas semanales de clase: tres horas para impartir clases teóricas y dos para impartir clases prácticas. Durante el curso actual (2005/06) la asignatura tiene 146 alumnos matriculados, organizados en un único grupo de teoría.

3. Adaptación de la asignatura al EEES: Guía docente

La asignatura de Tecnología de la Programación se encuentra vinculada a las asignaturas de Programación y Estructura de Datos y de la Información, de primer curso, y a la asignatura de Metodología de la Programación de segundo curso. Teniendo esto en cuenta, se presupone que el alumno ha adquirido los siguientes conocimientos:

- Estructura de un programa, tanto en su diseño algorítmico, como en su codificación. Esto incluye conceptos como variables, tipos de datos, operadores, estructuras de control, etc.
- Modulación y estructuración, tocando aspectos como procedimientos y funciones, variables globales y locales, paso de parámetros por valor y por referencia, etc.
- Estructuras de datos estáticas y dinámicas, incluyendo arrays, registros, conjuntos y punteros.
- Aproximación al concepto de recursividad en el seno de un algoritmo.
- Comprensión del concepto de tipo abstracto de dato.

De cara al futuro profesional, los conocimientos adquiridos en esta asignatura jugarán un papel importante en el desarrollo de aplicaciones. El alumno será capaz de desarrollar una aproximación disciplinada a la especificación, implementación, verificación y prueba de programas.

3.1. Objetivos

Dado el carácter de troncalidad de la asignatura, los objetivos generales que se proponen para la misma, en cuanto a *conocimientos*, son los siguientes:

1. Ofrecer al alumno conocimientos prácticos que posibiliten la construcción efectiva de aplicaciones software.
2. Introducir al alumno en el diseño, verificación y prueba de algoritmos en un lenguaje específico.
3. Adquirir conocimientos sobre métodos formales de verificación.

3.2. Competencias

Los objetivos de la asignatura en cuanto a *competencias* y *actitudes* son los siguientes:

1. Capacidad de resolver problemas de forma eficiente.
2. Capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos a la práctica.
3. Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.
4. Trabajo en equipo.

3.3. Contribución al desarrollo de habilidades y destrezas

Con el fin de contribuir al desarrollo de las competencias establecidas se han definido, además de la clase magistral, los siguientes tipos de actividades (cuyo contenido se describirá posteriormente):

- Seminarios de grupos cooperativos: Actividades de trabajo en grupo realizadas íntegramente en el aula. Estas actividades se basan en un aprendizaje activo y colaborativo empleando para ello técnicas de grupo cooperativo. En concreto, se realizan las actividades empleando la técnica puzzle de Aronson [6]. En esta actividad los alumnos tendrán la oportunidad de potenciar su aprendizaje de la asignatura, basado en el trabajo en equipo, y de resolver problemas de forma eficiente.
- Trabajo en grupo tutelado: con esta actividad el alumno potenciará y demostrará su capacidad para trabajar en equipo, adaptarse a nuevas situaciones y contextos, aprender de forma autónoma y aplicar los conocimientos adquiridos a la práctica. Esta actividad se realizará de forma autónoma aunque guiada por el profesor a través de tutorías personalizadas obligatorias.
- Clases prácticas en el laboratorio: en las cuales el alumno tendrá la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y enfrentarse a nuevas situaciones (problemas planteados).

3.4. Metodología

Consideramos importante fomentar el trabajo en equipo, pues el trabajo de los alumnos, como futuros ingenieros técnicos informáticos, consistirá en desarrollar su trabajo integrados en equipos, y deben estar habituados a trabajar de esa manera. Además, pretendemos potenciar el autoaprendizaje (guiado, naturalmente) por parte de los alumnos. La idea principal consiste en aplicar la siguiente metodología:

- La *clase magistral* para establecer los conceptos fundamentales de la materia.
- Métodos basados en la resolución de problemas, para que el alumno sea capaz de

adquirir hábitos de razonamiento. Parte de este proceso se realizará en grupos para potenciar el trabajo en equipo.

- Trabajos a desarrollar en el aula mediante grupos cooperativos, para fomentar el aprendizaje en grupo y la colaboración entre los alumnos.
- Estudio de casos.

3.5. Desarrollo ECTS

Las actividades que realizará el alumno durante el curso serán las siguientes:

- Asistencia a clases teóricas: basadas en la clase magistral.
- Participación en seminarios de grupos cooperativos: Durante el curso actual se han planificado tres actividades de este tipo. En todas ellas se formaron grupos de trabajo de cinco alumnos para la preparación conjunta de los temas de cada actividad. La primera de estas actividades consistía en la realización de siete ejercicios del primer bloque didáctico (temas 1 a 3) durante dos sesiones de una hora. Posteriormente, se dedicó una sesión adicional de una hora para la realización de una prueba escrita con el objetivo de evaluar esta actividad. La segunda actividad se basó en el desarrollo de tres ejercicios del tema 5 durante dos sesiones de una hora. Al igual que en el caso anterior, se dedicó otra sesión de una hora para evaluar los conocimientos adquiridos. La última actividad se dedicó a la resolución de dos problemas (en un total de dos horas) del tercer bloque didáctico, consistentes en la demostración formal de un programa. Esta actividad también fue evaluada mediante la resolución, durante una hora, de un problema similar a los planteados.
- Elaboración de trabajos en grupos autónomos tutelados: se propone un trabajo relacionado con los temas de la tercera unidad didáctica de la asignatura. Este trabajo se realiza en grupos de dos alumnos y exige la asistencia, al menos, a tres tutorías personalizadas para que los profesores guíen al alumno en cuanto a las características y contenidos del trabajo y dudas planteadas. Este trabajo consiste en la desarrollo de un

programa y la verificación formal de su corrección.

- Prácticas de laboratorio: en las cuales cada pareja de alumnos dispone de un ordenador. En estas prácticas, tuteladas, los alumnos deben realizar la implementación, en lenguaje Java, de diversos programas propuestos por los profesores y realizar la especificación formal de dichos programas empleando para ello el lenguaje de especificación JML. Para realizar estos ejercicios se utilizan parte de las clases prácticas de la asignatura.
- Elaboración de prácticas: los alumnos deberán realizar una práctica de programación, consistente en la implementación en lenguaje Java y la especificación formal en JML de un programa planteado a lo largo del curso por los profesores de la asignatura. La entrega de esta práctica es obligatoria y se realiza en grupos de dos alumnos.
- Evaluación final de la asignatura: consiste en una prueba escrita al final del cuatrimestre para valorar los conocimientos y algunas de las competencias exigidas al alumno.

Los detalles concretos de cada una de las actividades descritas pueden consultarse en la página web <http://pauker.dc.fi.udc.es/moodle>. Para acceder a la asignatura basta con entrar como *invitado*. Asimismo, la tabla 2 contiene la distribución de horas presenciales y no

presenciales del alumno para cada una de las actividades mencionadas en la lista anterior. Esta tabla es la que emplea actualmente la Universidad de A Coruña para el cálculo de créditos ECTS de cada asignatura. En dicha tabla aparece una columna denominada *Factor (F)*, que representa el ratio de horas de trabajo autónomo del estudiante, requeridas por cada una de las horas presenciales de las actividades especificadas. Este número de horas se considera necesario para actividades como el estudio de la asignatura, elaboración de trabajos, realización de las prácticas, etc. Los créditos ECTS se calculan dividiendo las horas totales por 27, factor fijado por la propia universidad para la implantación del sistema Europeo, que establece un rango de entre 25 y 30 horas por crédito ECTS. Atendiendo a la distribución presentada en la tabla 2, la asignatura tendrá asignados 6 créditos ECTS.

Es importante que la carga de trabajo de la asignatura esté repartida lo más uniformemente posible, de forma que los alumnos deban esforzarse de manera continua a lo largo del curso, sobre todo sin una carga excesiva al finalizar el período lectivo que le impida dedicar su tiempo a otras asignaturas. Por ello, es importante planificar las actividades propuestas para que el esfuerzo y su evaluación se realicen desde el comienzo del cuatrimestre. La planificación de estas actividades se muestra en la tabla 3:

Actividad	Técnica	Horas presenciales (A)	Factor (F)	Horas no presenciales (B)	Horas totales (C=A+B)	Créditos ECTS (C/27)
Teoría	Clase magistral	30	1,5	45	75	2,78
Prácticas de laboratorio	Desarrollo de programas en ordenador	20	1	20	40	1,48
Tutorías	Tutoría personalizada			2	2	0,07
Seminarios trabajos cooperativos	Trabajos de grupos en el aula	9	1	9	18	0,67
Trabajos autónomos				10	10	0,37
Elaboración de prácticas				15	15	0,56
Examen	Evaluación escrita	3			3	0,11
TOTAL		62		101	163	6,04

Tabla 2. Actividades y carga de trabajo del alumno durante el curso

Fechas	Actividad
24-28 Octubre	Primer seminario
14-18 Noviembre	Segundo seminario
2 Diciembre	Propuesta trabajo tutelado
19-22 Diciembre	Tutoría 1 trabajo tutelado
20 Diciembre	Propuesta práctica Java-JML
9-13 Enero	Tercer seminario
16-20 Enero	Tutoría 2 trabajo tutelado
30-31 Enero	Tutoría 3 trabajo tutelado

Tabla 3. Planificación de las actividades

3.6. Evaluación

Los alumnos podrán elegir entre dos vías de evaluación de la asignatura:

- *Evaluación continua*: el alumno entrega las prácticas/trabajos durante el curso en las fechas indicadas. En este caso, la nota final será compartida entre la nota del examen (70%) y la nota de las prácticas/trabajos (30%). Los trabajos que debe realizar y las puntuaciones de los mismos serán los siguientes:
 - Tres trabajos de grupos cooperativos de las tres unidades didácticas, T₁, T₂ y T₃. La nota final de cada alumno en estos trabajos se obtiene como la media ponderada entre la nota individual obtenida en la prueba y la nota media lograda por el grupo. El objetivo de esta valoración es lograr que los alumnos sean lo más colaborativos posible con sus compañeros.

- Un trabajo en grupo autónomo del tercer bloque didáctico con una valoración de 1 punto.
- Una práctica del tercer bloque didáctico (prácticas de laboratorio) con una valoración de 1 punto.
- *Evaluación final*: el alumno entrega únicamente la práctica de laboratorio correspondiente al último bloque didáctico y realiza todo el examen final. Por tanto, la nota final se obtendrá, únicamente, a partir de las notas del examen (90%) y de la práctica de laboratorio (10%). Para poder optar a esta vía de evaluación los alumnos interesados deberán comunicárselo a los profesores de la asignatura al principio de curso.

Las tablas 4 y 5 contienen, respectivamente, los criterios de evaluación y el peso en la nota final de cada una de las actividades. Para aprobar, en cualquier caso, la nota final debe ser mayor o igual a 5 siempre que la nota del examen final no sea inferior a 3 puntos. Esta doble vía de evaluación pretende favorecer el trabajo continuo a lo largo del cuatrimestre sin perjudicar por otro lado a aquellos alumnos que no puedan realizar, por diversos motivos, una evaluación continua. Se mantiene esta doble vía de evaluación de forma transitoria mientras no se introduzca de forma definitiva el nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior.

Actividad	Criterios evaluación	Método evaluación
Trabajos grupos cooperativos	- Dominio de los conocimientos teóricos del tema - Participación colaborativa en el grupo	- Examen escrito
Trabajo grupo autónomo	- Participación activa en las tutorías - Cumplimiento de los plazos e hitos del trabajo - Calidad, claridad y originalidad del trabajo - Dominio de los conocimientos del tema realizado	- Valoración del profesor de la memoria del trabajo - Observaciones y notas del profesor en las tutorías
Prácticas de programación	- Cumplimiento de los requisitos planteados - Calidad y adecuación de la solución propuesta - Cumplimiento de las normas exigidas - Claridad de las explicaciones del alumno	- Verificación de los objetivos - Valoración de la eficiencia de la solución - Valoración del cumplimiento de las normas - Observación de las explicaciones del alumno
Examen final	- Dominio de los contenidos teóricos y prácticos	- Examen escrito

Tabla 4. Criterios y métodos de evaluación de las actividades

Actividad	Puntuación	Peso
Trabajos de grupos cooperativos	T ₁ : 0,25	2,5%
	T ₂ : 0,25	2,5%
	T ₃ : 0,5	5%
Trabajo de grupo autónomo	1	10%
Prácticas de programación	1	10%
Examen final	7	70%

Tabla 5. Puntuación y peso de cada una de las actividades en la nota final

4. Resultados de las encuestas del alumnado

Al finalizar el cuatrimestre se realizó una encuesta a los alumnos sobre los seminarios de trabajos cooperativos y el nuevo planteamiento de la asignatura. La encuesta estaba formada por 22 preguntas sobre diversos aspectos de las actividades realizadas y de la nueva organización de la materia. El número de alumnos que completaron la encuesta fue de 64. Las figuras 1 a 8 muestran los resultados de las preguntas más relevantes de dicha encuesta.



Figura 1. Resultados de la pregunta 1

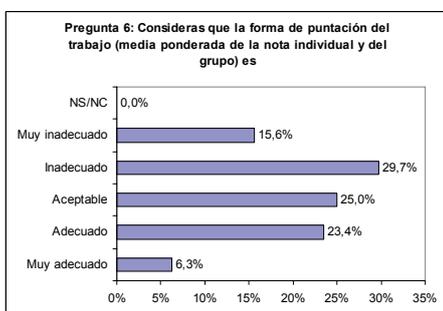


Figura 2. Resultados de la pregunta 6

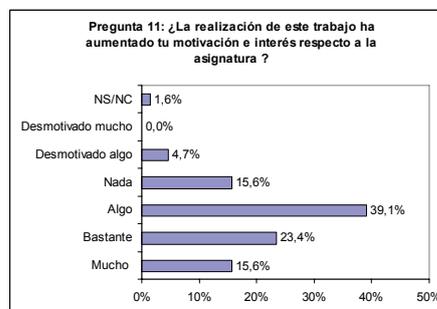


Figura 3. Resultados de la pregunta 11

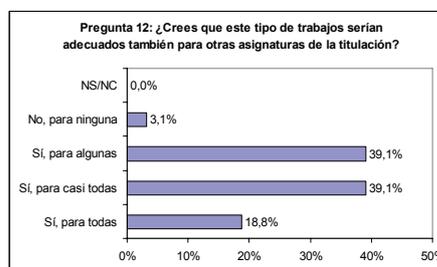


Figura 4. Resultados de la pregunta 12

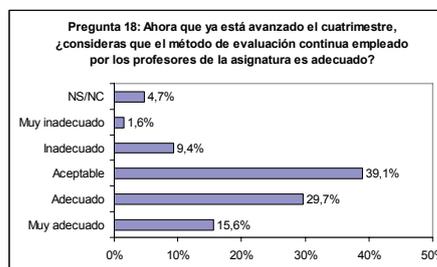


Figura 5. Resultados de la pregunta 18

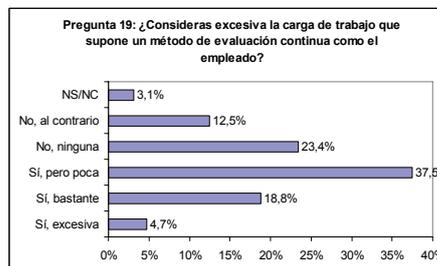


Figura 6. Resultados de la pregunta 19

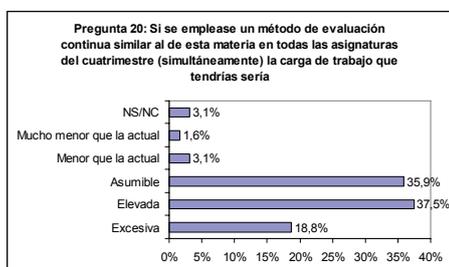


Figura 7. Resultados de la pregunta 20

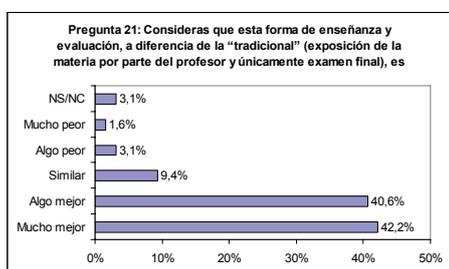


Figura 8. Resultados de la pregunta 21

El análisis de los resultados de la encuesta permite obtener las siguientes valoraciones:

- En cuanto al aprendizaje del alumno (figuras 1 y 4) se puede observar que los alumnos valoran positivamente la realización de trabajos cooperativos y el planteamiento de evaluación continua.
- En cuanto a la motivación del alumno respecto a la asignatura se puede apreciar en la figura 3 que el 78,1% de los encuestados indicaron que la realización de estos trabajos cooperativos aumentó en algún grado su motivación.
- Respecto a la carga de trabajo que supone este nuevo método, en la figura 6 se pone de manifiesto que la mayoría de alumnos consideran asumible el trabajo a mayores realizado para esta asignatura. Sin embargo, algo más de la mitad (56,3%) piensan que si este planteamiento se realizase en todas las asignaturas de un mismo cuatrimestre, la carga de trabajo sería elevada o excesiva (figura 7).
- En lo referente a la evaluación de los trabajos cooperativos (figura 2) el 54,7% de los alumnos encuestados consideran que la nota

individual ponderada con la nota media de grupo es aceptable o adecuada. En cuanto a la evaluación global de las actividades realizadas, reflejada en la figura 5, se aprecia que la gran mayoría (84,4%) cree que es aceptable o adecuada.

- Finalmente, en lo tocante a la valoración global del nuevo sistema propuesto para la materia (figura 8), se observa que el 82,8% de las respuestas consideran que este planteamiento constituye una mejora respecto al sistema "tradicional".

5. Rendimiento académico

De momento no se ha podido realizar ningún análisis global del rendimiento académico de los alumnos empleando esta nueva metodología, debido a que no se ha llevado a cabo todavía la evaluación final de la asignatura. Sin embargo, los resultados de los trabajos de grupos cooperativos proporcionan cierta información sobre este aspecto. Los dos primeros trabajos cooperativos fueron realizados por 113 alumnos (77,4% del total) con un porcentaje de aprobados del 98,2% y 66,4%, respectivamente. El último trabajo fue realizado por 95 alumnos (65,1 % del total) mientras que el porcentaje de aprobados estuvo en el 31,6%. A la vista de estos resultados se puede concluir que el seguimiento por parte de los alumnos de este sistema de evaluación continua ha sido elevado y casi constante durante todas las pruebas. En la última de ellas se notó un ligero descenso atribuido al habitual abandono por parte de los alumnos al final del cuatrimestre. En cuanto al porcentaje de aprobados se comprueba que este disminuye a medida que transcurre el cuatrimestre y al aumento de la dificultad de las pruebas. La disminución brusca de rendimiento en la última prueba puede ser en parte debida a la falta de experiencia de los alumnos con respecto al sistema en cuanto a la planificación de su trabajo personal.

6. Conclusiones y trabajo futuro

Este nuevo planteamiento para la asignatura de Tecnología de la Programación presenta diversos aspectos positivos:

- Exigencia por parte del alumno de preparar la materia de una forma más continuada. Esto se ve reflejado en los resultados de la encuesta en la cual numerosos alumnos manifiestan este hecho.
- La mejor forma de aprender es enseñando. Los trabajos colaborativos requieren que cada alumno enseñe una parte del trabajo a sus compañeros, haciendo por un lado que el alumno asuma la responsabilidad de preparar esa parte del trabajo y por otro, asimile en mayor profundidad la materia para ser capaz de explicarla al resto del grupo.
- Fomenta la asistencia del alumno a tutorías durante todo el curso para resolver dudas sobre los trabajos propuestos.

Sin embargo, la aplicación de esta metodología, dado el estado actual de la asignatura en la titulación en la que se encuadra, plantea varios inconvenientes:

- Debido al elevado número de alumnos en el único grupo de teoría (146), los trabajos cooperativos no son lo operativos que debieran. Uno de los motivos es la incapacidad del profesor de resolver las dudas de todos los grupos con la presteza necesaria.
- La carga docente asumida por el profesor se eleva considerablemente puesto que es necesario elaborar nuevas actividades, atender las tutorías personalizadas para los trabajos autónomos del alumno, elaborar y evaluar diversas pruebas durante todo el cuatrimestre, etc.

A pesar de estos inconvenientes, la experiencia realizada se considera adecuada y pensamos que obtendrá mejores resultados a medida que el alumno sea consciente de la adaptación al EEES.

En cuanto al trabajo futuro, se completará la propuesta planteada mediante la estimación de la carga real de horas empleadas por el alumno en

cada una de las actividades, a través de una plantilla o diario de trabajo personal que cubrirán semanalmente.

Referencias

- [1] Díaz, M., Riesco, M., Martínez, A.B., *Convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior: algunas ideas prácticas y viables para llevar a cabo el cambio de paradigma*, Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENU), 2004.
- [2] Sánchez Cariacedo, F., *¿Cómo serán las asignaturas del EEES?*, Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENU), 2005.
- [3] Arnal, J., Bernabeu, R., Gomis, G., Migallón, V., Penades, J., Ramón, S., *Diseño de una guía docente para la asignatura de Matemática Discreta del primer curso de Ingeniería Informática adaptada al sistema de créditos ECTS*. ICE, Universidad de Alicante, 2004.
- [4] Montagud Mascarell, M.D., García Cabedo, J.L., *La convergencia europea en la educación superior en administración de empresas: una experiencia piloto en la Universidad de Valencia*, IV Jornada de Docencia en Contabilidad, Universidad de Sevilla, 2004.
- [5] B.O.E. núm 281 de 23 de Noviembre de 1994, pp. 143-150. *Resolución de 3 de Octubre de 1994, de la Universidad de A Coruña, de modificación del plan de estudios conducente a la obtención del título de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas*.
- [6] Aronson, E., Patnoe, S., *The jigsaw classroom: Building cooperation in the classroom*. 2nd ed., New Cork, Addison Wesley Longman, 1997.