

Desarrollos cuasi-profesionales: la empresa en el aula

Carlos Rossi Eduardo Guzmán Manuel Enciso Francisco Durán

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación

Universidad de Málaga

Bulevard Louis Pasteur, s/n.

29071 Málaga

rossi@uma.es, {guzman,enciso,duran}@lcc.uma.es

Resumen

La experiencia que se describe en este trabajo ha superado con éxito una meta ambiciosa: introducir en el aula universitaria, lo más fielmente posible, el proceso real de desarrollo de software. Este objetivo no es fácilmente abordable y hemos empleado cinco cursos en obtener un diseño satisfactorio. Este trabajo describe los tres puntos básicos en el desarrollo de la experiencia: la manera de introducir en el aula un problema real planteado por una organización real, la forma de organizar el trabajo mediante equipos estables de alumnos y las implicaciones en la evaluación, incluyendo la necesidad de desarrollar herramientas propias que ayuden en esta tarea.

Resaltamos especialmente que este grado de acercamiento al mundo industrial nos ha reportado como beneficio, entre otros, un aumento de la motivación del alumno. Éste ve recompensado su esfuerzo no sólo mediante una calificación académica, sino que hemos introducido también un método que permite a los alumnos obtener un reconocimiento a su trabajo por parte del entorno profesional.

1. Introducción

El desarrollo de software ocupa el primer lugar con diferencia en las tareas profesionales de un ingeniero informático. Por ello es interesante que todos los alumnos completen

sus estudios habiéndose enfrentado al desarrollo completo de un sistema de gestión de un tamaño no trivial. Este objetivo se recoge explícitamente en los marcos curriculares de la ACM [8]: *“todos los estudiantes deben desarrollar una aplicación significativa en algún momento de su programa de estudios”*.

Existen en la actualidad un número importante de asignaturas en las titulaciones de Ingeniería Informática que requieren la realización de un análisis de las organizaciones y empresas. Los alumnos necesitan conocer toda la información que se maneja en ellas así como los flujos por los que ésta discurre, pero esta materia no es fácil de impartir por diversos motivos. Tal y como comenta J. Senn [11]: *“Enseñar a estudiantes análisis y diseño de sistemas en un aula es todo un reto, ya que la materia se imparte fuera del contexto donde, en general, se crean las aplicaciones. Gran parte del análisis y diseño de sistemas dependen de herramientas, experiencias y situaciones que son difíciles de recrear en el aula”*.

Las dificultades a las que hace mención este autor son de muy diversa índole: reticencias de las organizaciones a ceder su modo de gestión, dificultad de los alumnos para desplazarse a las organizaciones y de éstas para acoger a un número elevado de alumnos, difícil traslado al aula sin perder objetividad, etc.

Ante estas dificultades, tradicionalmente el docente opta por realizar descripciones textuales de organizaciones (ficticias en la ma-

yor parte de los casos) que los alumnos deben tratar como enunciado del problema. Evidentemente, esta situación no es la ideal y por ello nos marcamos como objetivo ambicioso recrear el proceso de desarrollo de software en el aula. Hemos de indicar que llegar a un diseño de aprendizaje exitoso ha costado cierto tiempo. Concretamente la experiencia que aquí describimos ha sido implantada durante cinco cursos con diversos refinamientos, en un total de cuatro asignaturas diferentes e involucrando a una media de 200 alumnos por curso.

El objetivo de implantar una docencia lo más cercana posible a un desarrollo de software profesional implica un cambio radical en todos los aspectos que intervienen en la enseñanza. En primer lugar, uno de los puntos de apoyo de nuestra experiencia es la realización de prácticas basadas en requisitos reales facilitados por organizaciones colaboradoras, de las que se requiere el mayor grado de soporte posible. En segundo lugar, los alumnos deben trabajar de forma cooperativa en equipos que desarrollan un mismo proyecto durante todo el curso [12]. No nos referimos al desarrollo puntual de un trabajo en grupo con poca incidencia en la calificación final. Se trata de un trabajo que será la base de su evaluación y que les obligará a cooperar con un grupo de compañeros de forma estrecha y estable durante todo el periodo lectivo de la asignatura. Esto involucra al profesor en labores de creación, seguimiento y gestión de grupos [5].

La evaluación difiere de la tradicional, pero también de una evaluación continua basada en un conjunto de tareas o controles. Se han incluido entrevistas con los grupos, entrevistas personales, petición de tareas a los equipos establecidos, informes de actividad, etc. Al mismo tiempo una tarea muy importante para el docente es la necesidad de distinguir certeramente el trabajo que cada miembro del equipo ha realizado para la consecución del producto final. Esta tarea en nuestro caso ha conducido a la realización de una aplicación web que permite obtener informes de actividad adaptados a nuestro entorno específico.

Por otra parte, pensamos que es prácticamente inviable llevar a la práctica esta propuesta de innovación sin el apoyo de las herramientas propias de la enseñanza virtual [3, 10]. En particular, empleamos todas las facilidades de la plataforma Moodle del Campus Virtual de la Universidad de Málaga para la organización de asignaturas y alumnos por grupos. Entre estas facilidades destacamos el uso de foros generales del curso y específicos para temas o grupos, tareas para las entregas, cuestionarios para las encuestas a los alumnos y glosarios para el desarrollo de páginas de ‘preguntas frecuentes’.

2. Contexto

Esta experiencia se ha desarrollado en el marco de la E. T. S. I. de Informática de la Universidad de Málaga, en la que hay matriculados unos tres mil alumnos. En particular las asignaturas implicadas son : Ingeniería del Software de Gestión (de tercer curso de I.T.I. de Gestión, con 100 alumnos), Sistemas de Información (optativa de segundo ciclo de I. Informática, con 25 alumnos), Laboratorio de Bases de Datos (optativa de primer ciclo, común a las tres titulaciones, con 80 alumnos) e Ingeniería del Software (optativa de I.T.I. de Sistemas, con 25 alumnos).

Por otra parte, los autores cuentan con la experiencia docente de varios años impartiendo asignaturas afines a las materias de ingeniería del software, sistemas de información y bases de datos. Además, han participado en cinco proyectos de innovación educativa relacionados con este tema, que han permitido contrastar los beneficios de esta metodología.

3. Método de aprendizaje basado en el trabajo cooperativo

El objetivo principal de esta metodología docente es la implicación del alumno en una tarea de desarrollo cuasi-real de software. Se trata de implicar al alumno en su propio aprendizaje aplicando estrategias constructi-

vistas [2]. Para ello, como ya se ha comentado, se ha diseñado una docencia basada en el aprendizaje cooperativo [4, 9], encuadrando a los alumnos en grupos de cuatro o cinco componentes que desarrollan un proyecto a lo largo de todo el curso. Esta metodología de aprendizaje es reconocida por diversos autores como especialmente adecuada para materias técnicas [6] y está siendo puesta en práctica en diferentes universidades españolas [1, 7].

El proyecto que deben realizar nuestros alumnos requiere la elaboración de diferentes actividades y, por tanto, sus componentes asumirán diferentes papeles durante el curso. Esto es especialmente adecuado para la evaluación de experiencias piloto de EEES, pues uno de sus objetivos es propiciar actividades que permitan valorar las diferentes capacidades del alumno. Dichas actividades son descritas a principio de curso y se establece una planificación temporal firme con ellas, siendo uno de los objetivos de la experiencia incentivar en el alumno una planificación de un trabajo de volumen medio. Todas las actividades son obligatorias y desarrolladas por la totalidad del equipo. A continuación describimos las actividades incluidas en esta experiencia.

Organización colaboradora. Con la suficiente antelación, los profesores participantes en la experiencia contactamos con varias organizaciones candidatas. Una vez analizadas atendiendo a diferentes criterios (disponibilidad, tamaño, facilidades en la cesión de documentación, etc.), seleccionamos la más adecuada. En este punto es muy importante la estimación por parte de los profesores de la cantidad de esfuerzo requerido por el proyecto. Habitualmente nos basamos en técnicas de estimación (número de clases, número de casos de uso, etc.) y en la propia experiencia del profesorado. También procuramos que el problema a resolver no requiera excesivo conocimiento experto del ámbito de trabajo de la organización, de forma que el proyecto pueda ser desarrollado con la formación que ya tienen los alumnos y con la que adquieren en las asignaturas implicadas en la experiencia.

En este punto hemos de indicar que la participación de la empresa en esta experiencia no es costosa para ella: sólo se le solicita tiempo para las entrevistas previas con los profesores y para las dos sesiones posteriores con los alumnos descritas en el apartado de Análisis de requisitos, así como para la resolución de dudas (filtradas por los profesores) que se comentan en ese mismo apartado. También se le pide que facilite el material de soporte que se describe en el siguiente apartado.

Es importante resaltar que la colaboración por parte de las organizaciones es totalmente gratuita, ya que no obtienen ningún tipo de beneficio económico, y las aplicaciones desarrolladas por los alumnos no han sido implantadas en ningún caso. A pesar de esto, hemos de destacar que hasta ahora no hemos encontrado problemas para localizar empresas con ganas de colaborar en experiencias de este tipo y hemos de agradecer esta predisposición.

Nos gustaría insistir en que el software desarrollado por los alumnos responde a problemas reales. En los cursos anteriores y en el actual se han desarrollado los siguientes sistemas para:

- Gestión de compras y ventas de una empresa de distribución de material eléctrico.
- Control de la alimentación y medicación en una residencia de la tercera edad.
- Gestión de clientes y casos en un bufete de abogados.
- Gestión de socios y actividades de una ONG (Ingeniería sin Fronteras).
- Mantenimiento de sistemas para EPES (Empresa Pública de Emergencias Sanitarias de Andalucía).

Material de soporte. Los profesores nos desplazamos a la organización seleccionada y procedemos en primer lugar a delimitar el ámbito del proyecto y su entidad. A continuación recogemos copias de los documentos implicados en dichos requisitos, fotos y vídeos de

la sede de la organización. Todo ello se ubica en páginas web del Campus Virtual accesibles (únicamente) por los alumnos.

Formación de grupos. Los alumnos forman grupos de cuatro o cinco componentes. Se presta la ayuda por parte del profesor de un foro donde los alumnos pueden presentar grupos incompletos y que precisan algún componente más. Pasado el tiempo límite para esta tarea, el profesor completa los grupos, añadiendo a los alumnos que no se han integrado en ningún equipo de trabajo.

Creación de una empresa. Una vez creado el grupo se pide a los alumnos que den una imagen corporativa al mismo. Se les proporciona espacio web para alojar páginas estáticas y así se publicita cada grupo. El objetivo de esta tarea no es demostrar los conocimientos de informática, sino adentrarse en el mundo del diseño web: creación de imagen corporativa (logotipo, nombre, colores identificativos, etc.). Esta tarea requiere en general la búsqueda de fuentes de información adicionales por parte de los alumnos.

Análisis de los requisitos. Uno de los dos pilares sobre los que se asienta la experiencia es el acercamiento de los alumnos a un problema real mediante la recreación de la entrevista en el aula. Dado que la organización presenta el problema de forma directa e interactiva, los alumnos no disponen de un pliego de requisitos donde se especifique exactamente el contenido y funcionalidades de la aplicación que deben desarrollar. Esto obliga a los alumnos a acudir a esta presentación y a realizar un estudio previo de la documentación aportada por la organización (documentos, fotos, vídeos, etc.). La entrevista y el posterior diálogo se graban y quedan a disposición de los alumnos en el Campus Virtual para su consulta y análisis.

Una vez realizada la entrevista con la organización colaboradora, el resto de la información necesaria para completar la captura de requisitos es solicitada por los alumnos a través de un foro creado a tal efecto en el Campus Virtual. Las cuestiones no resueltas en el foro son filtradas y recopiladas por los profesores

y transmitidas a las personas de contacto de la organización. Las respuestas generadas son incluidas posteriormente por los profesores en un glosario de *preguntas frecuentes* también en el Campus Virtual.

Modelado del problema. Tras la fase de captura de requisitos, cada grupo ha de reunirse para poner en común las diferentes aproximaciones y realizar los modelos del problema. El modelado se plasma en documentos siguiendo metodologías de desarrollo de *software*, basadas en UMLy el modelo Entidad/Relación.

Desarrollo de prototipos. Como primera aproximación al problema los alumnos realizan un prototipo de la aplicación, aunque sin funcionalidad real, centrando el trabajo en la interfaz del producto. Esta tarea permite a los grupos concentrarse en la búsqueda de una interfaz completa y amigable para el usuario.

Desarrollo de aplicaciones. ésta es, junto con el modelado, la actividad central de las asignaturas involucradas en la experiencia. Cada grupo ha de desarrollar en su totalidad una aplicación que cubre el problema presentado por la organización. Para la realización de la tarea, los alumnos utilizan los conceptos introducidos en las clases de teoría, donde ponemos especial énfasis en orientar los contenidos a su uso directo en la práctica. Al igual que el proceso de desarrollo en la vida real, se establecen varias fechas de entrega, iterando el proceso de desarrollo de modo que cada entrega extiende las funcionalidades de la anterior, hasta llegar al producto final.

Memoria descriptiva. Al finalizar el curso, cada grupo elabora una memoria donde se describe el trabajo realizado. Además de reunir la documentación de modelado y el código, se le pide al grupo que comente brevemente aquellos aspectos más destacados de su trabajo. Creemos que esta dimensión es especialmente importante, pues hace que el alumno, al final de un trabajo de medio alcance como éste, haga autocrítica de su resultado.

Presentación pública. Como última tarea, cada grupo hace una exposición de su proyecto. El objetivo de esta tarea es doble. Por un

lado resulta importante para un ingeniero en informática aprender a presentar en público productos y soluciones propias. Pero también es interesante que todos los alumnos tengan la oportunidad de conocer las soluciones de todos los grupos, adquiriendo así una visión comparada del resultado de su propio trabajo.

Estas exposiciones sirven para seleccionar tres trabajos, elegidos por los alumnos mediante votación. El objetivo es añadir a la evaluación académica una evaluación de competencias profesionales del trabajo realizado. Así, en la evaluación académica se deben considerar los conocimientos con la tecnología y conceptos propios de los contenidos de cada asignatura. Sin embargo hay elementos muy importantes como el aspecto general de la aplicación, su funcionamiento, la calidad de la exposición, etc. que tienen un papel importante desde el punto de vista de un ejercicio profesional (aunque, como en este caso, sea simulado).

Los tres trabajos seleccionados son presentados a un tribunal que otorga una ‘mención de calidad’ al mejor proyecto del curso. El tribunal está formado por un profesor no involucrado en la experiencia, un profesional del mundo de la informática y un responsable de la organización que ha sido objeto de estudio.

4. Evaluación del alumno

En los apartados anteriores se han expuesto los aspectos de este trabajo relacionados con el método docente y las actividades de aprendizaje. Sin embargo, aún queda un elemento no menos complejo por describir: la evaluación del alumno.

Como se puede deducir por lo expuesto en secciones anteriores, el docente tiene una visión bastante profunda de la marcha del aprendizaje de cada uno de los grupos, pero el principal escollo es llevar esa evaluación general del trabajo de cada grupo a una evaluación personalizada para cada alumno. Para ello usamos tres métodos complementarios

que hemos podido contrastar con gran éxito:

Informes personales. Tras cada entrega, se solicita a los alumnos la redacción de un informe obligatorio personal sobre la marcha del grupo y la implicación de todos sus componentes en la tarea que se ha entregado. En dicho informe el alumno introduce una autoevaluación de su trabajo y una evaluación individual de cada uno de sus compañeros de grupo. Para la realización de dichos informes, se ha desarrollado una aplicación web que facilita tanto la introducción de informes como su análisis posterior por parte de los docentes. Dicha aplicación ha sido desarrollada usando el Web Tool Kit de Oracle y es accesible por internet. Se solicita además a cada alumno que evalúe la implicación de sus compañeros en el grupo (con rango predeterminado), el tanto por ciento de trabajo realizado y un texto de información libre. En <http://enciso.lcc.uma.es/informes> puede verse un recorrido de dicha aplicación.

Entrevistas de grupos. Periódicamente, el profesor realiza una entrevista con los integrantes de cada grupo, en la que se hace uso de la información aportada por los informes personales. El contenido de la entrevista tiene dos partes bien diferenciadas. En la primera parte el profesor realiza preguntas a cada componente pidiendo que responda a alguna cuestión relacionada con el contenido de las entregas y en la segunda etapa se plantean cuestiones generales sobre la marcha del grupo, la forma de trabajo, la coordinación, etc.

Prueba de contraste. Como medio complementario, realizamos una prueba práctica sobre los conocimientos de cada alumno. ésta consiste en plantear una extensión de la aplicación realizada. En dicha prueba, realizada en el laboratorio docente, el alumno puede hacer uso de todo el material desarrollado y dispone de libre acceso a Internet. La idea es recrear el proceso de trabajo personal que ha llevado durante el curso y plantear una cuestión nueva, pero dentro del ámbito del trabajo del curso.

5. Resultados

Esta experiencia ha demostrado ser un método muy eficaz para cubrir un hueco formativo en el currículo del ingeniero en informática como es la aproximación al desarrollo real de software. Además de este objetivo inicial, hemos cubierto otros objetivos paralelos no menos importantes relacionados directamente con las asignaturas involucradas, a saber:

- **Motivación del alumno.** Hemos observado que con este planteamiento ha aumentado la motivación del alumnado. El problema real planteado le ha supuesto un reto interesante que, si bien le exige un mayor trabajo durante curso, aumenta su vinculación con la asignatura. Esta motivación ha quedado patente en la alta participación del alumno en todas las fases de la experiencia: entrevista con la organización, consultas en tutorías relativas al problema planteado, descarga del material docente, participación en el Campus Virtual, etc.
- **Compleción del problema.** Habitualmente las experiencias llevadas a cabo en cursos anteriores usando el método clásico de la descripción textual cercenaba ciertas parcelas del problema planteado, lo que hacía que la utilidad del mismo se viera limitada. Nuestro planteamiento ha permitido recrear realmente la organización y esto ha permitido que el desarrollo de las asignaturas sea muy satisfactorio pues todos los conceptos planteados se relacionan naturalmente con el problema a resolver, convirtiéndolo así en eje principal de la asignatura y no en mero añadido.
- **Aumento de la calidad del aprendizaje.** Si bien es cierto, como se comentará más adelante, que el alumnado ha considerado que la cantidad de trabajo se ha visto aumentada por la aplicación de esta experiencia, hemos de destacar que también ha aumentado la calidad del softwa-

re desarrollado por los alumnos respecto a años anteriores.

En definitiva, la conclusión global de los resultados del proyecto es muy positiva, y como prueba definitiva de ello disponemos de un estudio de las calificaciones obtenidas por los alumnos en las diferentes asignaturas implicadas. Nos gustaría destacar el alto porcentaje de sobresalientes (23,91 %), un claro indicador de la alta implicación de un porcentaje elevado de alumnos en las asignaturas, así como el reducido porcentaje de suspensos (8,70 %). Estas calificaciones podemos considerarlas excelentes si las comparamos con los resultados medios en las titulaciones de Informática en la Universidad de Málaga.

Al finalizar el curso planteamos a los alumnos una encuesta para valorar diferentes aspectos relacionados con la formación recibida en las asignaturas objeto de esta experiencia. A continuación resumimos las conclusiones más relevantes de los resultados de las encuestas:

- Más del 81 % por ciento de los alumnos da un valor de satisfecho o muy satisfecho como valoración general del proyecto.
- El 100 % de los alumnos considera la iniciativa interesante y cree que debe repetirse en cursos posteriores.
- Más del 80 % de los alumnos se ha visto más motivado, y más del 94 % cree que este proyecto le ha servido para aprender más, aspecto que en definitiva es el objetivo final de cualquier actividad docente.

Por otra parte, esta valoración positiva queda corroborada por las propias opiniones de los alumnos manifestadas a través de encuestas anónimas:

- *“La documentación en formato MP3 ha sido muy necesaria, porque en la entrevista no me enteré de todo y sin esto no hubiera podido hacer la práctica”.*
- *“Esta forma de presentar la asignatura ha hecho que me motive mucho más y, por*

tanto, que aprenda muchísimo, aunque es verdad que quita mucho tiempo para la cantidad de asignaturas que tenemos. En resumen, creo que lo mejor sería que hubiera menos asignaturas por curso y la política de llevarlas a cabo fuera como esta asignatura”.

- *“Me parece muy interesante este método de trabajo ya que nos ha acercado al problema que supone tratar con el personal de la empresa y ver los problemas y dudas que pueden surgir en un trabajo real”.*
- *“Me ha parecido una asignatura muy importante, ya que las asignaturas que hay en la carrera son demasiado teóricas.”*
- *“Creo que he adquirido muchos conocimientos y muy buenos, de los que me van a servir en un futuro”.*
- *“Si llegáis al final no es que os sentiréis realizados es que comprenderéis por qué os matriculasteis en una carrera de Informática. Yo he comprendido perfectamente por qué me matriculé”.*
- *“Pues la verdad es que les diría a los futuros alumnos que se preparen para trabajar mucho, y que empiecen cuanto antes para que no les pase como a nosotros. Pero también que se aprende mucho y que es una asignatura de las más bonitas de la carrera, y sobre todo de las que más se aprenden cosas que sirven de verdad en el futuro. Si el alumno tiene ganas de trabajar, pues que la coja que le va a servir seguro en un futuro todo lo aprendido”.*

En estas opiniones se observan las dos caras de una misma moneda: el alumno aplica de forma directa los conocimientos prácticos y esto le hace elevar su interés por la asignatura, pero se le requiere un trabajo continuado durante todo el curso que, en ocasiones, es considerado como excesivo por parte de algunos alumnos.

6. Conclusiones

En este artículo se ha presentado una metodología docente que fomenta la implicación directa del alumno en su propio proceso de aprendizaje, mediante su participación en un equipo de trabajo cuyo objetivo es el desarrollo de un software que solucione una necesidad real, de forma bastante similar a como se lleva a cabo en el entorno empresarial, destacando el papel jugado por un cliente real.

Es habitual en este tipo de experiencias que la carga de trabajo para el alumno sea excesiva, como se trasluce de las opiniones vertidas por los alumnos. Sin embargo, esta metodología hace que el alumno perciba claramente el resultado de su esfuerzo, lo que hace que éste sea mayor que el dedicado a otras asignaturas. En muchos casos, además, la dinámica en la que entran los propios equipos, por la competitividad existente a varios niveles, hace difícil limitar el tiempo dedicado, lo que lleva a que en muchas ocasiones a que éste sea mayor que el estimado por el propio profesor.

Aunque la carga real de trabajo requiere un estudio profundo de sus causas y medidas a adoptar, hemos puesto en práctica algunas soluciones para reducirla, si bien éstas son sólo primeras aproximaciones. Entre ellas destacamos dos: en primer lugar hemos comenzado a reducir las clases presenciales (hasta de un 10%) para favorecer el trabajo de los grupos, especialmente en fechas cercanas a las entregas, donde las reuniones de éstos se hacen más necesarias. Como segunda medida hemos implantado esta metodología, con el mismo problema de partida, en varias asignaturas que el alumno puede cursar simultáneamente para rentabilizar el tiempo de análisis del problema.

En este sentido, para calcular la carga de trabajo del alumno, cada estudiante debe estimar el número de horas que ha dedicado al trabajo e incluirlo en los informes periódicos. Esta recopilación permite planificar las tareas de los alumnos adecuando la intensidad de trabajo, y analizar los resultados para tomar medidas correctoras en cursos posterior-

res. Sin embargo, por ahora, no hemos cuantificado formalmente el esfuerzo que le supone al profesor la aplicación de esta metodología didáctica. Esta tarea queda fuera del ámbito de este trabajo, pero los profesores firmantes la contemplan como un trabajo futuro. La idea principal es que el profesor pueda indicar en la herramienta las horas dedicadas a la gestión y seguimiento de los grupos. Adicionalmente investigaremos si existe alguna relación entre el número de horas dedicadas por los alumnos y la calidad y/o calificación obtenida.

Finalmente, indicar que son varias las universidades que proponen asignaturas con algunas de las características que hemos presentado. No tenemos constancia, sin embargo, de ninguna en la que se llegue a la sofisticación de nuestra propuesta. En particular de ninguna donde se realice un proyecto real procedente de una empresa real, aunque sí que las hay en que se distinguen los roles de profesor y cliente, en ocasiones desempeñados por personas distintas. No es ésta, sin embargo, una cuestión que impida la implantación de la propuesta en otras universidades. De la misma forma que nosotros utilizamos empresas distintas en cada curso y hemos extendido la experiencia a diversas asignaturas, evolucionando con ellas y adaptándonos a las necesidades del momento, la propuesta podría ajustarse también a otras circunstancias.

Agradecimientos. Nos gustaría agradecer a la ETSI de Informática de la UMA por facilitar los recursos que han hecho posible esta experiencia, así como la financiación proporcionada por los proyectos de innovación educativa PIE06-082 y PIE07-045 de la UMA, y CIDUA-109 de la Junta de Andalucía.

Referencias

- [1] M. Bermejo and R. Fernández. Alumno Rupérez, está vd. despedido! *Novática: Revista de la Asociación de Técnicos de Informática*, 18:40–43, 2006.
- [2] J.G. Brooks and M.G. Brooks. The case for constructivist classrooms. *The Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD)*, 1999.
- [3] M. Choy, U. Nazir, C.K. Poon, and Y.T. Yu. Experiences in using an automated system for improving students learning of computer programming. In *Advances in Web-Based Learning ICWL 2005*, v.3583 in LNCS, pages 267–272. Springer, 2005.
- [4] R.M. Felder and R. Brent. *Cooperative Learning in Technical Courses: Procedures, Pitfalls, and Payoffs*. ERIC Document Reproduction Service, 1994.
- [5] R.M. Felder and R. Brent. Effective strategies for cooperative learning. *J. Cooperation and Collaboration in College Teaching*, 10(2):69–75, 2001.
- [6] D. Jonassen and L. Rorher-Murphy. Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology: Research and Development*, 46(1), 1999.
- [7] P. García López, J. Egea Payá, and E. Martínez Gracia. Experiencia interuniversitaria de prácticas en sistemas abiertos. In *Actas de JENUI 2004*, pages 281–287, 2004.
- [8] The Joint Task Force on Computing Curricula. Computing Curricula 2001. Computer Science. Final report, IEEE, ACM, 2001.
- [9] Dillenbourgn P. *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. Oxford: Elsevier, 1999.
- [10] R. Pastor, R. Hernández, S. Ros, and M. Castro. Especificación metodológica de la implementación y desarrollo de entornos de experimentación. *IEEE-RITA*, 1:27–36, 2006.
- [11] J. A. Senn. *Analysis and Design of Information Systems*. McGraw-Hill, 1992.
- [12] B. Teasley Mynatt. *Software Engineering with Student Project Guidance*. Prentice Hall, 1990.