

# Implementación European Credit Transfer System en un curso de Programación en Ingeniería

## European Credit Transfer System implementation in an Introduction to Programming Course for a Mechanical Engineering Degree

Antonio Souto Iglesias

*Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. Departamento de Enseñanzas Básicas de la Ingeniería Naval. Madrid, España*

José Luis Bravo Trinidad

*Universidad de Extremadura. Facultad de Ciencias. Departamento de Matemáticas. Badajoz, España*

*...para mí una buena escuela sería una escuela distinta, una escuela que tuviese un principio según el cual todas sus normas estuviesen enfocadas a mantener a tantos estudiantes como sea posible durante el mayor tiempo dentro del sistema.*

*Así, todo tendría que estar dirigido a hacer que los estudiantes participasen, que se sintiesen identificados con la escuela, que tuviesen la sensación de estar haciendo las cosas bien. Para mí una buena escuela es una escuela que mantiene a todos los alumnos trabajando, comprometidos y con la sensación de que no van a fracasar.*

Stephen Ball.

### Resumen

Los autores documentan en este artículo el proceso de adaptación a una metodología acorde con los créditos ECTS dentro de una asignatura de introducción a la Programación de ordenadores para ingenieros, equiparable a la que existe en los primeros cursos de las ingenierías superiores de corte más industrial (Ingeniería Industrial, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería de Minas e Ingeniería Naval y Oceánica). Para ese proceso de adaptación se han tomado como referencia los modelos de madurez del proceso

(CMM) de Ingeniería del Software y se han adaptado estos modelos, sustituyendo los procesos de elaboración de software por los formativos. Se documenta el proceso tratando de que éste sea repetible y sobre todo evaluable por agentes externos. Mientras que la mayoría de las experiencias de adaptación se centran en cuestiones relativas a la cuantificación del esfuerzo realizado por los estudiantes, en este caso se ha querido aprovechar esta oportunidad para realizar una transformación metodológica profunda, incorporando la evaluación a toda la intervención educativa. Se describe con detalle el tipo de evaluación realizada, la cual contempla la realización de un portafolio, el trabajo en grupo, la ponderación explícita de la participación y que no excluye por principio la posibilidad de aprobar sólo mediante un examen final. Se presentan resultados comparativos respecto a cursos anteriores, y correlaciones entre la evaluación ECTS y la basada simplemente en el examen. Los resultados son interesantes y sugieren que estamos cerca de completar el nivel Definido en la escala CMM.

*Palabras clave:* ECTS, MATLAB, CMM, modelos de madurez del proceso, evaluación centrada en el proceso, enseñanza de la informática, portafolio, portafolios.

### **Abstract**

In this article, a process of adaptation to an ECTS-type methodology is documented in the context of an introductory programming course for mechanical engineers, similar to the one that exists in the initial years of more industrially-oriented engineering degrees (civil engineering, construction engineering, aeronautical engineering, mining engineering, and naval architecture and offshore engineering).

For this adaptation process, Capability Maturing Models (CMM) from Software Engineering have been taken as moulds, adapting them by substituting software elaboration processes by pedagogical ones. The process is documented in a way that can be replicated and assessed by external consultants. While the majority of the ECTS adaptation experiences focus on quantifying the students' efforts, in this case, the authors have taken advantage of this opportunity to perform a profound methodological transformation, incorporating the assessment to the whole learning-teaching activity.

The assessment technique is described in detail and it comprises the compiling of a portfolio, group work and explicit student participation assessment. It does not exclude on principle the possibility of passing simply via a final exam. Comparative results with previous academic years are presented, as well as correlations between ECTS assessment and marks based on the final exam. Results are interesting, suggesting we are not far from completing the CMM defined level.

*Key Words:* ECTS, MATLAB, CMM, Capability Maturity Model, learner-centered assessment, programming teaching, portfolio.

## Introducción

### General

Este trabajo contextualiza, describe y analiza la experiencia de la conversión al sistema de créditos ECTS<sup>1</sup> de la asignatura *Lenguajes de Programación* (LP) del primer curso de la titulación *Ingeniero Naval y Oceánico* (INO) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). La asignatura es equiparable a las que existen en los primeros cursos de las ingenierías superiores de corte más industrial, en las cuales se introduce a los alumnos a la Informática y, en particular, a la Programación.

Existen algunas referencias respecto a procesos de adaptación similares llevados a cabo en el sistema educativo español (Álvarez, 2005; Arana et al., 2005; Fontenla y Hernández, 2006, 2006b; Sánchez-Marño et al., 2006) y en otros europeos que están sufriendo el mismo cambio (Pogacnik et al., 2004). Aunque la mayoría de estos trabajos se habían venido centrando en cuestiones relativas a la cuantificación del esfuerzo realizado por los estudiantes, en las ediciones más recientes de las Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI) podemos encontrar ya artículos que reflejan cambios metodológicos importantes en asignaturas de introducción a la Programación, aunque dentro de titulaciones en el ámbito informático. Así, podemos destacar el aprendizaje basado en problemas (García, 2005), el pair-programming (Clemente et al., 2005; Ibáñez y Navarrete, 2006) y el portafolios, exposiciones y debates (Gómez-Fernández et al., 2005),

Por otra parte, asignaturas análogas a la aquí estudiada, correspondientes a titulaciones no informáticas y que están sufriendo procesos de transformación con objetivos similares, no han publicado sus experiencias. Entre ellas destacan la asignatura *Programación y Métodos Numéricos* de la titulación de Ingeniería de Minas de la UPM, la asignatura *Fundamentos de Informática* de la titulación de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña en el campus de Barcelona, y finalmente la asignatura *Informática I* de la titulación de Ingeniería Industrial de la Universidad de Navarra.

### Modelo de cambio

Para el proceso de conversión que hemos realizado, se ha adoptado un enfoque que es común en Ingeniería del Software. En dicha disciplina existen métricas para cuantificar

---

<sup>(1)</sup> *European Credit Transfer System.*

el tiempo empleado y la dificultad de un programa, metodologías para el trabajo en grupo, modelos para la gestión de procesos, etc. Hemos utilizado algunas de esas técnicas, adaptándolas a la intervención educativa. En concreto, consideramos que el proceso de adaptación es equiparable a los modelos de madurez del proceso (CMM) de Ingeniería del Software (el proceso es toda la organización de la empresa usada para llevar a cabo un proyecto). En dicho modelo se establecen cinco niveles de madurez del proceso (Pressman, 2002):

- *Inicial*. Cada miembro de la organización trabaja individualmente, sin documentar lo que realiza.
- *Repetible*. Existe una documentación que cubre la planificación y los resultados obtenidos.
- *Definido*. Se documentan los objetivos y las actividades de gestión.
- *Gestionado*. Se recopilan medidas detalladas del proceso y de la calidad, se comprenden y se controla cuantitativamente el proceso.
- *Optimizado*. Mediante la retroalimentación cuantitativa del proceso, ideas y tecnologías innovadoras se posibilita una mejora del proceso.

Desde nuestra experiencia, la enseñanza universitaria se encuentra en el primer nivel del modelo ya que habitualmente existe una mínima documentación de las asignaturas y no se recogen apenas datos estadísticos. Además, en general, las intervenciones educativas son procesos no repetibles por no estar suficientemente documentadas, por lo que un profesor no puede impartir de modo similar la asignatura de otro.

En los modelos de madurez del proceso se insiste en que los niveles han de pasarse correlativamente. Por tanto, los créditos ECTS y las guías de la asignatura que se están potenciando para la adaptación al marco de la declaración de Bolonia<sup>2</sup> que esboza la filosofía del Espacio Europeo de Educación Superior, deberían pensarse como una documentación completa de la asignatura necesaria para llegar al nivel Repetible o Definido. Con este esquema, nosotros habíamos procedido en un primer curso a estimar los créditos ECTS de la asignatura y a elaborar una guía docente. En el segundo curso, documentamos la planificación e implantamos algunas mejoras metodológicas que nos parecieron apropiadas, estudiando

---

<sup>2</sup> Declaración de Bolonia. Declaración conjunta de los Ministros Europeos de Educación reunidos en Bolonia el 19 de Junio de 1999

su impacto en el desarrollo de la asignatura por parte de los alumnos, en su carga de trabajo y en la nuestra. Consideramos que estamos completando los pasos para llegar al nivel Definido, lo cual se refleja en una guía docente muy detallada, que podría considerarse casi un manual de calidad de la asignatura. En las secciones siguientes, describimos la implementación que hemos realizado del esquema anterior, mostramos los resultados obtenidos y comentamos los problemas encontrados.

## Contexto de la asignatura

La asignatura que hemos adaptado a la metodología ECTS es LP, obligatoria de primer cuatrimestre con 4,5 créditos, es decir, tres horas semanales de clase. Esta asignatura se imparte en el primer curso de la titulación de INO de la UPM. Durante el año académico 2005-06 tuvimos tres grupos de alumnos, dos de ellos (A, con horario de mañana y B, con horario de tarde) comenzaron el curso a finales de septiembre y el tercero (C), compuesto por los alumnos que aprobaron la selectividad en septiembre, comenzó el curso a finales de octubre. Los horarios también son heterogéneos: 1-1-1 para el A, 1-2, para el B y 2-2 para el C (una hora más a la semana para que al final todos reciban 45 horas lectivas). Del grupo A asistían a clase en torno a 50 alumnos, mientras que en el B lo hacían 35 y 20 en el C.

Siendo una asignatura de primer cuatrimestre, y contando con que la formación previa en Informática pueda ser muy pequeña, intentamos que la asignatura pudiese ser seguida por estudiantes sin ninguna formación en la materia. Además, como discutiremos con detalle más adelante, al no estar diseñados los planes de estudio ni las normativas de exámenes para evaluaciones centradas en el proceso, creímos conveniente mantener el examen final. Así, decidimos que todo alumno (siga ECTS o no) siempre tenga opción a que su nota sea la nota del examen final, de modo que la metodología ECTS sólo les repercutirá positivamente.

Finalmente, como un aspecto adicional para motivar que los estudiantes siguiesen el itinerario ECTS, se consiguió que la empresa SENER, una de cuyas líneas de negocio más importante es el desarrollo de software de apoyo en el proyecto de buques, *sponsorizase* un premio de 1.200 euros a la pareja que más progresase entre la nota ECTS obtenida en la asignatura y su nota media del bachillerato.

## Objetivos

Sin entrar en una taxonomía muy detallada de los objetivos docentes, como la que podemos encontrar en Rodríguez Diéguez (2002), describimos los aquí pretendidos como los habituales en un curso de introducción a la Programación para ingenieros (Ayala et al., 2003): Conocer de modo elemental el funcionamiento de un ordenador y la sintaxis de las instrucciones principales de un lenguaje de programación; adquirir competencias en la codificación de problemas sencillos y asumir actitudes positivas con respecto a la utilización de ordenadores; el trabajo en equipo; autocrítica; trabajo continuado, etc. Al profundizar en esta descripción general, nos propusimos que los objetivos fuesen lo suficientemente precisos como para que su consecución se pudiese evaluar de modo independiente. De este modo, en cada tema establecimos unos objetivos concretos que deberían poderse evaluar. Por ejemplo, ser capaz de escribir un algoritmo totalmente especificado que incluya condicionales y llamadas a otras funciones, emplear correctamente la instrucción «for», etc. Únicamente los objetivos actitudinales se han mantenido menos detallados por la componente de subjetividad que aparece en su evaluación.

## Metodología

### General

La Programación (sobre todo en un primer curso) es una actividad eminentemente práctica. Los conceptos teóricos que involucra son elementales y la mayor dificultad radica en comprender (incluso interiorizar) cómo comunicarse con el ordenador y detallar los algoritmos hasta el nivel que entiende la máquina. El estudio de todo ello desde el punto de vista psicopedagógico ha recibido abundante atención en los últimos años y un buen repaso de los trabajos más significativos fue realizado por Robins et al., 2003. Desde nuestro punto de vista, creemos necesario que los alumnos tengan un papel muy activo, experimenten, comprueben, corrijan, codifiquen algoritmos perfectamente descritos, estudien códigos ajenos, elaboren estrategias para solucionar problemas en las cuales deban utilizar ya pequeñas herramientas previamente

desarrolladas, etc. Para ello, las clases se desarrollaron íntegramente en el aula de ordenadores, sin separación de horarios entre parte teórica y práctica. Así los conceptos se introducían poco a poco y se iban trabajando y probando en los ordenadores para facilitar su asimilación.

## Organización docente

Cada unidad didáctica sigue un esquema concepto-ejemplo-ejercicios/problemas. Normalmente se trabajan uno o dos conceptos de Programación en cada unidad didáctica (contadores y bucles «for», por ejemplo), los cuales se introducen primero formalmente y después mediante un ejemplo, con el que comienzan a practicar los alumnos. Posteriormente, se presentan nuevos ejemplos y se muestran otros usos habituales del mismo concepto, relacionándolos además con otros elementos estudiados anteriormente. A continuación se trabajan estas ideas resolviendo problemas de un guión de prácticas. Normalmente al final de cada sesión, los estudiantes exponen sus soluciones de los problemas más interesantes y se discuten y mejoran esas soluciones. El ritmo de avance se calcula para que a los alumnos les dé tiempo a codificar, más o menos, la mitad de los ejercicios propuestos en clase, quedando como actividad fuera de clase la resolución del resto de los ejercicios, problemas y la elaboración de la hoja semanal del portafolios (PF), el cual está descrito con más detalle en la sección de evaluación, al ser un componente fundamental de la misma.

Por cada concepto introducido se trabajan cuatro o cinco ejemplos. Se pretende que en cada uno de estos ejemplos aparezca un uso habitual del concepto introducido. Se trata de que los estudiantes asimilen bloques con un sentido concreto, contruidos con los elementos básicos de Programación. A menudo, en los cursos de Programación, se introducen sólo los elementos de Programación y se supone que el alumno aprenderá a integrarlos por sí mismo. Sin embargo, muchas aplicaciones de esos elementos son estándares en la programación (por ejemplo, el uso de contadores, un bucle «for» y un condicional para escoger elementos de un vector distribuidos aleatoriamente, crear un vector mediante un contador, etc.) y una vez el alumno se ha familiarizado con ese uso consigue una mayor agilidad a la hora de programar.

Para las prácticas, los alumnos se disponían de dos en dos, aplicando la metodología «pair-programming», que detallaremos más adelante. Además, cada alumno llevaba un PF con el que mantenía un control del tiempo de trabajo empleado, planificaba su estudio, e incluía los ejercicios resueltos más interesantes o propuestas de nuevos

ejercicios. El PF permitió también a los profesores estimar la carga de trabajo de los alumnos y, comparando los tiempos que ellos registraban en el PF con la evolución que observamos en clase, pudimos validar dichas estimaciones, con lo que consideramos que la estimación final de tiempos fue bastante ajustada.

Para la evaluación, se consideró la participación en clase y en una encuesta y debate sobre la asignatura, la elaboración del PF, un examen por grupos y un examen final.

En los grupos A y B, en todo momento hubo dos profesores en el aula, pues mientras uno desarrollaba la explicación teórica, el otro ayudaba a los alumnos que tenían problemas con el ordenador para que no se quedasen atrás, o realizaba tareas de corrección del PF. Por el número de alumnos (40 de media en estos grupos), también era necesario que los dos profesores ayudasen mientras ellos estaban trabajando, ya que los alumnos tienden a pararse cuando no saben cómo resolver un problema y con un solo profesor el tiempo medio de espera era excesivo.

En general, incorporar todos estos ítems a la evaluación supuso un aumento importante de la carga de trabajo por parte de los profesores: La corrección de los PF fue el elemento que más contribuyó a ese aumento de trabajo, aunque la preparación y corrección de las pruebas adicionales por grupo también requirió un tiempo extra. A estas dos causas mayores hay que sumar la gestión de todos los ítems (participación, encuesta, etc.), la publicidad que hay que dar a los mismos, etc. No es muy difícil estimar grosso modo la cantidad de tiempo-trabajo extra a partir de estas consideraciones, aunque un análisis detallado en nuestro caso creemos que justifica un estudio específico que escapa un poco a los objetivos de este artículo. Este estudio está estrechamente relacionado con la forma de abordar los cursos sucesivos, algo que creemos interesante y que esperamos documentar en un trabajo posterior.

## Lenguaje

El lenguaje elegido para la implementación de ejemplos y ejercicios fue el lenguaje «script» de MATLAB (o su versión libre Octave). Esta elección se debió a varios motivos: en primer lugar, MATLAB es un entorno de cálculo que los estudiantes usarán a lo largo de la carrera y probablemente después en su vida profesional. Por otra parte, es un lenguaje completo; tiene todos los elementos de un lenguaje de programación, con una sintaxis similar al C pero con la simplicidad del Basic. Comprobamos en cursos anteriores que al utilizar un lenguaje como C, los alumnos dedicaban la mayor parte del tiempo a la corrección de errores de sintaxis y a la declaración de variables,



reserva de memoria, etc., teniendo poco tiempo para comprender el funcionamiento de las estructuras de datos o de control del flujo del programa. En este sentido, el lenguaje MATLAB se acerca al pseudocódigo usado en muchos cursos de Programación, pero con la ventaja de poder ejecutar los programas creados.

Hasta el curso 2004-05 habíamos empleado la organización curricular usual en un curso de Programación (comenzando por la entrada y salida y el programa «Hola mundo»). Sin embargo, a partir del curso 2005-06 nos decidimos por una estructura similar a la programación funcional, comenzando por el concepto de función y estudiando la entrada y salida casi al final. La ventaja de este enfoque es que los alumnos comienzan por los conceptos fundamentales (funciones, estructuras de control y vectores). Como el aprendizaje es continuo, añadiendo sucesivamente nuevos conceptos y estructuras, conseguimos que al final estuviesen más familiarizados con las estructuras esenciales de la Programación. Esto es posible porque MATLAB proporciona una interfaz estándar para las funciones y desde la línea de comandos es posible ejecutarlas directamente.

Para fomentar el trabajo en grupo, propusimos a los alumnos que usasen la técnica «pair programming» de la metodología «extreme programming» (Beck y Fowler, 2000). Esta metodología de Programación, usada en empresas muy dinámicas, distribuye la programación en parejas (la misma organización que existe en el aula). Cada pareja trabaja conjuntamente en un ordenador, uno piensa el programa (diseña) y el otro lo escribe en el ordenador (codifica), tratando además de encontrar posibles fallos (verificación). Al finalizar cada función o rutina, intercambian los papeles. Esta técnica permite que el conocimiento y la experiencia se distribuyan de manera más equitativa entre los integrantes de la pareja, lo que es deseable con vistas al examen final.

## Cuantificación del esfuerzo

Para medir la carga de trabajo de los alumnos, además de la información obtenida con el análisis de los PF (véase el apartado *Portafolios [PF]*), hicimos una encuesta al final de la asignatura. El tiempo de trabajo medio empleado por los alumnos que rellenaron la encuesta (62) fue de aproximadamente 75 horas, dividido en 40 horas de clase, 25 horas de trabajo individual fuera de clase, 5 horas de trabajo en grupo fuera de clase y 5 horas rellenando el PF. Además, entre los alumnos que rellenaron la encuesta, la media de horas dedicadas y su distribución fue la misma entre los alumnos aprobados y los suspensos.

Si de los alumnos que contestaron la encuesta sólo contamos los que llevaron un control de tiempos en el PF (19 aprobados y 20 suspensos), entonces la media pasa a ser de 85 horas para los aprobados y 80 para los suspensos. En comparación, en el curso anterior, sin metodología ECTS, la media de horas de los aprobados fue prácticamente la misma y la media de los suspensos fue de 55 horas.

## Evaluación

### General

La evaluación cumple con varios objetivos (Black, 1998), que podemos clasificar como: formativos, sumativos, discriminativos, mejorar el aprendizaje a través de la corrección de errores, los referidos a la certificación de competencias y selección, y finalmente los correspondientes al control de las instituciones educativas a través de la publicación y comparación de resultados. En este artículo nos referimos sobre todo a la evaluación de los aprendizajes, y por tanto, nos quedamos en los tres primeros objetivos.

La Programación de ordenadores a nivel básico es una disciplina extremadamente progresiva en lo que se refiere a la introducción de los diferentes conceptos e ideas. El estudiante que entiende lo que se explica el último día de clase es porque ha entendido todo lo anterior. Esta reflexión invita a un método de evaluación también progresivo en el que el aprobado se consiga cuando el estudiante sepa manejar con soltura una parte significativa de los elementos de programación que se han estudiado en el curso. Para ello, ha de ser capaz de manejar formas estándar de entrada y salida de datos, las estructuras de control más sencillas, la modularización que supone la utilización y definición de funciones y el manejo de «arrays» de datos al menos unidimensionales.

Además, esta disciplina tiene una parte práctica que es fundamental evaluar. La división de los problemas hasta poder escribirlos en un código que pueda entenderlo el ordenador y su escritura en un lenguaje con una sintaxis formal son una parte esencial de la Programación y por tanto, de alguna forma hay que comprobar que el estudiante ha sido consciente de eso y ha elaborado metodologías y aprendido técnicas que le permitan abordar estos procesos. Con todo esto en mente, elaboramos una

estrategia de evaluación centrada en el proceso (Bordas y Cabrera, 2001), que formó el núcleo de la transformación que recibió el curso para adaptar esta materia al sistema de créditos ECTS, y que constó de los elementos descritos en los siguientes apartados.

## Portafolios (PF)

Antes de hablar del PF como una herramienta de aprendizaje y evaluación, conviene delimitar el concepto de un modo preciso. Para ello, retomaremos la definición de Arter y Spandel, referida por Klenowski (2004) en su estupendo estudio sobre la materia:

...una colección de trabajos del estudiante que nos cuenta la historia de sus esfuerzos, su progreso y logros en un área determinada. Esta colección debe incluir la participación del estudiante en la selección del contenido del portafolio, las guías para la selección, los criterios para juzgar méritos y la prueba de su autorreflexión.

No hemos encontrado mucha literatura sobre la utilización del PF en niveles de educación universitaria (Snadden y Thomas, 1998; Williams, 2002), a veces no muy alentadora (Erice, 2005; Gardner, 1991), y muy poca respecto a experiencias en el sistema universitario español (Erice, 2005). Sin embargo, animados por la filosofía de base, la hemos incorporado a la evaluación que hemos utilizado en LP.

El PF consistió en una carpeta donde los alumnos incluían el control de tiempos diario y en la que además les pedíamos que reflexionasen sobre su aprendizaje esa semana (con preguntas como «¿Cuál ha sido el concepto fundamental estudiado?» o «¿En qué crees que deberías mejorar?»), les pedíamos también que eligiesen e incluyesen resuelto el ejercicio que les hubiese resultado más interesante y finalmente, que planteasen un problema al que poder aplicar los conceptos aprendidos. Uno de los objetivos del PF era fomentar el trabajo continuado y la autocritica. Por ello, el PF se les solicitó de forma aleatoria cinco veces durante el curso y se calificó con hasta cinco puntos el tenerlo al día, completo (incluyendo las reflexiones sobre su trabajo semanal, qué problemas había encontrado y su planificación) y con hasta cinco puntos los apartados en los que incluían el ejercicio resuelto más interesante y proponían un ejercicio usando esos conceptos. La calificación final del PF fue la media de las obtenidas en esas cinco veces. Caso de que no estuviesen en el aula cuando se les solicitase y no pudiesen justificar la falta, la calificación correspondiente a ese día pasaba a ser un cero.

No por el hecho de introducir el PF, la evaluación dejó de ser sumativa. La nota del PF tuvo un peso determinado dentro de la nota total, la cual no se obtuvo exclusivamente a partir de una evaluación del mismo, como sí sucede en otros ámbitos (Klenowski, 2003). Además, y dado que ese peso numérico fue relativamente bajo (15%), creemos que pudo inducir a estrategias por parte de los estudiantes para dejar de lado esta parte del trabajo por considerar que su impacto final iba a ser pequeño, siendo sin embargo el esfuerzo para conseguir una buena nota en el PF muy grande. Inclusive, en la encuesta final, la valoración que los alumnos creían que debía tener el PF incluso era menor (11%), lo que puede ser interpretado como que entendían que esa parte de la nota era demasiado grande por su dificultad y que convenía minimizarla para incrementar las posibilidades de conseguir el aprobado. La otra interpretación es que no juzgaban el ejercicio del PF como formativo y por tanto, creían que su peso en la evaluación debía ser pequeño, en la línea expresada por Gardner (Gardner, 1991), que sugiere que en niveles universitarios, los estudiantes llevan los PF de modo implícito.

Aunque no tenemos conclusiones firmes al respecto, creemos que el PF sirvió para potenciar la actitud reflexiva hacia todo el proceso de aprendizaje y que el estudiante tuviese una realimentación casi continua de cómo iba ese proceso. Sin embargo, el impacto real de estas dos ideas en la nota final, a través del PF quizá no fue lo suficientemente grande como para motivar en esa dirección. Además, como indica Dewey (1971), pretendíamos que la realización del PF fuese un «factor de actividad», motivar a la realización de las diferentes tareas olvidando el examen final, al cual siempre tienen derecho, y que se constituye como una vía de escape que siempre está ahí, sobre todo cuando el trabajo se acumula. Otro aspecto interesante del PF para los créditos ECTS es que permitió tener una estimación de la carga de trabajo del alumno muy fiable.

## Trabajo en equipo

Como la distribución en el aula es en grupos de dos personas, consideramos que debíamos fomentar la cooperación y coordinación entre los elementos de la pareja. Para ello, propusimos la técnica «pair programming» (Beck y Fowler, 2000), como mencionamos en la sección anterior. Además, para comprobar dicha cooperación, un 20% de la calificación ECTS final consistió en un examen por grupos. Dicho examen no fue anunciado con antelación para fomentar que las parejas asistiesen con regularidad (pues había de hacerse obligatoriamente en pareja), que no interfiriese con otras asignaturas y que el estudio fuese continuado. Apenas hemos encontrado

en la literatura referencias a la evaluación de trabajos continuos realizados en grupos (Adiego y Vivaracho, 2005; Erice, 2005). En la mayor parte de los casos las técnicas proceden del entorno del Aprendizaje Cooperativo (Adiego y Vivaracho, 2005), y se basan a menudo en una selección al azar de determinados grupos para que en un tiempo limitado, alguno de sus miembros, también seleccionado al azar, presente los trabajos de ese grupo. Entre estas aproximaciones está la documentada por Sánchez Maroño et al. (Sánchez Maroño et al., 2006) dentro de una asignatura similar a la aquí documentada. Dado que nosotros queríamos incorporar el trabajo en equipo a todo el proceso, pensamos que un examen sorpresa por grupos podía servir a nuestros objetivos.

El examen por grupos consistió en varios ejercicios cortos, de una dificultad acorde con el nivel impartido hasta el momento. Una de las ventajas de este tipo de examen es su simplicidad, ya que no conlleva cambios en la organización del aula y se puede implementar en una clase normal. Sin embargo, hay varios problemas con esta estrategia. En primer lugar, los alumnos a los que les falla su pareja (aunque sea por razones de fuerza mayor) quedan discriminados. Otro problema es que no se obliga a utilizar estrategias de grupo, es decir, puede que un miembro de la pareja haga todo el examen mientras el otro sólo observa. Aun así, nuestra experiencia fue bastante positiva, pues apenas hubo parejas en las que faltase sólo uno de sus miembros y las parejas, en general, funcionaban como tales, discutiendo cada problema conjuntamente. La impresión que obtuvimos fue que disfrutaron enormemente con este examen. El bullicio en el aula era muy intenso. En este sentido, la experiencia es muy valiosa, porque como indica Gardner (1991), en la mayor parte de los casos, la evaluación está asociada a sufrimiento, y en este caso, fue una experiencia muy divertida.

Hay otras competencias que se pueden trabajar específicamente mediante el trabajo en grupo, las cuales tienen que ver con técnicas de resolución de conflictos, reparto equilibrado de tareas, etc. Desde la modestia de una asignatura cuatrimestral del tamaño de la aquí discutida (4,5 créditos), teniendo en cuenta que las asignaturas de este tipo están ubicadas normalmente en el primer año, y evitando una profusión de objetivos no asumibles por los estudiantes, nos centramos en conseguir el objetivo que nos parecía más importante, el de mantener a los estudiantes dentro del sistema hasta el final, impulsados por el sentido de responsabilidad mutua que se deduce directamente de la forma de evaluación de este trabajo. La respuesta fue estupenda y no tenemos datos precisos al respecto de cómo las parejas se organizaron el estudio, pero verlos trabajar juntos en el examen discutiendo e implementando los códigos fue una experiencia pedagógica fantástica.

## Participación

Otra de las componentes de la calificación ECTS fue la participación en clase, con un peso de un 10% sobre el total. La nota final se asignó en función del número de veces que el alumno hubiese participado en clase y de la calidad de sus aportaciones, tanto en preguntas, ejercicios resueltos, explicaciones a preguntas realizadas por los profesores, etc. Al comenzar el curso, llevábamos un registro diario, pero demostró ser poco dinámico, por lo que se evaluó de modo más subjetivo al ir conociendo ya a los alumnos por el trato diario. Apenas hemos encontrado literatura específica al respecto, más allá de los programas docentes de asignaturas en las que esto se valora y de la importancia que se le da a este tema dentro de la filosofía del aprendizaje cooperativo. Creemos que es importante que el alumno aprenda a expresarse y pierda el miedo a defender sus ideas en público. Además, la exposición voluntaria, a menudo de ejercicios no correctos, nos ha permitido trabajar la verificación y validación de programas, siendo la única actividad que ha trabajado explícitamente este objetivo. En el fondo nos anima la idea de que no por saber hacer cierto tipo de exámenes, los estudiantes serán después más competentes en su vida profesional, como nos recuerda Glaser en su sensacional trabajo (Glaser, 1990).

En las reuniones para tratar aspectos académicos bien a nivel departamento o a nivel escuela, es muy habitual escuchar quejas por parte de ciertos profesores en el sentido de la baja participación de los alumnos en las clases, que se convierten prácticamente en monólogos por parte del profesor, con lo que eso implica de monotonía y falta de implicación en la intervención por parte de los estudiantes. Valorar de modo explícito esa participación incorporándola a la evaluación es el mecanismo más obvio y que a menudo olvidamos para motivar dinámicas mucho más participativas. Además, nuestra experiencia nos indica que esas dinámicas tienen un efecto multiplicador. En cuanto los más abiertos empiezan a tomar protagonismo, muchos otros les siguen.

Hacia la mitad del curso, poco antes de Navidad, expusimos una nota de participación con el objeto de motivar a los estudiantes para que la mejorasen en las últimas semanas del curso, algo que casi todos consiguieron. En media, y a través de la encuesta, hemos llegado a la conclusión de que los alumnos han estado moderadamente satisfechos (6,23 sobre 10) con la calificación obtenida, a pesar de la subjetividad que rodea a dicha nota, y con el porcentaje que tiene asignado en la evaluación.

## Examen final individual

El apartado principal de la evaluación ECTS fue un examen final individual, con un peso de un 50% en la nota. Además de formar, una de las obligaciones del docente es «certificar» que el alumno posee ciertos conocimientos y competencias al concluir los estudios. Como se detallará más tarde, las calificaciones de los demás apartados fueron coherentes con la calificación en este examen, por lo que su peso podría disminuir, y así se hará a partir del próximo curso.

El examen consiste en la codificación de un programa que resuelva un determinado problema. El problema está dividido en varios apartados, siendo la puntuación acumulativa (han de resolver un apartado para pasar al siguiente). Además, se les proporciona un conjunto de datos y soluciones para los mismos, de modo que puedan validar su programa.

Los apartados son crecientes en dificultad: hasta la puntuación de cinco consisten en la codificación de un algoritmo totalmente detallado, comenzando por las rutinas más simples y acabando por un nivel de complejidad medio. A partir del cinco los algoritmos no están detallados, sino que se detalla el problema y es el alumno el que deberá dividirlo en subproblemas hasta poder codificarlos directamente en el ordenador. Creemos que de este modo se potencia que los alumnos tengan muy claros los conceptos elementales y no aprueben por acumulación de ideas confusas. Los alumnos no están del todo satisfechos con este sistema, ni con la nota obtenida (alrededor de un 5 sobre 10 en satisfacción con la nota obtenida). Curiosamente, consideran que debería tener un peso mayor en la calificación final (55%).

Como comentábamos anteriormente, todo alumno (siga ECTS o no) siempre tiene opción a que su nota sea la nota del examen final, de modo que la metodología ECTS sólo les repercutirá positivamente. Abrir esta posibilidad requiere una justificación de peso, la cual encontramos en los siguientes aspectos. Primero, los planes de estudio ahora vigentes no están pensados para evaluaciones centradas en el proceso, lo que se refleja en unas normativas de matriculación que exigen la realización de pruebas extraordinarias *a posteriori* de la realización del curso, y completamente descontextualizadas con la impartición de las asignaturas. Así, si un estudiante suspende en la convocatoria ordinaria, tiene derecho a una extraordinaria durante ese mismo año académico, en la cual se ha de comprobar el progreso de dicho estudiante tras un trabajo por lo general muy poco guiado, y a convocatorias ordinarias y extraordinarias en cursos sucesivos, en las cuales además están exentos de la realización de prácticas. En estas convocatorias extraordinarias, es duro decirlo pero es así, a efectos prácticos, es inasumible cualquier otra técnica de evaluación que no sea un examen final.

Segundo, si examinamos las normativas de exámenes, en concreto la de nuestra universidad<sup>3</sup>, éstas dejan aspectos abiertos sobre la legalidad estricta de diferentes ítems de una evaluación no convencional como la aquí planteada. Este tema es interesantísimo y será un caballo de batalla enorme en el futuro, pero a modo de introducción, podemos pensar en aspectos como lo que significa el hecho de evaluar la participación, o pruebas sorpresa por grupos, en personas que por lo que sea, han tenido una enfermedad, con todos los justificantes médicos correspondientes y no han asistido durante un determinado periodo a las sesiones presenciales. Por esta razón, es prudente dejar siempre la salida de una nota por examen final, complementado con un examen de prácticas si fuere necesario.

Finalmente, el hecho de respetar el examen final como salida de emergencia para algunos y como medida principal (no hay que olvidar que hay consideraciones de mínimos sobre los créditos prácticos que no se superan sólo con el examen final) para conseguir el aprobado para los que no quieren incorporarse a un sistema de evaluación sofisticado, como el aquí utilizado, también se hace desde la convicción de que hay personas para las que, por motivos personales, por trabajo, o porque su formación previa y/o capacidad en estos temas sea muy superior a la media, el esquema tradicional es más adecuado. En este grupo podemos incluir también a los alumnos que cursan la asignatura de manera repetida por no haberla superado en cursos previos y que consideran que con un pequeño esfuerzo adicional, realizado de modo no reglado, pueden adquirir la suficiente capacidad como para aprobar el examen final.

## Encuesta y debate

Un último elemento de la calificación ECTS, con un 5%, fue la participación en una encuesta al final de la asignatura y en un debate posterior. Consideramos que la ayuda de los estudiantes es necesaria para mejorar la asignatura y nos parece correcto valorar su implicación con la misma. Además, esto es percibido de forma positiva por los alumnos, ya que tienen la posibilidad de expresar sus ideas de cambio como parte activa y valorada de su formación.

---

<sup>3</sup> [http://www.upm.es/laupm/organos\\_gobierno/normativa/normativa\\_exam.pdf](http://www.upm.es/laupm/organos_gobierno/normativa/normativa_exam.pdf)



## **Análisis de Resultados**

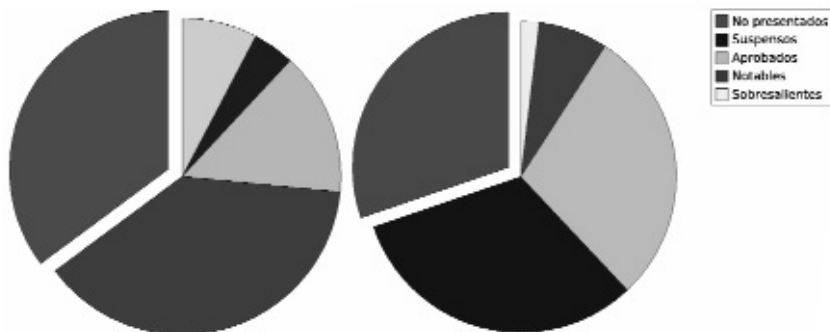
### **General**

En un proceso de cambio tan grande como éste y si queremos sistematizar los logros conseguidos o no, tenemos que evaluar de algún modo sus resultados y la calidad del proceso mismo. Para ello, podemos manejar indicadores que se obtengan observando los resultados académicos de un modo puramente cuantitativo y podemos también hacer un estudio de campo sobre las sensaciones que han tenido los protagonistas del proceso con respecto al mismo, para lo cual en este caso, desarrollamos una amplia encuesta al final del curso. De los resultados de la encuesta hemos dejado algunos detalles a lo largo del artículo. De los indicadores más asépticos, referidos únicamente al rendimiento académico, hablaremos ahora.

### **Cuantificación**

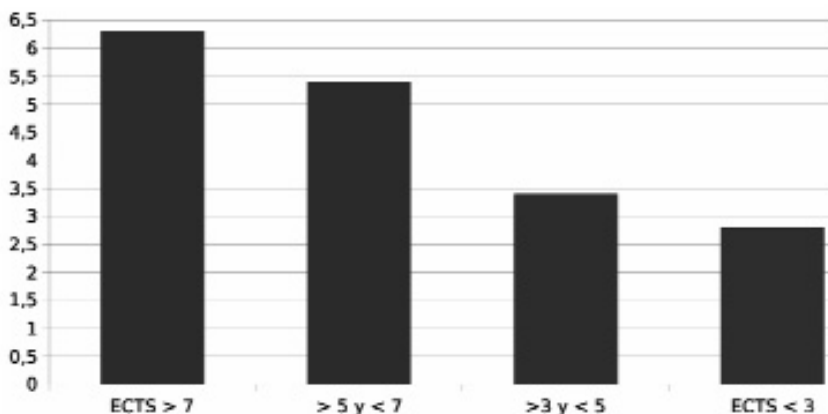
En el curso 2004-05 (sin ECTS) habíamos tenido 186 alumnos matriculados, de los cuales se presentaron al examen final ordinario un 64%, y aprobaron el 40% de los presentados. O sea, en total un 25% de los matriculados aprobaron. En comparación, en el curso 2005-06 (con ECTS) tuvimos 169 alumnos matriculados, de los cuales se presentaron al examen final el 68% y de los presentados aprobaron el 52%, lo que representa un 35% de los matriculados. El examen final es diferente y por tanto no es fácil comparar los resultados. Sin embargo, creemos que el examen de la convocatoria ordinaria del curso 2005-06 tuvo una dificultad similar o incluso algo mayor que el del curso anterior (opinión compartida por los alumnos), por lo que consideramos que la metodología utilizada supuso una mejora en el aprendizaje de los alumnos. En la figura, podemos observar la distribución de las calificaciones en ambos cursos.

FIGURA I. Comparativa entre la nota final de los dos cursos: 2004-05 y 2005-06 (derecha)



La calificación final (incluyendo la evaluación ECTS) no fue muy diferente con respecto a la obtenida únicamente en el examen. De hecho, la mayoría de los alumnos tuvo una nota similar o superior en el examen final, con lo que la nota de actas fue normalmente esa. Como se puede ver en la figura, existió una gran correlación entre la nota obtenida en el examen final y la nota ECTS sin considerar el examen final. Para ver esta correlación hemos agrupado a los estudiantes en función de su calificación ECTS sin examen final, y hemos visto cuál era la nota media de este grupo en el examen final. Así, aquellos con nota ECTS superior a siete fueron el grupo con mayor nota media en el final. Más interesante todavía, aquellos con nota ECTS

FIGURA II. En ordenadas tenemos la nota media del examen final del grupo alumnos cuya nota ECTS está descrita en abscisas



suspensa, suspendieron también en el final. Este «éxito» de la calificación ECTS, sin examen final, se podrá tener en cuenta en los próximos cursos para poderla usar directamente como una parte más importante de la evaluación sumativa.

Aunque la Figura II es bastante expresiva en el sentido de que potenciar los diferentes aspectos contemplados en la evaluación ECTS ayuda a realizar mejor el examen final, no hay duda de que aprobar utilizando el examen final sin pasar por los demás ítems, implica que la consecución de competencias relativas a participación, trabajo en grupo, autocrítica, etc., no ha sido evaluada, lo que pone muy en duda dicha consecución. Es por ello interesante preguntarse cuántos alumnos optaron por ese atajo y cuántos tuvieron éxito. La respuesta a esta pregunta no es fácil pues al convivir los dos sistemas de evaluación pacíficamente, no está claro en principio qué alumnos descartaron completamente la evaluación ECTS. Además, dado que 3 de los 4,5 créditos de la asignatura eran prácticos, y dado que las clases tenían una componente práctica muy grande, la forma de evaluar esos créditos prácticos se decidió que pasaba por asistir a dos tercios de las clases presenciales. Ello fomentó la asistencia a clase, y permitió a la mayoría de los estudiantes optar a ítems como la participación o las pruebas sorpresa en grupo. Además, los 0,5 puntos asignados a la encuesta y debate, aunque permitían llegar al aprobado sólo con la calificación ECTS, se guardaban para la convocatoria extraordinaria o subían la calificación final caso de que hubiese aprobado. Por tanto, el criterio para decidir si un alumno siguió o no ECTS lo debemos basar en los ítems como el PE, la participación y las pruebas por grupos exclusivamente. Teniendo en cuenta lo que vimos durante el curso, nos parece razonable, a efectos de este estudio, considerar que un alumno NO siguió ECTS cuando tuvo menos de un 30% de la nota máxima sobre esos tres ítems.

Siguiendo este criterio, sobre los 169 matriculados, 94 tenían una nota ECTS inferior a 3. De esos 94 estudiantes, 47 se presentaron al examen final. De esos 47 hubo 19 aprobados, de los cuales, 16 eran alumnos repetidores. Por tanto, podemos decir, atendiendo a este criterio, que sólo 3 alumnos «reales» se escaparon por el atajo, utilizando directamente el examen final como vía para aprobar la asignatura en el primer año de su matriculación.

Cambiando de tercio, otro de los aspectos en los que se ha mejorado es la consideración que tienen los alumnos de la asignatura. En el curso 2005-06, a pesar de tener un mayor porcentaje de aprobados, las causas del fracaso en la asignatura fueron el tipo y la dificultad del examen (con más de un 50% de alumnos que habían seleccionado esas causas), mientras que en el 2004-05, las causas principales habían sido la motivación y los conocimientos previos.

Finalmente, en lo que respecta a la valoración de la metodología ECTS, los resultados promedio obtenidos en la encuesta son modestos pero prometedores. Al pedir a los estudiantes que valorasen de 0 a 10 diferentes aspectos relativos a la metodología seguida en el curso, su satisfacción global fue de 6,5/10 frente a 5,8 en el curso anterior; consideraron que la evaluación ECTS no supuso una dificultad añadida, aunque indicaron que precisaba de más trabajo 6,6/10, comparada con una evaluación convencional, fomentando, frente a ésta, el trabajo continuado y la motivación (6,7 y 6,3/10, respectivamente). Insistieron en que la puntuación progresiva en el examen produjo frustración, y un número significativo cuestionó, en el apartado de opiniones final de la encuesta, la necesidad y utilidad del PF, lo que nos hizo reflexionar sobre su estructura, como comentaremos en el siguiente apartado.

## Conclusiones y trabajo futuro

Se ha intentado documentar en este artículo el proceso de adaptación a una metodología de evaluación centrada en el proceso, comprendiendo la contabilización de esfuerzo que exigen los créditos ECTS, que se ha seguido con una asignatura de introducción a la Programación de ordenadores para ingenieros. Consideramos que la experiencia ha sido muy positiva y ha permitido mejorar de modo sustancial la calidad de la intervención educativa. Para conseguir este incremento de calidad se han documentado de modo exhaustivo los elementos de dicha intervención, potenciando de modo explícito la consecución de objetivos cuya evaluación no es posible mediante el sistema tradicional de único examen. Además, con esta documentación se pretende que la propia intervención sea repetible y su calidad evaluable. Queda mucho trabajo por hacer para darle continuidad a esta tarea, y de hecho creemos que tenemos que mejorar los siguientes apartados:

- Portafolio: Los alumnos se han quejado del mismo, al considerarlo una actividad tediosa y no quedarles clara su finalidad. Creemos que para seguir utilizándolo habría que explicar a los alumnos desde un primer momento su utilidad, mostrarles que también es una herramienta en la industria e incluso darle más valor en la calificación final, para que su esfuerzo se vea más recompensado. Por otra parte, deberíamos simplificar su estructura de modo que sea más fácil rellenarlo, proporcionarles ejemplos e incluso comentar en clase los mejores.

- Examen final: El tipo de examen actual, con una puntuación progresiva, puede ser muy frustrante para los alumnos, pues pueden estar las casi dos horas que dura el examen con el primer ejercicio. Como hemos comentado, tiene la ventaja de que es corto y permite evaluar objetivos que un examen convencional con la misma duración no podría (como la reutilización de funciones, la capacidad de estructurar el problema, etc.). Todavía no hemos encontrado una solución que sea totalmente satisfactoria.
- Trabajo en grupos: Deberíamos potenciar más el trabajo en grupos y para ello mejorar su evaluación. Aquí sí tenemos muchas posibles soluciones, como que se roten en el ordenador obligatoriamente, que estén en ordenadores distintos y se distribuyan el trabajo, que uno trabaje sobre las rutinas del otro y viceversa, etc.
- Carga de trabajo: Aunque la carga de trabajo de los alumnos no aumentó sensiblemente y se consiguió homogeneizar a lo largo del curso, la carga de trabajo que soportamos los profesores fue muy superior a la de cursos anteriores, pues hubo que corregir los PE, realizar un examen extra (por grupos), leer las encuestas y preparar el debate. Al ser el primer año, se preparó además material adicional, se crearon programas para la gestión de la encuesta y de los exámenes, etc. Hemos de agradecer al departamento permitir la duplicidad de profesores asociados a los créditos prácticos, sin embargo no sabemos si podrá continuar en cursos posteriores. Creemos que es necesario que la administración de la Universidad se involucre, reconozca la carga de trabajo que suponen estas metodologías y se llegue a un compromiso entre todos sobre los recursos que se dedican. Hay que evaluar el coste y el rendimiento de cada actividad que se quiera implantar y se debería decidir cuáles merecen la pena y cuáles no.
- Gestión de la información: Cuando se sigue una evaluación en la que se contemplan tantos conceptos y en la que algunos de estos conceptos, como el de la evaluación del trabajo en grupo, son operativamente liosos, existe la necesidad de disponer de herramientas de gestión de la información eficientes, que minimicen el tiempo necesario para ocuparse de los mismos. Durante cursos sucesivos, incorporaremos un lector de códigos de barras para monitorizar la asistencia a clase, y crearemos una base de datos y de mecanismos de consulta y gestión de la misma que reduzcan al mínimo el tiempo necesario para estas tareas. Esto es necesario porque el proceso de calificación ha de ser por un lado garantista -el nivel de errores admisible es

bajísimo o directamente nulo- y la cantidad de ítems a contabilizar es altísimo, mezclando ítems individuales y por grupo, que conllevan trabajo adicional. Toda esa información ha de ser llevada a un sistema único de hoja de cálculo-base de datos, al que se puedan trasladar el peso y requerimientos existentes. Aunque es prácticamente inevitable, el hecho es que si queremos potenciar evaluaciones más ricas, ello no debe ser a costa del tiempo que el docente debe dedicar a ellas. En una realidad de la Educación Superior en España en la que la valoración e impacto profesional de un trabajo bien hecho en este sentido es cuando menos discutible, es necesario ponderar y optimizar los esfuerzos que se dediquen a mejorar la calidad docente.

- Modelos de madurez del proceso (CMM): Nos gustaría pasar al siguiente nivel de los modelos de madurez, para lo cual es fundamental establecer medidas que permitan comparar el nivel de cumplimiento de los objetivos con las diferentes metodologías. El principal problema es comparar alumnos de años distintos y la dificultad de los exámenes. El primer punto es difícil y quizás lo único que se pueda utilizar sean medidas relativas al rendimiento en otras asignaturas que no cambien de metodología. En cuanto a la dificultad de los exámenes, en Informática existen diversos modelos de estimación de tiempos y de número de líneas de un programa, por ejemplo, la técnica de estimación de puntos de función del modelo COCOMO (Piattini et al., 1994). Considerando la complejidad como el cociente entre el tiempo empleado y el número de líneas de código escritas, estos modelos permiten aproximar la dificultad de implementación real del problema, aunque en nuestro caso todavía necesitaríamos evaluar la complejidad del enunciado. De momento se ha decidido no proporcionar copias de los enunciados a los alumnos, y así poder comparar el mismo examen en distintos cursos. Ello no es óbice para que puedan consultar la solución durante la revisión de su examen.

Para terminar, retomamos la maravillosa cita que aparece al principio del artículo y que inspira todo este trabajo. Enriquecer la evaluación proporciona a los estudiantes mecanismos de enganche continuo con el curso, y les permite potenciar muchas facetas tomando como punto de partida aquellas en las que por diferentes razones ya son más válidos. Para nosotros, como docentes, mantenerlos en el sistema, comprometidos y progresando, es un motivo de satisfacción profesional y personal.

## Agradecimientos

Ha sido un proceso muy enriquecedor el traducir las buenas relaciones que la ETSIN mantiene con la empresa española SENER, líder mundial en desarrollo de software de apoyo para el proyecto de buques, en que esta empresa financie y ponga nombre al premio que se otorga a la mejor progresión en esta asignatura. En este sentido han sido fundamentales la intermediación de Luis García Bernáldez, Director del Departamento Naval de SENER, Pedro Gómez Juarros, profesor de la ETSIN y Delegado de Sistemas de Información de SENER-Madrid, Luis Vázquez Castillo Director de la Fundación SENER y finalmente la de Jesús Panadero Pastrana, director de la ETSIN. A ellos les estamos especialmente agradecidos por su sensibilidad y buen hacer ante esta idea.

## Referencias bibliográficas

- ADIEGO-RODRÍGUEZ, J. Y VIVARACHO-PASCUAL, C. E. (2005). Una experiencia de AC en Fundamentos de Informática en Ingeniería Técnica Industrial. Ponencia en la Quinta Jornada sobre Aprendizaje Cooperativo del GIAC, Grupo de Interés en Aprendizaje Cooperativo, Universidad de Deusto, Bilbao, Junio.
- ÁLVAREZ ÁLVAREZ, M. B. (2005). Adaptación del método docente al Espacio Europeo de Educación Superior: La motivación de los alumnos como instrumento clave. *Estudios sobre Educación*, 9, 107-126, Universidad de Navarra.
- ARANA, J. M., MAYOR, M. A., ZUBIAUZ, B. Y PALENZUELA, D. L. (2005). The adaptation of three subjects from the first year of psychology studies of the University of Salamanca (Spain) for teaching within the framework of the European Credit Transfer System (ECTS). *European Psychologist*, 10 (2), 160-164.
- AYALA, D., FRANQUESA, M., JOAN R., PÉREZ LL., PLA, N., PUIG, A., SOLANO L., SOTO, A., TOST, D., VIGO, M., VILA, S. Y VILAPLANA J. (2003). La docència d'informàtica en estudis no informàtics. Actas del XI Congreso Universitario de Innovación en las Enseñanzas Técnicas. Vilanova i la Geltrú, Barcelona.
- BECK, K. Y FOWLER, M. (2000). *Planning Extreme Programming*. Addison-Wesley.
- BLACK, P. (1998). *Testing: Friend or Foe? Theory and Practice of Assessment and Testing*. London: Falmer Press.

- BORDAS, M. I. Y CABRERA, F. A. (2001). Estrategias de Evaluación de los Aprendizajes Centrados en el Proceso. *Revista Española de Pedagogía*, 218, 25-48.
- CLEMENTE, P. J., GÓMEZ, A., GONZÁLEZ, J., SÁNCHEZ, H. Y SOSA, E. (2005). *Una propuesta de primer curso de programación basada en competencias transversales*. XI JENUI, Universidad Europea de Madrid.
- DEWEY, J. (1971). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Buenos Aires: Losada.
- ERICE, C. (2005). Estrategias de Aprendizaje en la Asignatura Matemáticas I de la Diplomatura de Ciencias Empresariales. Ponencia en las XIII Jornadas ASEPUMA, A Coruña.
- FONTENLA-ROMERO, O. Y HERNÁNDEZ-PEREIRA, E. M. (2006). Experiencias en la implantación de la asignatura de Tecnología de Programación al EEES. XII JENUI, Universidad de Deusto.
- (2006b). *Adaptación de la asignatura Fundamentos de Informática de la Ingeniería Técnica Industrial al Espacio Europeo de Educación superior*. XII JENUI, Universidad de Deusto.
- GARCÍA-FAMOSO, M. (2005). *Aprendizaje Basado en Problemas en «Introducción a los Computadores»*. XI JENUI, Universidad Europea de Madrid.
- GARDNER, H. (1991). *Assessment in context: The alternative to standardized testing*. En B. GIFFORD AND M. C. O'CONNOR (Eds.), *Changing assessments: Alternative views of aptitude, achievement, and instruction*. Boston: Kluwer Publishers.
- GLASER, R. (1990). Toward new models for assessment. *International Journal of Educational Research*, 14, 5, 475-83.
- GÓMEZ-FERNÁNDEZ, E., GARCÍA-GARCÍA, M. J. Y MIGUEL-VILLALBA, G. (2005). *Aplicación de diversas metodologías activas en la asignatura de introducción a la programación*. XI JENUI, Universidad Europea de Madrid.
- IBÁÑEZ-MARTÍNEZ, J. Y NAVARRETE-TERRASA, T. (2006). Diseño y evaluación de la asignatura Programación I de acuerdo a las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior. XII JENUI, Universidad de Deusto.
- KLENOWSKI, V. (2004). *Desarrollo de portafolios para el aprendizaje y la evaluación: procesos y principios*. Madrid: Narcea.
- PIATTINI, M. y otros (1996). *Análisis y diseño detallado de aplicaciones informáticas de gestión*. Madrid: RA-MA editorial.
- POGACNIK, M., JUZNIC, P., KOSOROK-DROBNIC, M., POGACNIK, A., CESTNIK, V., KOGOVSEK, J., PESTEVSEK, U. Y FERNANDES, T. (2004). An attempt to estimate students' workload. *Journal of Veterinary Medical Education*, 31 (3), 255-260.



- PRESSMAN, R. S. (2002). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. Madrid: Mc Graw Hill.
- ROBINS, A., ROUNTREE, J. Y ROUNTREE, N. (2003). Learning and teaching programming: A review and discussion. *Computer Science Education* 13(2), 137-172.
- RODRÍGUEZ DIÉGUEZ, J. L. (1980). *Didáctica general. 1, objetivos y evaluación*, Madrid: Cincel-Kapelusz.
- SÁNCHEZ MAROÑO, N., FONTENLA ROMERO, O. Y BELLAS BOUZA, F. (2006). Aportaciones e ideas para el rediseño de la asignatura de Fundamentos de Informática al EEES, XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUJ), Universidad de Deusto.
- SNADDEN, D. Y THOMAS, M. (1998). The use of portfolio learning in medical education. *Medical Teacher*, 20, 192-199.
- WILLIAMS, J. (2002). The Engineering Portfolio: Communication, Reflection, and Student Learning Outcomes Assessment. *International Journal of Engineering Education* 18 (2), 199-207.

**Dirección de contacto:** Antonio Souto Iglesias. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. Departamento Canal de Ensayos Hidrodinámicos. Avenida Arco de la Victoria, s/n. 28040, Madrid, España. E-mail: antonio.souto@upm.es