

# Una experiencia de adaptación al EEES de dos asignaturas de programación de ordenadores

Joaquim Anguas, Luis Díaz, Isabel Gallego, Carmen Lavado, Angélica Reyes, Eva Rodríguez,  
Kanapathipillai Sanjeevan, Eduard Santamaría, Miguel Valero  
Departamento de Arquitectura de Computadores, Escola Politècnica Superior de Castelldefels  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. del Canal Olímpic, s/n. Castelldefels (08860)  
janguas@ac.upc.edu, ldiaz@ac.upc.edu, isabel@ac.upc.edu, carmenl@ac.upc.edu, areyes@ac.upc.edu, evar@ac.upc.edu,  
sanji@ac.upc.edu, esantama@ac.upc.edu, miguel.valero@upc.edu

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Cooperativo, Espacio Europeo de Educación Superior, Créditos ECTS.

## 1 Introducción

En esta ponencia se describe el proceso de adaptación a los requerimientos del sistema europeo de créditos de dos asignaturas destinadas al aprendizaje de la programación de ordenadores de las titulaciones de Ingeniería Técnica de Telecomunicación e Ingeniería Técnica Aeronáutica que se imparten en la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels de la Universidad Politécnica de Cataluña. La principal innovación respecto al planteamiento clásico consiste en una programación de la asignatura centrada en el aprendizaje del alumno que se basa en la especificación detallada de las actividades que los alumnos deben realizar, dentro y fuera de clase, para conseguir alcanzar los objetivos formativos de la asignatura. Las estrategias docentes que se han utilizado para conseguir estos objetivos están basadas en el aprendizaje cooperativo, estructurado formalmente mediante la técnica del puzzle, y en el desarrollo en grupo de un proyecto de programación de ordenadores de complejidad baja-media (Aprendizaje basado en proyectos).

## 2 Las asignaturas antes de los cambios

Las asignaturas Introducción a los Computadores (IC) y Laboratorio de Programación (LP) forman parte de los planes de estudio de Ingeniería Técnica de Telecomunicación y de Ingeniería Técnica Aeronáutica, en la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels (EPSC) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) [1]. En estas asignaturas los estudiantes deben aprender a construir programas sencillos utilizando el lenguaje de programación C. En particular, en la asignatura IC, que se imparte en el primer cuatrimestre del plan de estudios, aprenden los fundamentos y construcciones básicas, mientras que en LP, que se imparte en el segundo cuatrimestre, profundizan en estructuras de datos y algoritmos.

En el formato anterior a los cambios, la asignatura IC tenía, cada semana, una sesión de clase de teoría, de dos horas de duración (con grupos de 40 alumnos), y una sesión de laboratorio de dos horas (con grupos de 20 alumnos). En las clases de teoría el profesor explicaba la materia en la pizarra y se resolvían ejercicios típicos. En las clases de laboratorio, que se realizaban en aulas con ordenadores fijos (uno para cada estudiante), se realizaban prácticas guiadas sobre los temas del curso. Como trabajo adicional fuera de clase, los estudiantes resolvían ejercicios, y preparaban las prácticas del curso.

El esquema típico de evaluación era el siguiente:

- 40% obtenido a partir de dos exámenes escritos (uno a mitad de curso y otro final)
- 30% obtenido a partir de las prácticas realizadas en clase
- 20% obtenido por la realización de diferentes ejercicios durante el curso
- 10% de calificación subjetiva, decidida por el profesor en función de su impresión de cada estudiante

La asignatura LP tenía cada semana una sesión de teoría de una hora (en grupos de 40 alumnos) y una sesión de laboratorio de tres horas, también semanal (en grupos de 20 alumnos). Las sesiones de laboratorio se dedicaban a realizar prácticas guiadas sobre diferentes temas, que normalmente se realizaban en grupos de dos alumnos. Las sesiones de teoría se dedicaban a realizar alguna explicación preliminar relativa a la sesión siguiente de laboratorio. Los alumnos en casa esencialmente hacían un estudio previo de la práctica a realizar en la siguiente sesión de laboratorio.

El esquema de evaluación típico era el siguiente:

- 55% obtenido a partir de dos exámenes individuales realizados sobre ordenador
- 35% obtenido a partir de las prácticas realizadas en laboratorio, en parejas
- 10% de calificación subjetiva, decidida por el profesor en función de su impresión de cada estudiante

El esquema de estas asignaturas tenía algunos aspectos ya avanzados respecto a los formatos más habituales en otros planes de estudios. En concreto, el número reducido de alumnos en clase permitía la realización de clases expositivas algo más participativas. Por otra parte, el esquema de evaluación estándar de la escuela obligaba a reducir el peso de los exámenes, y a diversificar las formas de evaluación. Finalmente, la asignatura LP estaba orientada a la actividad de laboratorio, y los alumnos eran evaluados esencialmente a partir del trabajo realizado en las prácticas.

Sin embargo, las asignaturas adolecían de varios de los males habituales del formato clásico. En particular:

- Se percibía una actitud pasiva por parte de los alumnos, que mostraban escasa motivación.
- Las tasas de abandono eran significativas, especialmente a mitad del curso (no menos del 30% de los alumnos desaparecían de clase en las últimas semanas del curso)
- Las tasas de aprobados a final de curso rara vez superaban el 50%
- La impresión de los profesores respecto a sus alumnos era muy pobre (poca capacidad y poca dedicación).
- Se producían intentos frecuentes de copia, tanto en exámenes como en prácticas (un mal bastante generalizado en la enseñanza de la programación).

### **3 El nuevo formato de las asignaturas**

#### **3.1 Una nueva filosofía**

La adaptación al sistema de crédito europeo (ECTS) requiere lo que se ha dado en llamar una programación centrada en el aprendizaje del alumno. En otras palabras, desde nuestro punto de vista, se trata de programar con detalle las actividades que debe hacer el alumno dentro y fuera de clase para alcanzar los objetivos de aprendizaje (actividades de las que no pueda escapar sin haber aprendido), y conseguir que haga esas actividades.

Este planteamiento contrasta con lo que podríamos llamar programación centrada en la enseñanza (el planteamiento clásico que nos piden que cambiemos), en la que el profesor planifica básicamente las actividades que va a hacer él en clase, pero no planifica excesivamente las que debe hacer el alumno, que puede elegir su grado de implicación en el proceso (en un extremo, esa implicación puede limitarse a acumular apuntes y presentarse a los pocos exámenes del curso). Entendemos que esa falta de conexión entre lo que pasa en clase y lo que es realmente necesario para aprender es la esencia del problema de los planteamientos clásicos, y nos da la clave para abordar los cambios que requiere la programación centrada en el aprendizaje.

No vamos a profundizar más en este artículo en este planteamiento filosófico. En todo caso, más detalles pueden encontrarse en [2]. Pasaremos directamente a ver, en los próximos apartados, cómo este planteamiento se traduce en medidas concretas para el caso de las asignaturas IC y LP.

#### **3.2 Dedicación y esquema horario**

Tanto IC como LP tienen ahora asignados 4.6 ECTS, lo cual implica que los alumnos deben dedicar a la asignatura aproximadamente 8 horas a la semana durante 16 semanas (las 15 semanas de clase y una semana más de exámenes). Este es un dato de partida, que ha establecido la dirección de la escuela a partir de un reparto de los 30 ECTS correspondientes a cada cuatrimestre del curso (el reparto se ha realizado en proporción a los créditos LRU que tienen las asignaturas actualmente). Fijado ese número de horas de dedicación, es responsabilidad ahora de los profesores establecer qué tareas deben hacer los alumnos durante esas horas (que deben ser tareas que conduzcan al aprendizaje), y conseguir que las realicen.

Los alumnos de ambas asignaturas tienen en su horario 4 horas de clase a la semana: una sesión de 2 horas de teoría en grupos de 40 y una sesión de 2 horas de laboratorio en grupos de 20. En realidad, la sesión de teoría sólo se imparte en 4 ó 5 semanas de las 15 que tiene el cuatrimestre. El resto de las semanas los alumnos tienen libres esas dos horas para realizar parte de las tareas del curso, especialmente las que requieren trabajo en grupo (todos los alumnos del curso tienen esas horas libres para reunirse con su grupo, si es necesario).

La sesión de laboratorio (que sí se imparte todas las semanas) no se dedica necesariamente a trabajo con el ordenador. De hecho, ya no se llama sesión de laboratorio, sino simplemente sesión de clase. Las actividades de cada sesión dependen del plan de trabajo, y son aquellas que más se benefician de la presencia en clase de

compañeros y del profesor. En la clase se utiliza un armario con 20 ordenadores portátiles con conexión inalámbrica, de manera que cuando se necesitan ordenadores se toman los portátiles, y cuando no se necesitan se dejan en su armario.

### **3.3 Objetivos formativos**

Los objetivos formativos específicos de la programación de ordenadores son esencialmente los mismos que en el formato anterior, y no es de interés describirlos ahora en detalle. Lo relevante es que esos objetivos se han complementado con otros de carácter transversal (otro de los retos de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior). Estos objetivos transversales son, para ambas asignaturas, los siguientes:

#### ***Aprender de forma autónoma***

1. Localizar y asimilar una determinada información a partir de su referencia
2. Autoevaluarse o evaluar a otros a partir de unos criterios dados
3. Identificar los propios errores
4. Buscar información relevante para una tarea especificada

#### ***Trabajar en grupo***

1. Intercambiar información a través del correo electrónico
2. Explicar al grupo la tarea realizada y asegurarse de que todos los demás la han comprendido
3. Identificar adecuadamente las tareas a realizar por el grupo, repartir equitativamente las tareas, establecer fechas de entrega e integrar las partes
4. Identificar y abordar los conflictos en el funcionamiento del grupo
5. Identificar los aspectos que han ido bien y los aspectos a mejorar, relativos al funcionamiento del grupo

### **3.4 Aprendizaje Cooperativo y Aprendizaje Basado en Proyectos**

Para el diseño del programa de actividades de ambas asignaturas (sobre el que se darán más detalles en el apartado 3.5), se han utilizado estrategias de aprendizaje cooperativo [3] y de aprendizaje basado en proyectos [4].

En particular, usamos aprendizaje cooperativo en tres formatos diferentes:

- Actividades de aprendizaje cooperativo mediante los grupos base
- Aprendizaje cooperativo mediante la técnica del Puzzle
- Aprendizaje cooperativo mediante el desarrollo de un proyecto de programación

En la primera semana de clase los alumnos se organizan en grupos de 3 o 4 que denominamos grupos base. Durante la primera mitad del curso de IC, los grupos base se usan esencialmente como una estructura de soporte mutuo. Cada sesión de clase empieza con una reunión del grupo base, de unos 20 minutos, en los que los miembros del grupo discuten las dudas que han tenido con las tareas de la semana, y escriben en un papel las dos o tres dudas de grupo.

Esta tarea rutinaria es importante porque:

- Estimula a los alumnos a realizar la tarea (ya que no les gusta presentarse a la reunión sin el trabajo hecho).
- Permite que los alumnos aclaren muchas dudas entre ellos, sin la intervención del profesor (en todo, el profesor puede intervenir durante la reunión para aclarar algunas de las dudas comunes del grupo).

- Permite al profesor tener una imagen clara de cuales son las dudas más extendidas, y orientar de forma más eficaz sus intervenciones en clase (por ejemplo, sus explicaciones de pizarra).

Los grupos base se usan también para tareas de aprendizaje cooperativo formal en formato puzzle [5]. De forma muy sintética, la mecánica es la siguiente (se pueden consultar mas detalles en [6]). El profesor plantea tres temas del curso razonablemente independientes entre sí. Cada miembro del grupo debe especializarse en uno de los temas y explicarlo luego al resto del grupo (se convierte en el experto del grupo en ese tema). Después el grupo debe enfrentarse a un ejercicio de integración en cuya resolución son necesarios los conocimientos de los tres temas. Finalmente, cada alumno, de forma individual, debe resolver un ejercicio en que de nuevo son necesarios los tres temas.

El proceso lleva varias semanas del curso, porque la preparación de un tema requiere la realización de una práctica guiada con ordenador, preparación de ejercicios para los compañeros de grupo, etc.

La estrategia del puzzle se utiliza en tres ocasiones:

- En IC (segunda mitad del curso) para los temas: Ficheros, Estructuras y Funciones.
- En LP (primera mitad) para los temas: Programación orientada a objetos, Visual Basic, Algoritmos de ordenación y búsqueda dicotómica.
- En LP (segunda mitad) para los temas: Más sobre Visual Basic, Gestión dinámica de memoria, Pilas y colas.

La estrategia del puzzle es muy útil porque permite crear un escenario en que todos los miembros del grupo son necesarios para el éxito, incidiendo directamente en el desarrollo de su capacidad de trabajar en grupo. Por otra parte, les proporciona una ocasión para desarrollar su capacidad de comunicación oral y escrita, como resultado del esfuerzo para explicar el tema a sus compañeros. Y precisamente ese esfuerzo por explicar el tema ayuda a que los conceptos se asimilen de forma más sólida.

Finalmente, los grupos base se usan como equipo para la realización de proyectos de programación, aplicando la estrategia de aprendizaje basado en proyectos.

Al inicio de la segunda mitad del curso de IC, se propone un proyecto de programación, de tal manera que los conocimientos que se van adquiriendo durante el resto de curso (en concreto, los contenidos del primer puzzle) se van aplicando en paralelo al proyecto propuesto. Se programan diferentes entregas parciales (diseño, prototipos del proyecto, etc.), y el curso acaba con una demostración del proyecto de programación.

Esta dinámica de aprendizaje basado en proyectos se aplica en LP desde el comienzo. Primero, los grupos trabajan en un proyecto de 3 semanas, que pone a prueba su capacidad de entendimiento y trabajo en grupo (y que también sirve como diagnóstico de sus puntos fuertes y débiles después de haber cursado IC). Después de esa primera fase, se producen las reorganizaciones de grupo que se estimen necesarias, y los grupos quedan estabilizados para el segundo proyecto, que se extiende ya hasta el final del curso.

La aplicación combinada de estrategias de aprendizaje cooperativo y aprendizaje basado en proyectos permite aumentar muy notablemente la motivación de los alumnos, porque:

- Perciben un reto ambicioso ante ellos (el proyecto que se les plantea)

- Se ven comprometidos con sus compañeros, a los que no pueden fallar

Tal y como se mostrará mas adelante, este contexto lleva a una mayor persistencia en el esfuerzo, y a una reducción notable del abandono.

### 3.5 El plan de trabajo y los entregables

Otro aspecto clave del nuevo planteamiento es la especificación precisa de las tareas que deben realizar los alumnos en las 8 horas de dedicación semanal a la asignatura, tanto en clase como (especialmente) fuera de clase, con una indicación del tiempo estimado para realizar cada tarea.

Para programar las tareas a realizar fuera de clase se ha asumido que todos los estudiantes tienen en casa ordenador personal con conexión a Internet (se ha comprobado que prácticamente el 100% de los estudiantes disponen de esos medios). Por eso, una parte importante de las tareas que los alumnos realizan fuera de clase consiste en prácticas y ejercicios sobre su propio ordenador, lo cual reduce parcialmente la necesidad de disponer de muchos ordenadores en la escuela para que los alumnos puedan hacer sus trabajos.

Otras tareas que realizan los alumnos fuera de clase son:

- Lectura del libro de la asignatura (ahora en clase, las sesiones para exponer el temario son mínimas, y muy orientadas a aclarar las dudas de los alumnos que han estudiado la teoría previamente).
- Reuniones con los compañeros de grupo para realizar las tareas encomendadas (por ejemplo, una de las fases del puzzle, descrito antes, o alguna tarea relacionada con el proyecto).

En las sesiones de clase se realizan aquellas tareas que más se benefician de la presencia de otros alumnos y del profesor. Por ejemplo:

- Reuniones para discutir y aclarar dudas sobre tareas realizadas previamente.
- Los primeros ejercicios de un nuevo tema, en los que los alumnos suelen atascarse rápidamente y necesitan ayuda del profesor o de los compañeros.
- Discusiones sobre decisiones a tomar en el proyecto.

En todo caso, y en función de la marcha del curso, suele recuperarse alguna de las sesiones de teoría que no se había previsto impartir, para realizar alguna actividad extra de apoyo (por ejemplo, una clase expositiva sobre un tema que parece presentar dificultades no previstas).

La Figura 1 muestra un ejemplo de descripción de una tarea del programa de actividades que forma parte de la “Guía para las actividades” correspondiente a la semana 11 del curso de la asignatura IC. Este es un ejemplo de semana con dos sesiones de clase (S11-1 y S11-2).

<p><b>Sesión S11-1 (2h):</b>  Los grupos se reúnen y discuten sus dudas, se muestran las soluciones a los ejercicios que se habían intercambiado, y escriben en un papel las dudas más importantes.  El profesor hará una explicación de los aspectos más destacados de los materiales del puzzle, y resolverá las dudas de los grupos.  Después haréis una práctica individual guiada sobre paso de parámetros por referencia.  <b>Entregable de grupo (#11.1):</b> Dudas comunes sobre los temas del puzzle.</p>
<p><b>Finalización de la práctica sobre paso de parámetros (1h):</b>  Finaliza la práctica guiada que empezaste en clase.</p>
<p><b>Repaso a los otros materiales del puzzle (2h):</b>  Mírate el material de las otras dos partes del puzzle. En teoría, de estas dos partes ya sabes bastante, por las explicaciones y ejercicios de tus compañeros. Sin embargo, un repaso al material te puede ayudar. Lo encontrarás todo en la página web</p>
<p><b>Sesión de clase S11-2 (2h):</b>  En esta sesión el profesor presentará el ejercicio de integración de grupo, en el que deberéis utilizar los conocimientos de las tres partes del puzzle. Se iniciará la resolución del ejercicio en la pizarra, y deberéis continuar la resolución en grupo durante el resto de la clase.</p>
<p><b>Acabar el ejercicio de integración (1h):</b>  Debéis acabar el ejercicio de integración, y tenerlo listo para que funcione correctamente al inicio de la siguiente sesión.</p>

**Figura 1. Guía para las actividades de la semana 11 del curso de la asignatura IC**

En el programa de actividades se han fijado claramente los entregables del curso, es decir, los productos del trabajo de los estudiantes, que ponen de manifiesto su progreso o falta de progreso en el curso. Para cada entregable se indica si es un entregable individual o de grupo, cuándo debe entregarse y su peso en la calificación. La Tabla 1 muestra por ejemplo los entregables de la segunda mitad del curso de IC. Como se ve, hay entregables de muy diversa naturaleza (desde hojas de dudas de grupo hasta prototipos del proyecto de programación).

**Tabla 1. Lista de entregables de la segunda mitad del curso de la asignatura IC**

#		<i>Descripción</i>	<i>Para cuándo</i>	<i>Cómo</i>
9.1	GB	Ejercicios de la prueba individual	Durante S9	papel
9.2	GB	Ejercicio sobre funcionamiento de grupo	Durante S)	papel
9.3	Ind	Dudas del trabajo de la semana	Inicio S10-1	papel
10.1	GT	Ejercicio sobre material puzzle I	Final sesión S10-1	Demostrar
10.2	Ind	Ejercicios para compañeros sobre puzzle I	Inicio sesión S10-2	Campus Digital
10.3	Ind	Informe de autoevaluación de los ejercicios de los compañeros	Inicio sesión S11-1	Campus Digital
11.1	GB	Dudas comunes puzzle	Inicio sesión S11-1	papel
12.1	GB	Ejercicio de integración	Durante sesión S12	Campus Digital
12.2	GB	Diseño segundo prototipo	Inicio sesión S13	Campus Digital
13.1	GB	Primer prototipo funcionando	Durante sesión S13	Campus Digital
14.1	Ind	Prueba escrita individual (mínimos)	Final sesión S14	papel
15.1	GB	Prototipo final funcionando	Durante sesión S15-1	Campus Digital
15.2	GB	Informe de evaluación de compañeros	Final sesión S15-1	papel
15.3	Ind	Ampliación prototipo final	Final sesión S15-2	Demostrar
15.4	GB	Informe sobre funcionamiento de grupo	Después de S15-2	Campus Digital
16.1	Ind	Prueba escrita individual (mínimos)	Semana de exámenes	papel

Los entregables más importantes (por ejemplo, los que tienen asociada una calificación) se acompañan de una rúbrica que describe los criterios de calidad del entregable (cómo

debe ser el entregable para que se considere que está bien). La Figura 2 muestra un ejemplo de rúbrica relacionada con los criterios de calidad utilizados para evaluar los proyectos de programación de la asignatura IC. Las rúbricas juegan un papel muy importante, porque:

- Si los alumnos tienen claro lo que se espera de ellos, es más probable que lo hagan bien
- Si los criterios están claros, el profesor tarda menos en corregir
- Con unos criterios claros pueden realizarse actividades de autoevaluación y evaluación entre compañeros (tal y como se describe en el siguiente apartado)

Todos estos aspectos son claves para abordar la que quizá sea la dificultad más importante del nuevo enfoque de las asignaturas: la gestión por parte del profesor de los entregables del curso, a partir de los cuales debe poder ofrecer retroalimentación a los alumnos, a tiempo para que puedan mejorar su aprendizaje durante el curso.

### **3.6 Autoevaluación y evaluación entre compañeros**

Tal y como se ha mencionado antes, las actividades de autoevaluación (cada alumno se evalúa a sí mismo) y evaluación entre compañeros (cada alumno evalúa el trabajo de otros) ayudan a reducir la carga de trabajo correspondiente a la gestión de entregables, y además, permiten que los alumnos desarrollen habilidades básicas como la capacidad para identificar los propios errores, o emitir juicios de valor sobre el trabajo de otros (de hecho, estos son algunos de los objetivos transversales de nuestras asignaturas).

Durante el curso, tanto en IC como en LP, se realizan varios ejercicios de autoevaluación, especialmente con los ejercicios de bajo nivel de competencia (que se caracterizan por el hecho de que hay pocas respuestas posibles al ejercicio). La mecánica es simple:

1. El estudiante hace un ejercicio de forma individual
2. Compara su solución con una “oficial” que se publica en la página web
3. Prepara un informe en el que identifica las diferencias entre su solución y la oficial, determinando si se trata de un error, o simplemente de una forma alternativa y correcta de resolver el ejercicio.

Este informe de autoevaluación forma parte de los entregables del curso, y permite tanto al alumno como al profesor obtener información sobre el progreso de su aprendizaje.

También se usa la evaluación entre compañeros en una de las últimas sesiones de clase de IC y de LP, para evaluar el proyecto final entregado por cada grupo. La sesión funciona de la siguiente forma:

- La primera hora se dedica a que los grupos pongan a punto su proyecto. Si la cosa ha ido bien, ya se presentan con todo listo, o en todo caso, dedican el tiempo a añadir los últimos comentarios, o últimos detalles de presentación.
- Durante la segunda hora de la sesión, cada grupo evalúa el proyecto de otros dos grupos (media hora para cada proyecto).

La evaluación se basa en los criterios de calidad especificados en la rúbrica correspondiente, y se plasma en un informe que se entrega al profesor (y una copia al grupo evaluado). Los informes resultan de gran ayuda para el profesor, que normalmente da por buenas las evaluaciones realizadas (y pone la calificación a partir de ellas), excepto cuando las dos evaluaciones de un proyecto son significativamente distintas (en cuyo caso, el profesor revisa con mayor profundidad el proyecto).

<b>Criterios para la evaluación de los proyectos</b>			
	<b>Nivel de calidad</b>		
<b>Criterio</b>	<b>3 Notable</b>	<b>2 Suficiente</b>	<b>1 Insuficiente</b>
<b>Correcto</b>	La realiza todas las funciones previstas y funciona bien con todas las pruebas que he hecho (ha fallado como máximo una vez), y eso que he hecho muchas pruebas.	La aplicación ha fallado en tres o cuatro ocasiones.	La aplicación falla con mucha frecuencia. Está claro que no está bien.
<b>Robusto</b>	La aplicación resiste sin bloquearse todos los errores típicos que pueden aparecer. No he conseguido que se cuelgue.	Es razonablemente robusto. No es fácil que se queda colgado, pero en uno o dos casos se bloqueó.	La aplicación no es robusta en absoluto. Se queda colgada con frecuencia ante errores típicos.
<b>Amigable</b>	El usuario no tiene ninguna duda, en ningún momento, sobre cómo interactuar con la aplicación, qué datos debe entrar y cómo, y cómo interpretar los resultados y mensajes de la aplicación.	Los mensajes e información que da la aplicación son suficientes para trabajar bien. Sin embargo, el alguna ocasión he tenido algunas dudas sobre lo que hay que hacer o cómo hay que hacerlo.	El usuario tiene dudas constantes sobre lo que le está pidiendo la aplicación, y es difícil interpretar los resultados y mensajes en pantalla.
<b>Bien organizado y documentado</b>	El código está bien organizado. Es muy fácil encontrar el punto de la aplicación que hay que tocar para realizar alguna modificación en la funcionalidad. Cada procedimiento y función tiene un comentario inicial que explica lo que hace, y cuáles son los parámetros. Además, los puntos del código especialmente complicados tienen un comentario suficientemente clarificador. Las variables, procedimientos y funciones tienen nombres que ayudan a comprender para qué se usan. El código está bien indentado.	Está razonablemente bien organizado y documentado, aunque en algún caso, la estructuración en procedimientos y funciones podría ser mejor. Los comentarios son suficientes, aunque echo de menos alguna aclaración más en algún punto del código.	La estructura del código no tiene lógica, y no hay comentarios (o los que hay no clarifican nada). El código no está bien indentado. Sería incapaz de modificar este código para añadir alguna funcionalidad nueva o arreglar algún error.
<b>Comparado con el nuestro</b>	Este código es mejor	Este código es similar	Este código es peor

**Figura 2. Criterios de calidad (rúbrica) para la evaluación de los proyectos en la asignatura IC**



La sesión en que se realiza esta actividad acostumbra a ser la más divertida y estimulante del curso para todos, excepto si los grupos llegan a esa sesión con el proyecto todavía sin funcionar, y después de la primera hora de clase, todavía no están preparados para la evaluación. Esto pasó en las primeras ediciones de los cursos en el nuevo formato, y no ha sido hasta recientemente que hemos conseguido mejorar la situación, mediante una mejor planificación y seguimiento, en las semanas anteriores a la sesión de evaluación, para garantizar que la mayoría de los grupos llegan a la última sesión con el proyecto listo, y con ganas de enseñarlo a los demás.

En todo caso, es importante volver a subrayar la importancia de utilizar apropiadamente la información que nos proporcionan los entregables para intervenir adecuadamente en el proceso de aprendizaje de los alumnos. Así por ejemplo, una de las tareas que realizamos de forma sistemática es entrevistarnos con aquellos estudiantes que, después de 5 ó 6 semanas de curso, han puesto de manifiesto a través de sus entregables, que tienen dificultades para seguir el curso. La entrevista puede ser simplemente una manifestación de nuestro interés por sus dificultades, aunque normalmente acaba con la propuesta de ejercicios de refuerzo. En todo caso, la entrevista acostumbra a tener un fuerte impacto motivador en el estudiante.

### **3.7 La calificación**

El esquema de calificación del alumno, en ambas asignaturas es el siguiente:

- 10%** La entrega a tiempo de al menos el 80% de los entregables individuales (la nota se reducirá si los entregables se entregan tarde)
- 10%** La entrega a tiempo de al menos el 80% de los entregables de grupo (la nota se reducirá si los entregables se entregan tarde)
- 10%** Un ejercicio individual en la semana 7
- 20%** Un ejercicio individual en la semana 13
- 10%** Primera entrega (parcial) del proyecto (la misma nota para todos los miembros del grupo)
- 20%** Segunda entrega (final) del proyecto (la misma nota para todos los miembros del grupo). La calificación se determina en la sesión de evaluación entre compañeros.
- 10%** Una entrevista final relativa al proyecto. Será una entrevista oral más una prueba delante del ordenador sobre el proyecto.
- 10%** Valoración de la actitud y la participación del alumno

Como se puede observar, en el esquema de calificación se premia el mero hecho de realizar las tareas previstas y presentar los entregables a tiempo. Se pretende con ello que los alumnos se sientan estimulados a recorrer el camino que se ha trazado, y que debe conducirles inexorablemente al aprendizaje. No obstante, se exige la entrega de al menos el 80% de los entregables. En caso contrario, se asumirá que el alumno no está realizando las tareas y que, por tanto, ha abandonado la asignatura.

Por otra parte, se han previsto dos pruebas individuales que sirven para verificar que cada alumno ha asimilado un conjunto mínimo de conocimientos, con independencia de lo bien o lo mal que esté el proyecto que realizará en grupo. Si el alumno no obtiene una calificación mínima en estas pruebas, entonces no puede superar la asignatura. Está previsto que si un alumno no supera esos conocimientos mínimos en las pruebas de las semanas 7 y 13 tenga una última oportunidad durante la semana de exámenes finales (semana 16). En todo caso, para estimular a los alumnos para que se ayuden

mutuamente a alcanzar estos mínimos se aplica la regla de subir un punto en la calificación de cada prueba si TODOS los miembros del grupo base obtienen más de 6 puntos (sobre 10) en la prueba.

Una buena parte de la calificación se asigna al proyecto, y todos los miembros del grupo obtienen la misma calificación. En todo caso, durante la entrevista final cada alumno hace un ejercicio individual sobre cualquier aspecto del proyecto (normalmente, una ampliación sencilla del programa). Con ello se pretende evitar que cada alumno se centre en su parte del proyecto e ignore el trabajo del resto del grupo.

Por último, el 10% de la calificación corresponde a la valoración de la actitud y la participación del alumno, lo cual permite al profesor ajustar las calificaciones premiando a los alumnos que han mostrado mayor interés, o que han asumido un rol más activo en el proyecto.

En resumen, se pretende que el esquema de calificación refuerce los siguientes mensajes para el alumno:

- Si haces las tareas previstas aprobarás
- Si no haces las tareas previstas NO aprobarás
- Nos aseguraremos de que individualmente alcanzas los conocimientos mínimos
- El proyecto es importante (se lleva una buena parte de la nota)
- No puedes desentenderte de lo que hacen tus compañeros en el proyecto

## **4 Valoración**

Las asignaturas en el nuevo formato se probaron durante el curso 2004-2005 en contextos acotados y controlados, antes de aplicarlas de forma generalizada a todos los grupos, cosa que ha ocurrido por primera vez durante el primer cuatrimestre del curso 2005-2006. La valoración que se hace aquí (basada en estas experiencias) es, por tanto, una valoración preliminar, ya que habrá que esperar al menos dos o tres cursos para que todos los cambios se vayan asentando.

### **4.1 Observaciones generales**

La experiencia que tenemos con las asignaturas en el nuevo formato nos ha permitido observar ya algunas cosas, que describimos a continuación.

Se ha reducido el abandono de las asignaturas respecto al formato anterior. Por ejemplo, en la asignatura IC el abandono ha sido del 12%, cuando normalmente no bajaba del 30%. Tal y como se ha comentado antes, el nuevo formato contiene varios elementos motivadores, que ayudan al alumno a persistir en el esfuerzo:

- El proyecto permite plantear un objetivo final ambicioso y estimulante
- El plan de trabajo ofrece un camino de pasos asequibles para alcanzar el objetivo
- El trabajo en grupo establece vínculos y compromisos entre los alumnos

El nuevo esquema permite flexibilizar la dedicación del profesor. Ahora tenemos menos horas de clase a horarios prefijados, y ese tiempo se dedica a preparar materiales y (especialmente) ha supervisar los entregables (tareas que se pueden hacer en los horarios más convenientes para el profesor). En general se tiene la sensación de que con el nuevo esquema hay más trabajo, pero también se piensa que una vez estén bien asentados los materiales, y se dominen las estrategias para gestionar de forma eficiente los entregables, el tiempo de dedicación no debe ser mayor que en el esquema anterior.

La dinámica de la clase ha mejorado con el uso de portátiles, en contraposición al uso de ordenadores fijos. Por una parte, es más cómodo alternar en la misma clase el trabajo de papel o pizarra con el trabajo de ordenador. Por otra parte, la movilidad de los alumnos y profesores para compartir dudas y hacer aclaraciones es mayor. Finalmente, se observa que algunos alumnos se traen su propio portátil a clase, con lo cual se mejora la productividad.

El rendimiento académico (medido en términos de porcentaje de aprobados) ha aumentado ligeramente. En la Tabla 2 se muestra los resultados del rendimiento académico de la asignatura IC en el primer cuatrimestre del curso 2005-06.

**Tabla 2. Resultado del rendimiento académico de la asignatura IC del primer cuatrimestre 2005-06**

	MH	Excelente	Notable	Aprobado	Suspendido	NP
<b>Telecomunicaciones</b>	4,26%	7,92%	29,87%	13,41%	32,31%	12,19%
<b>Aeronáutica</b>	4,28%	15,71%	34,28%	20%	12,85%	12,85%

El temario no se ha reducido. En realidad, ha ocurrido lo contrario, porque para poder plantear un proyecto ambicioso en LP, y con suficiente carga de trabajo para grupos de tres o cuatro alumnos, ha habido que incorporar a la asignatura temas tales como programación orientada a objetos y programación visual, que se estaban impartiendo en la asignatura Laboratorio de Programación II (que se imparte en el segundo cuatrimestre del segundo año).

#### **4.2 Valoración de los profesores**

En general, los profesores estamos viviendo este proceso de cambio de forma un tanto traumática, como consecuencia de una serie de tensiones y dificultades que conviene tener bien presentes cuando se ponen en marcha cambios como los aquí descritos.

Por una parte, hemos comprobado que el profesor pasa con relativa frecuencia del entusiasmo a la decepción y viceversa. Por ejemplo, en las primeras semanas del curso los profesores solemos sorprendernos positivamente del alto grado de actividad de los alumnos (en comparación con esa pasividad característica de las clases expositivas). Pero de ahí se pasa rápidamente a la decepción cuando se ve que esa actividad no hace más que poner de manifiesto las carencias de los alumnos, y sus dificultades para hacer los ejercicios más simples. En ese momento, es muy fuerte la tentación para volver a la pizarra y dar las explicaciones necesarias para poner las cosas en su sitio. Es importante tener claro que estamos ante un sistema que pone al descubierto las dificultades del proceso de aprendizaje desde el primer momento, y nos ofrece una oportunidad de intervenir para mejorarlo, en contraposición de nuevo con los métodos más clásicos, en los que parece que todo va bien (todo el mundo entiende lo que hacemos en la pizarra) hasta el día del examen final, cuando se descubre que se ha aprendido poco, y ya no hay mucho tiempo para reaccionar.

A pesar de que las asignaturas se han impartido pocas veces todavía en el nuevo formato, se va apreciando ya la forma de esa curva de decepciones y entusiasmos (lo que podríamos llamar el biorritmo del curso). Sabemos por ejemplo que la primera fase del puzzle (ver Apartado 3.4) es un momento alto (los alumnos se toman muy en serio eso de explicarles el tema a los compañeros) pero el ejercicio de grupo para la integración de los tres temas suele ir mal, porque se ponen en juego muchas cosas nuevas de golpe. La impresión va mejorando lentamente, y al final los proyectos acaban

saliendo bien. Es, por tanto, muy importante tener bien dibujado el biorritmo del curso, para saber acompañar adecuadamente a los alumnos en los momentos de frustración.

Una segunda dificultad muy importante, de carácter técnico, es la gestión de los entregables. La cuestión clave es cómo producir a partir de los entregables, información útil para ayudar a los alumnos a mejorar. Está claro que el problema es más difícil de resolver cuanto mayor es el número de alumnos en clase. En este sentido, hay que reconocer que el tamaño de los grupos en la EPSC facilita notablemente las cosas. Actualmente estamos experimentando con herramientas de tipo Campus Digital (en concreto con la plataforma Moodle), que pueden ayudar en la gestión de la entrega y corrección ordenada de entregables en formato digital.

Una tercera dificultad es la evaluación de los alumnos, y en particular, la inseguridad que nos produce el ir reduciendo cada vez más el peso de los exámenes en el esquema de evaluación. Esta no es, en realidad, una dificultad técnica sino filosófica. Estamos acostumbrados a dar mucha importancia a lo que el alumno hace en un examen, al que atribuimos virtudes como objetividad, equidad, etc. Por ese motivo, asignar una parte importante de la calificación por el mero hecho de hacer tareas, o por trabajos en grupo, en los que no estamos seguros de lo que ha hecho cada miembro del grupo, nos genera una alta dosis de inseguridad.

Sin embargo, esta es una cuestión clave que si no se resuelve adecuadamente puede poner en peligro todo el planteamiento. En otras palabras, debe ser cierto lo que se apuntó en el apartado 3.1, es decir, que si el alumno hace todo el programa de actividades que hemos diseñado, al final aprueba. Los exámenes sólo son compatibles con el esquema en tanto en cuanto no pongan en crisis este principio básico de la programación centrada en el aprendizaje.

Un último aspecto importante es que, en el nuevo formato de las asignaturas, los profesores tenemos una imagen mucho más clara de dónde encuentran los alumnos las dificultades más importantes para el aprendizaje. Esa es una base magnífica para organizar un proceso de mejora continuada de la asignatura que, en pocos cuatrimestres, puede llevarnos a un programa formativo muy eficiente. En este sentido cabe señalar que en el momento en que se redacta la versión definitiva de esta ponencia estamos cerca del final del cuatrimestre segundo del curso 2005-2006 (segunda impartición de las asignaturas en el nuevo formato), y que se aprecian ya mejoras como consecuencia de los cambios introducidos a raíz de la primera experiencia.

### **4.3 La valoración de los alumnos**

Como mecanismo de recogida de información sobre la percepción de los alumnos a lo largo del curso utilizamos diferentes tipos de cuestionarios de opinión, en los que pueden poner de manifiesto los aspectos más positivos y los más negativos. Entre los comentarios negativos destacan los siguientes:

*Necesito más clases teóricas*

Los alumnos no acaban de acostumbrarse a la idea de que pueden enfrentarse a los problemas sin haber aprendido toda la teoría necesaria (principio básico del aprendizaje basado en proyectos). Tienden a achacar sus dificultades en el aprendizaje a la falta de horas de teoría en las que el profesor les explique todo lo que deben saber (cosa a la que han sido acostumbrados por el sistema).

### *El libro no está claro*

El libro de la asignatura siempre fue un recurso muy valorado cuando se usaba como complemento a las clases de teoría. Sin embargo, cuando los alumnos lo han usado como material básico para autoaprendizaje, se ha puesto de manifiesto que tiene muchas limitaciones. Esto pone de manifiesto la necesidad de preparar materiales específicos de autoaprendizaje, cosa que estamos empezando a hacer.

### *No es verdad que se parta de cero*

Una de las premisas de la asignatura IC es que partimos de cero, suponiendo que los alumnos no tienen conocimientos previos de programación, y así lo decimos en el primer día de clase. Sin embargo, al poco tiempo algunos alumnos tienen más éxito en los ejercicios que otros, y los que tienen más dificultades se quejan de que no es verdad que partamos de cero. Es un ejemplo más de que para alumnos y profesores se hace difícil convivir constantemente con las dificultades del aprendizaje. Desde ese punto de vista, los métodos tradicionales resultan más confortables para todos.

### *Demasiado tiempo para las actividades*

La guía de actividades da una indicación del tiempo estimado para cada actividad. Hemos comprobado que hay alumnos que pueden dedicar mucho más tiempo, de forma improductiva, dando vueltas y más vueltas a un problema. La situación se vuelve en contra nuestra cuando los alumnos se quejan de que las actividades están mal dimensionadas, y requieren mucho más tiempo del previsto, o cuando profesores de otras asignaturas se quejan de que las nuestras consumen excesivo tiempo de los alumnos.

Una estrategia que nos está resultando útil para tener bajo control el tiempo de dedicación de los estudiantes es establecer como norma general de las asignaturas la indicación de que los alumnos no deben dedicar a una tarea más tiempo del previsto en la guía. Si en el tiempo previsto la tarea no se ha acabado, el alumno debe dedicar unos minutos más para identificar por escrito las posibles razones, y discutir las en clase con otros compañeros y con el profesor. Éste puede decidir eventualmente que el alumno debe dedicar más tiempo, pero ahora la situación ya está bajo su control.

En general, la estimación del tiempo de las asignaturas es siempre algo difícil, porque no todos los alumnos progresan con la misma velocidad. Pero en cualquier caso, los alumnos que aspiran a ser ingenieros deben aprender a realizar el mejor trabajo posible en un tiempo prefijado. Por eso consideramos que, además de facilitar el control del tiempo de dedicación a la asignatura, la norma de no dedicar más tiempo del previsto tiene un cierto valor pedagógico en la formación de los ingenieros.

Los comentarios positivos más frecuentes son los siguientes:

### *El trabajo en grupo gusta mucho*

Esto siempre es así. Si bien puede haber casos aislados de alumnos que prefieren trabajar solos, cualquier encuesta de opinión pondrá de manifiesto que a los alumnos les gusta trabajar en grupo.

### *Se agradece la planificación detallada (la página Web es muy útil)*

Hemos comprobado que disponer de una página Web con la planificación del trabajo semanal muy detallado resulta altamente motivador para los alumnos, que perciben el camino como más asequible. La plataforma que usamos actualmente (basada en Moodle) facilita además la gestión de los entregables. En particular, los alumnos pueden

enviar los entregables electrónicos y los profesores podemos poner comentarios a esos entregables. Es posible acceder a la página Web de las asignaturas IC y LP entrando en el Campus Digital de la UPC [7] como visitante, seleccionando primero 2005/06-02 EPSC (en el menú de la izquierda) y finalmente la asignatura IC (Introducció als Computadors (Aeronàutica) (Grup 1A)) o LP (Laboratori de Programació (Grup 1B)) .

*Noto que voy mejorando*

En la segunda mitad del curso los alumnos empiezan a manifestar su satisfacción al ver que progresan (las cosas empiezan a salir).

*Me sorprende lo que hemos sido capaces de hacer*

Este es uno de los elementos que más valoramos. Cuando se organiza una asignatura utilizando aprendizaje basado en proyectos es más fácil conseguir que los alumnos (y también los profesores) queden sorprendidos al final del curso con los resultados. Desde nuestro punto de vista, este es un elemento clave para conseguir que los alumnos desarrollen una confianza en sus propias posibilidades, y para que acaben la asignatura con ganas de seguir aprendiendo.

**Tabla 3. Resultados de la encuesta de un grupo de la asignatura IC**

Marca en la escala de la derecha (de 1 a 5) la opción que mejor refleja tu grado de acuerdo con cada una de las siguientes afirmaciones relacionadas con la asignatura. Contesta con la máxima sinceridad. Tus respuestas serán de gran valor para mejorar el curso en futuras ediciones.		
1	En este curso he aprendido cosas que considero valiosas para mi formación	4,45
2	La labor del profesor me ha facilitado el proceso de aprendizaje	4,36
3	El material del curso está bien preparado y es adecuado	4,09
4	En todo momento he tenido claro lo que tenía que hacer (tanto en clase como fuera de clase)	3,90
5	Siempre me he sentido bien informado sobre mi progreso (o falta de progreso) en el curso	4,45
6	El trabajo en grupo me ha resultado de gran ayuda	3,63
7	La forma de evaluación me ha parecido adecuada	4,18
8	Este curso me ha ayudado a mejorar la gestión que hago de mi propio tiempo	3,81

Además de los cuestionarios de opinión a lo largo del curso, administramos al final una encuesta para que los alumnos realicen una valoración final del curso. La Tabla 3 muestra los resultados de la encuesta para un grupo de la asignatura IC. La valoración de cada afirmación corresponde a una escala de 1 (en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo).

Los resultados ponen de manifiesto, por encima de todo, la sensación de haber aprendido mucho. Por lo demás, el curso fue muy bien valorado por los alumnos en todos los aspectos.

Así pues, en general, puede decirse que las asignaturas son más duras para los alumnos porque, tal y como se ha indicado antes, desde el principio se ponen de manifiestos sus dificultades para aprender. Pero por el contrario, al final valoran muy positivamente los logros conseguidos.

## 5 Conclusiones

En esta ponencia se han descrito los cambios introducidos en dos asignaturas de programación de ordenadores con el objetivo de adaptarlas a los requerimientos del sistema europeo de créditos. Las características más importantes de esa adaptación son:

- Se ha realizado una programación detallada de las actividades que deben realizar los alumnos a lo largo del curso, así como de los entregables que deben realizar como resultado de esas actividades. Desde nuestro punto de vista, este es un aspecto clave, que contrasta con los planteamientos más clásicos en los que el énfasis fundamental está en la planificación del trabajo del profesor en clase.
- Se ha reducido el número de horas de clases de teoría y se han substituido por horas de trabajo personal del alumno (individual o en grupo). En esas horas de clase liberadas, los profesores realizan tareas de supervisión del trabajo de los alumnos (a partir de los entregables del curso).
- En el diseño de las actividades del curso se hace un amplio uso de estrategias de aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en proyectos, autoevaluación y evaluación entre compañeros.

Aunque aún es pronto para obtener conclusiones definitivas sobre la experiencia (que todavía está en vías de consolidación), si que podemos señalar lo siguiente:

- El nuevo programa de las asignaturas es más duro, tanto para los alumnos como para los profesores. En buena medida, esta mayor dureza se debe al hecho de que desde el primer momento se ponen de manifiesto las dificultades de los alumnos en el proceso de aprendizaje, lo cual provoca oscilaciones frecuentes en el estado de ánimo, tanto en alumnos como en profesores.
- El programa es también más duro en términos de dedicación. Por una parte, los estudiantes deben dedicar más tiempo del habitual. Si bien es cierto que uno de los objetivos del cambio es justamente aumentar la dedicación de los alumnos, también es cierto que la nueva situación puede provocar rechazo por su parte. En este sentido, el control del tiempo de dedicación es una labor fundamental.
- Los profesores hemos realizado un esfuerzo notable en la fase de planificación y preparación de nuevos materiales. Este esfuerzo puede asumirse más fácilmente si la labor se plantea como un trabajo en equipo, que ha sido nuestro caso. Nuestra experiencia indica que el esfuerzo de mantener la asignatura en funcionamiento, una vez preparada, no es muy superior en el nuevo formato que en el anterior. Esto es gracias al uso de técnicas de autoevaluación y evaluación entre compañeros para la supervisión de los entregables, y a la reducción de horas de clase expositiva, que dedicamos ahora a la revisión de entregables. Consideramos que esta es una conclusión importante, porque existe una opinión generalizada de que los nuevos métodos docentes son mucho más exigentes en tiempo para el profesorado.
- En el nuevo formato, la experiencia de aprendizaje es más satisfactoria para profesores y alumnos, porque gracias al uso de estrategias de aprendizaje basado en proyectos es más fácil conseguir resultados notables, que mejoren la autoconfianza de los alumnos en sus propias posibilidades.
- Los primeros resultados confirman una reducción clara en el nivel de abandono de las asignaturas, y una ligera mejora en los rendimientos académicos.

## 6 Referencias

- [1] Escola Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC), <http://www.epsc.upc.edu>
- [2] ¿Cómo nos ayuda el Tour de Francia en el diseño de programas docentes centrados en el aprendizaje?. Miguel Valero-García. NOVATICA, N° 170 Julio-Agosto 2004, p. 42.
- [3] Active learning: Cooperation in the collage classroom. David W. Johnson, Roger T. Johnson y Karl A. Smith. Edina, Minnesota: Interaction Book Company.

- [4] Project Based Learning, a guide to Standard-focused project based learning for middle and high school teachers. Buck institute for education, 18 Commercial Boulevard, Novato, California 94949
- [5] Página Web del Profesor Elliot Aronson (Jigsaw Classroom), <http://www.jigsaw.org/>
- [6] La técnica del Puzzle al servicio del aprendizaje de la programación de ordenadores. J. Anguas, L. Díaz, I. Gallego, C. Lavado, A. Reyes, E. Rodríguez, K. Sanjeevan, E. Santamaría y M. Valero. XII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2006). Bilbao, 12 a 14 de Julio 2006.
- [7] Campus Digital de la UPC, <http://atenea.upc.edu/moodle/>