

Cómo empezar fácil con PBL

Miguel Valero-García
Dept. Arquitectura de Computadores
Universidad Politécnica de Cataluña
Esteve Terradas n. 7
08860 Castelldefels
miguel.valero@upc.edu

Javier García Zubia
Dept. Tecnologías Industriales
Universidad de Deusto
Avda. de las Universidades n. 24
48007 Bilbao
zubia@deusto.es

Resumen

Se propone un esquema para el diseño de una actividad de aprendizaje basado en proyectos que tenga en cuenta los factores clave para el éxito. El esquema puede adaptarse a cualquier asignatura y en todo caso puede proporcionar una experiencia modesta pero potencialmente exitosa sobre la cual reflexionar para abordar retos más ambiciosos.

Summary

We propose a scheme to design an activity for project based learning taking into account the key issues to maximize the probability of success. The scheme can be adapted to any subject and can provide a guided experience to reflect on it and to stimulate more ambitious challenges.

Palabras clave

Aprendizaje basado en proyectos, planificación de actividades y entregas, evaluación.

1. Introducción

El aprendizaje basado en proyectos (en inglés Project Based Learning o PBL) [1] está mereciendo cada vez mayor atención, especialmente en el contexto de la enseñanza de la ingeniería. Al menos hay dos motivos para ello. Por una parte, son cada vez más los ejemplos exitosos de aplicación a todos los niveles, desde asignaturas (o partes de asignaturas) de unos pocos créditos [2], pasando por grupos de dos o tres asignaturas que se asocian para favorecer el despliegue de PBL [3] hasta incluso instituciones que utilizan esta metodología como principio organizativo de alguno de (o todos) sus planes de estudio [4].

La segunda razón del creciente interés en PBL es que esta metodología ofrece una respuesta integral a buena parte de los retos que el EEES ha puesto encima de la mesa, como por ejemplo, la utilización eficaz del tiempo de dedicación del

estudiante dentro y fuera de clase (de acuerdo con los créditos ECTS) o el desarrollo de habilidades genéricas a lo largo del plan de estudios (aprendizaje autónomo, trabajo en grupo, etc.).

Sin embargo, PBL no es fácil de aplicar. Incluso en sus dosis más modestas (un proyecto de 4 ó 5 semanas en una asignatura de pocos créditos) PBL implica cambios profundos en la organización del proceso de enseñanza y aprendizaje y en el rol de profesores y estudiantes. Algunos de estos cambios requieren la utilización de técnicas que, con mayor o menor esfuerzo, todos podemos aprender. Pero otros cambios tienen que ver con nuestros principios y creencias en relación a la labor docente, que no siempre son fáciles de cambiar.

Como consecuencia de ello, no son infrecuentes los casos de experiencias de utilización de PBL con resultados frustrantes que lejos de servir de acicate en un proceso de mejora continuada se convirtieron finalmente en un desestímulo y freno a nuevas aventuras o en una confirmación de hipótesis de partida tales como *“los estudiantes no están preparados para esto”*.

De acuerdo con la experiencia que hemos acumulado en la utilización de PBL en nuestras asignaturas y en labores de promoción de la metodología y formación de profesorado, creemos que es posible ofrecer unas pautas muy concretas que pueden permitir la introducción de PBL de manera que se tengan en cuenta los factores esenciales para el éxito. Si bien es cierto que en docencia no hay “recetas” que sirvan para todos los casos, creemos que estas pautas para la introducción de PBL pueden resultar eficaces para ayudar a cosechar un primer éxito que, aunque modesto, nos ayude a afrontar aventuras más ambiciosas. En este artículo describimos estas pautas e ilustramos su aplicación con un ejemplo. Los autores han utilizado (o han ayudado a utilizar) estas pautas en una variedad de casos y contextos con buenos resultados, por lo que consideran que estas pautas pueden ser de interés para muchos.

CUATRO ERRORES HABITUALES	
#1 Asignar un bajo peso al proyecto en la calificación de la asignatura	Si el peso es bajo los estudiantes no se tomarán en serio el trabajo y los resultados serán decepcionantes (y algunos copiarán).
#2 No realizar un seguimiento del trabajo de los estudiantes	Se dejarán el trabajo para el último momento y tendrán dificultades sin tiempo de reacción (incluso copiarán). Este error se da con frecuencia combinado con el anterior error (y la combinación es explosiva).
#3 Mantener un examen final tradicional (incluso aunque tenga poco peso)	Cuando el peso del proyecto y el seguimiento son adecuados, el esfuerzo de los estudiantes es mayor y los resultados mejores. Pero entonces dedicarán menos esfuerzo a preparar el examen final tradicional (que tendrá un peso pequeño). Además, probablemente realizar un proyecto no es la mejor forma de preparar el examen. En cualquier caso, los resultados del examen serán decepcionantes (y nos asaltarán dudas de que el proyecto sirva para aprender).
#4 Asignar un peso en la nota a cada entrega	A mitad de camino, los estudiantes que hayan acumulado ya muchos puntos se relajarán y los que hayan conseguido pocos se relajarán más (y algunos abandonarán).
CINCO FACTORES CLAVE PARA EL ÉXITO	
#1 Plantear un reto ambicioso (pero asequible) con criterios claros	Los estudiantes (y en general, las personas) se motivan más cuando se les plantea un reto ambicioso (incluso que parece por encima de sus posibilidades). Si además los criterios de calidad del producto y los criterios de evaluación del curso están claros es más fácil que hagan un buen trabajo (y será más fácil para nosotros evaluarlo).
#2 Planificar el trabajo de forma minuciosa	La mejor forma de que los estudiantes perciban que el reto ambicioso es a la vez asequible es presentarles un plan detallado de lo que tienen que hacer semana a semana para alcanzar el objetivo.
#3 Generar interdependencia positiva y exigibilidad individual	Los estudiantes deben tener la percepción de que sólo van a conseguir el éxito si todos los miembros del grupo se implican en el trabajo (interdependencia positiva). Además, debe quedar claro que cada estudiante deberá rendir cuentas individualmente de su nivel de aprendizaje, según los objetivos formativos establecidos (exigibilidad individual).
#4 Realizar un seguimiento del trabajo que realizan los estudiantes	El proyecto debe tener asociado una serie de entregas, no sólo finales sino también a lo largo del proceso. Estas entregas motivarán a los estudiantes a realizar el trabajo de manera continuada y permitirán al profesorado hacer un seguimiento. Especialmente importante es planificar una entrega tipo “primera versión del producto final” que permita al profesorado tener una visión global del proyecto a tiempo de intervenir si es necesario para ayudar a conseguir el éxito final.
#5 Diseñar adecuadamente el método de evaluación	El método de evaluación debe proyectar nitidamente la idea de que para aprobar la asignatura no hay más camino que trabajar de manera continuada, hacer un buen proyecto y superar las exigencias de aprendizaje individual establecidas.

Tabla 1: Errores habituales y factores claves para el éxito en la aplicación de PBL

2. Errores habituales y factores clave

Las experiencias frustrantes en la utilización de PBL no son infrecuentes. En algunos casos el mal resultado puede ser debido a que la metodología no es adecuada para el contexto en el que se ha aplicado (naturaleza de la materia, objetivos formativos, tipo de estudiantes, etc.). Sin embargo, casi siempre el problema radica en que se ha cometido alguno de los errores habituales que se describen en la tabla 1. A partir de esta lista de errores habituales no resulta difícil derivar una lista de factores clave para el éxito en la implantación de PBL (o al menos para reducir las probabilidades de fracaso). Los cinco factores clave que consideramos más importantes se describen también en la tabla 1. En la siguiente sección se propone una guía para la introducción de PBL de manera que se tengan en cuenta los factores clave para el éxito (y se eviten, por tanto, los errores habituales).

3. El esquema propuesto

El esquema propuesto permite diseñar una actividad PBL que puede funcionar bien en grupos de clase de hasta 60 alumnos, con una carga de trabajo asumible para el profesorado en el tiempo correspondiente a la dedicación típica semanal (8 horas de clase y 6 de consulta).

La tabla 2 muestra el esquema para la introducción de la actividad PBL, en forma de planificación de actividades y entregas. Con fondo gris se muestran las actividades y entregas que se realizan en clase y con fondo blanco las que se realizan fuera de clase. En negrita se indican las tareas fuera de clase que los estudiantes deben realizar en grupo base (un grupo base es un equipo de estudiantes que va a realizar el proyecto). Junto a cada entrega se indica (entre paréntesis) si se trata de una entrega individual (I), de grupo base (G) o de grupo temporal (GT).

Tareas	Entregas
Presentación y demostración del proyecto Formación de grupos Presentación del puzzle y reparto	#1 (G) Acta de constitución de grupo
Estudio individual	#2 (I) Dudas y resultados
Reunión de expertos Realización de un ejercicio de profundización	#3 (I ó GT) Resultado del ejercicio de profundización
Preparación individual de explicación, ejercicios y soluciones Explicaciones en grupo, por turnos Realización de los ejercicios con autoevaluación	#4 (I) Ejercicios para compañeros #5 (I) Autoevaluación
Aclaración de dudas Presentación del ejercicio de integración	
Realización del ejercicio de integración	
Demostración del ejercicio de integración Presentación de ampliaciones individuales y reparto	#6 (G) Ejercicio de integración
Realización de la ampliación individual Integración de ampliaciones individuales para producir el primer prototipo	
Demostración del primer prototipo Planificación de la versión final	#7 (G) Primer prototipo #8 (G) Plan
Tareas de acuerdo con el plan (algunas individuales y otras en grupo)	
Demostración de la versión final Realización del ejercicio individual	#9 (G) Versión final #10 (I) Resultado del ejercicio individual

Tabla 2: Esquema propuesto para el diseño de la actividad PBL

El grupo temporal está formado por miembros de grupos base diferentes que se reúnen temporalmente para realizar una tarea concreta. En función del número ECTS de la asignatura, del número de sesiones de clase a la semana y del tiempo de dedicación a cada actividad, el plan puede adaptarse para que la actividad tenga una duración de entre 4 y 10 semanas. En los apartados siguientes se dan más detalles de los diferentes elementos que configuran la propuesta.

3.1. El proyecto

El proyecto (que será el mismo para todos los grupos) debe tener como resultado uno o varios productos que elaboran los estudiantes en equipo (un informe, un programa de ordenador, una presentación oral, etc.).

Hay que prever una primera versión del producto (primer prototipo) y una versión final. El primer prototipo debe contener lo esencial del proyecto y debe entregarse a tiempo de poder hacer rectificaciones de cara a la versión final.

La versión final debe contener los elementos del primer prototipo ya correctamente implementados (atendiendo a la evaluación formativa del primer prototipo), elementos adicionales obligatorios y elementos adicionales opcionales, que incluso pueden ser determinados

por cada grupo según sus intereses. Así queda muy claro lo que es obligatorio para todos y lo que es opcional “para nota”.

El enunciado del proyecto debe venir acompañado con una rúbrica que especifique los criterios de calidad para el producto final. En esa rúbrica debe quedar claro, entre otras cosas, el peso que tienen en la nota los elementos opcionales.

En la sesión en la que se presenta el proyecto y los criterios de calidad y de evaluación debe realizarse, si es posible, una demostración de proyectos de cursos anteriores que normalmente ayudará a proyectar la idea de que el reto es ambicioso.

3.2. Formación de grupos

Los grupos serán de 3 personas (y alguno de 4 si es necesario). La formación de los grupos puede ser aleatoria, como ellos quieran, o según unos criterios establecidos por el profesor. En todo caso, en clase, después de la presentación del proyecto y la formación de grupos (si no han sido formados antes) los grupos se reúnen para elaborar el acta de constitución del grupo, donde deben indicar:

1. Nombre de los miembros que forman el grupo

2. Franjas horarias fuera de clase en las que todos los miembros del grupo están libres para reuniones
3. Acuerdo en cuanto al nivel de ambición del grupo (“*todos vamos a por la máxima nota*” o “*todos vamos simplemente a por el aprobado*”)

Si el grupo no encuentra franjas horarias libres en común o no están de acuerdo en el nivel de ambición entonces se producen los cambios de grupo que sean necesarios.

3.3. El puzle

El trabajo inicial del proyecto debe repartirse en tres tareas independientes. Esas tareas pueden consistir en el estudio de material de teoría, el estudio y puesta a punto de herramientas para el proyecto, la búsqueda de información, etc.

Cada miembro del grupo base se asigna una de esas tareas, que debe realizar de forma individual. En el caso de grupos de 4, uno de los temas (por ejemplo, el más difícil) es preparado independientemente por dos miembros del grupo.

Después del trabajo individual, en clase se realiza la reunión de expertos. Miembros de grupos base distintos pero que han realizado la misma parte del puzle se reúnen (en grupos de 3 ó 4) para compartir dudas y profundizar en el aprendizaje de su parte del trabajo (a través de un ejercicio de profundización proporcionado por el profesor, que puede realizarse de forma individual o en grupos de expertos).

Acabada la sesión de clase, cada miembro del grupo base se prepara en casa una explicación de lo aprendido para los compañeros de grupo. Además prepara algunos ejercicios con soluciones que entregar a sus compañeros para que practiquen con el tema que les explicará.

Después, cada grupo base debe reunirse para que, por turnos, cada miembro explique al resto su parte del trabajo y reparta a los compañeros (con copia al profesor) los ejercicios preparados. Finalmente, cada estudiante intenta resolver los ejercicios recibidos y realiza un informe de autoevaluación a partir de la comparación de sus soluciones con las proporcionadas por los compañeros.

3.4. Ejercicio de integración

Finalizado el puzle y tras posibles aclaraciones que realiza el profesor en la sesión 3, se presenta el ejercicio de integración. Se trata de una tarea

para la que se necesitan las tres partes del puzle y que, por lo tanto, deben hacer los tres miembros del grupo juntos. Además, este ejercicio de integración es la “semilla” del proyecto. Conviene iniciarlo en clase bajo la supervisión del profesor. El ejercicio se completa fuera de clase. Se espera que esta tarea la realicen en grupo (es decir, todos los miembros del grupo juntos realizando el ejercicio).

3.5. Ampliaciones individuales y primer prototipo

Una vez entregado el ejercicio de integración se proponen tres ampliaciones individuales a ese ejercicio (las mismas ampliaciones para todos los grupos), diseñadas de tal manera que el ejercicio de integración más las tres ampliaciones constituyan esencialmente el primer prototipo del proyecto. Idealmente cada una de las tres ampliaciones requiere el uso de los conocimientos de las tres partes del puzle. Cada miembros de grupo hace una de las ampliaciones y luego el grupo se reúne para integrar las ampliaciones y poner a punto el primer prototipo. Debe preverse una cuarta ampliación para el caso de los grupos de 4 estudiantes.

3.6. Versión final

Después de la entrega y evaluación del primer prototipo, cada grupo debe abordar la realización de la versión final, para lo cual debe planificar el trabajo a realizar (definición de tareas, fechas de entregas y reparto de trabajo). Naturalmente, ese trabajo puede incluir el estudio de temas nuevos. En todo caso, en la versión final deben incorporarse:

1. Las mejoras que se deriven de la evaluación del primer prototipo realizada por el profesor
2. Los elementos obligatorios correspondientes a la versión final
3. Los elementos optativos que el grupo haya acordado

3.7. Conocimientos básicos

Conviene identificar los conocimientos básicos que todos y cada uno de los estudiantes deben conseguir en relación a los temas implicados en el proyecto, con independencia del tema en el que se ha especializado cada estudiante como consecuencia de la mecánica del puzle. Esos conocimientos básicos que todos deben tener se

evaluarán de forma individual (por ejemplo, mediante exámenes). En el esquema mostrado en la tabla 2 no se indica en qué momento se realiza la evaluación de los conocimientos básicos (probablemente un examen en clase). Además, es conveniente que los estudiantes tengan al menos dos oportunidades para examinarse de los conocimientos básicos. En todo caso, al adaptar el esquema al caso concreto será necesario ubicar en el tiempo estas actividades de evaluación de conocimientos básicos.

Es importante graduar bien la cantidad de conocimientos básicos. Una cantidad excesiva no permitirá a los estudiantes especializarse en ninguno de los temas, poniendo en riesgo el nivel de ambición del proyecto. Pero una cantidad pequeña pone en riesgo la exigibilidad individual.

3.8. Calificación

La calificación de la asignatura debe obtenerse a partir de tres elementos: las entregas del curso, los resultados del proyecto y los conocimientos básicos. Por una parte, los estudiantes deben poder obtener entre un 10% y un 20% de la calificación final por el mero hecho de realizar las entregas del curso a tiempo. Estamos suponiendo aquí que se han planificado entregas a lo largo de todo el curso y no sólo durante el tiempo que dura el proyecto. Puede ser conveniente establecer algún requisito mínimo de calidad para que una entrega sea aceptada (por ejemplo, que use la plantilla establecida, que no tenga faltas de ortografía, etc.), pero la idea es premiar con esta componente el esfuerzo continuado de los estudiantes.

Por otro lado, debe establecerse el requisito de realizar a tiempo al menos un cierto porcentaje de entregas (por ejemplo un 80%), sin el cual no puede superarse la asignatura. De este modo, resulta evidente que no hay más camino para aprobar la asignatura que llevar a cabo el plan de actividades y entregas establecido.

El porcentaje de calificación asignado a los resultados del proyecto debe ser aproximadamente el 50% (podría ser algo inferior si la actividad se extiende a lo largo de menos de 6 semanas). Esta calificación se obtiene a partir de tres elementos:

1. Calificación de la versión preliminar del producto del proyecto (por ejemplo, el 10%)
2. Calificación de la versión final (por ejemplo, el 25%)
3. Ejercicio individual (por ejemplo, el 15%)

Tanto la versión preliminar como la versión final del producto del proyecto deben evaluarse a partir de la rúbrica que expresa los criterios de calidad y la calificación obtenida será la misma para todos los miembros del grupo. El ejercicio individual consiste en una modificación del producto del grupo que debe resultar sencilla para los estudiantes que dominan ese producto (aunque hayan trabajado más en unas partes que en otras) y debe resultar difícil para el estudiante que se haya desentendido del trabajo asignado a sus compañeros (o del trabajo que le fue asignado a él). Además, la máxima calificación en este elemento de la nota del proyecto sólo debe obtenerse en el caso de que todos los miembros del grupo realicen correctamente el ejercicio individual.

Finalmente, la componente de conocimientos básicos debe tener un peso de alrededor del 30%. En todo caso, lo importante es que cada estudiante debe demostrar a lo largo del curso que ha adquirido todos los conocimientos básicos establecidos. Si no es el caso entonces no puede aprobar la asignatura, aunque haya realizado un gran proyecto y haya realizado a tiempo todas las entregas. Como se indicó antes, los estudiantes deberían tener, durante el curso, al menos dos oportunidades de demostrar cada conocimiento básico.

3.9. Observación final

La tabla 3 explica brevemente de qué manera el esquema propuesto integra los cinco factores clave para el éxito descritos en la sección 2. Por otro lado, como se ha comentado ya, el esquema deberá adaptarse a cada caso particular de aplicación. Por ejemplo, en el caso de un proyecto pequeño, puede haber dos sesiones de clase por semana, pero con tiempo suficiente entre ellas para que los estudiantes realicen el trabajo fuera de clase. En otros casos puede ser conveniente que haya una sola sesión de clase (de dos o tres horas) cada semana. Por otra parte, dependiendo del tiempo disponible y de la naturaleza del proyecto, puede ser conveniente que haya dos semanas o más entre la entrega de la versión preliminar y la entrega de la versión final, de manera que los estudiantes tengan la oportunidad de planificar un bloque significativo de tareas y de tiempo.

CINCO FACTORES CLAVE PARA EL ÉXITO	
#1 Plantear un reto ambicioso (pero asequible) con criterios claros	El reto se percibirá como ambicioso en la medida en que los estudiantes queden impresionados con el enunciado y, especialmente, con la demostración de proyectos de cursos anteriores. Las rúbricas que acompañarán la presentación del proyecto garantizan que los criterios de calidad y evaluación sean claros y conocidos con antelación
#2 Planificar el trabajo de forma minuciosa	El recorrido desde la presentación del proyecto hasta la entrega del primer prototipo está minuciosamente planificado por el profesor. La planificación del trabajo a realizar entre el primer prototipo y la versión final la realizan los estudiantes y deberá ser también minuciosa.
#3 Generar interdependencia positiva y exigibilidad individual	La interdependencia positiva se consigue mediante tres mecanismos: (a) un dimensionado del tiempo de dedicación a cada tarea que se ajuste a la dedicación esperada de cada estudiante de acuerdo con los ECTS de la asignatura, (b) la asignación de roles (hay un experto en cada tema) que hace que se necesiten mutuamente para reunir todos los conocimientos necesarios y (c) el método de calificación que, a través del ejercicio individual final, hace que el éxito total de cada estudiante dependa en parte del éxito de sus compañeros. La exigibilidad individual se garantiza a través de la evaluación de los conocimientos básicos.
#4 Realizar un seguimiento del trabajo que realizan los estudiantes	El esquema contempla 10 entregas razonablemente distribuidas a lo largo del tiempo. Algunas de ellas no requieren un esfuerzo de evaluación importante por parte del profesorado (acta de constitución de grupo o autoevaluación de ejercicios de compañeros). Otras requieren mayor esfuerzo porque son críticas para que el proyecto acabe bien (especialmente, la evaluación del primer prototipo).
#5 Diseñar adecuadamente el método de evaluación	El método de evaluación proyecta claramente los tres mensajes clave: (a) hay que hacer el trabajo planificado, porque sólo se aprueba si se realiza al menos el 80% de las entregas, (b) hay que esforzarse para que el grupo funcione bien y hagan un buen trabajo, porque el proyecto tiene un buen porcentaje de la nota y (c) no se puede desatender el aprendizaje individual, porque sin los conocimientos básicos no se aprueba.

Tabla 3: Verificación de que el esquema propuesto contiene los factores clave para el éxito

4. Ejemplo

4.1. Contexto

El proyecto se muestra como ejemplo se desarrolla entre las semanas 9 y 15 de un curso de introducción a la programación en lenguaje C, de 6 ECTS. La semana 16 corresponde a la semana de exámenes finales. Puesto que la asignatura tiene 6 ECTS, los estudiantes deben dedicar unas 9 horas a la semana (150 horas distribuidas entre 16 semanas), de las cuales 3 son en clase (una sola sesión semanal) y 6 fuera de clase (en adelante, nos referiremos a la sesión de la semana *i* como la sesión *i*). En las semanas 1 a 8 (por tanto, antes del proyecto) se cubren los siguientes temas:

- Tipos de datos elementales y vectores
- Esquemas algorítmicos básicos (recorrido y búsqueda)
- Sentencias condicionales e iterativas

La metodología que se utiliza en estas primeras semanas también se basa en la planificación de actividades y entregas de los estudiantes (en clase y fuera de clase) como por ejemplo ejercicios individuales, autoevaluaciones, ejercicios en grupo).

4.2. El proyecto

El proyecto, que se presenta en la sesión 9, consiste en la implementación de una aplicación que gestiona equipos de fútbol. Un equipo de fútbol tiene asociado varios datos (por ejemplo, nombre, lista de jugadores, etc.). Para cada jugador, tenemos también diferentes datos (por ejemplo, nombre, dorsal, goles marcados, etc.). La aplicación debe realizar varias funciones, mostrando un menú amigable al usuario para que pueda elegir la función que quiere realizar:

- Cargar la lista de equipos en una estructura de datos adecuada desde un fichero de texto
 - Salvar la lista de equipos en un fichero
 - Mostrar en pantalla una lista de equipos, con el nombre y el código de cada equipo
 - Mostrar todos los datos de un equipo a partir del código del equipo
 - Añadir un equipo
 - Dar de baja un equipo
 - Añadir un jugador a un equipo
 - Eliminar un jugador de un equipo
 - Buscar el equipo que haya ganado más partidos.
- La versión final debe incluir también algunas funciones optativas, a criterio del grupo. Algunos ejemplos de funcionalidades extras realizadas por algunos grupos en el pasado son:
- Buscar el jugador más joven

- Comprobar que los códigos son únicos (no existen equipos ni jugadores con el mismo código)
- Determinar qué jugador es el “pichichi” (ha marcado más goles)

El proyecto tiene un peso del 40% en la calificación de la asignatura, distribuido según el esquema siguiente:

- 10% primer prototipo (nota de grupo)
- 20% versión final (nota de grupo)
- 10% ejercicio individual sobre el proyecto (nota individual)

La versión final del proyecto se evaluará según los criterios siguientes:

- *Correcto* (4 puntos): Se han implementado todas las funciones obligatorias
- *Funciones adicionales* (1 punto): En función del número e interés de las funciones adicionales incorporadas a criterio del grupo.
- *Robusto* (1,5 puntos): La aplicación no se cuelga nunca
- *Amigable* (1,5 puntos): Es fácil interactuar con la aplicación
- *Organización* (2 puntos): El código está bien organizado y documentado.

4.3. El puzle

Los tres temas implicados en el puzle son: *Ficheros de texto* (los datos de los equipos están inicialmente en un fichero de texto), *Funciones* (el código debe estar bien estructurado) y *Estructuras de datos avanzadas* (necesarias para trabajar con una lista de equipos)

Cada uno de los temas tiene asociado un documento que presenta las ideas clave del tema y contiene ejercicios y tareas para hacer en casa con el propio ordenador.

La reunión de expertos se realiza en clase (sesión 10). Después de la fase de aclaración de dudas, cada grupo de expertos realiza en clase un ejercicio de profundización de su tema. Ejemplos de ejercicios para cada tema son los siguientes:

- *Ficheros*: Escribir un programa que lea de un fichero de texto los datos de equipos de fútbol (en cada línea del fichero están los datos de un equipo, es decir, nombre, código y año de creación, pero no los jugadores). El programa debe ir escribiendo en un fichero de salida los datos de los equipos cuyo año de creación es posterior a un año dado.

- *Estructuras*: Escribir un programa para buscar en una estructura de datos que implementa una lista de equipos, el equipo más antiguo.
- *Funciones*: Escribir un programa que tenga tres funciones. Una para leer de teclado los datos de un equipo de fútbol (nombre, código y año de creación), otra para escribir en pantalla los datos de un equipo, y una que nos diga si el equipo fue creado en año bisiesto.

4.4. Ejercicio de integración

El ejercicio de integración consiste en un programa que permita realizar las siguientes funciones (mediante un menú amigable):

- *Cargar equipos desde un fichero de texto (sólo nombre del equipo, año de creación y lista con los códigos de los jugadores)
- *Añadir un equipo
- *Buscar el equipo en el que está un jugador determinado (el código del jugador se lee del teclado).
- Dar de baja un equipo
- Añadir un jugador nuevo a un equipo
- *Salvar equipos en el fichero de texto.

En la segunda mitad de la sesión 11, el profesor explica en la pizarra el código de las funciones marcadas con * en la lista anterior. Antes de la siguiente sesión, cada grupo debe haber implementado el código que presentó el profesor en la pizarra y completarlo con las dos funciones que faltan (las que no tienen *). El ejercicio de integración debe estar funcionando correctamente durante la primera hora de la sesión 12.

4.5. Ampliaciones individuales y primer prototipo

Una vez entregado el ejercicio de integración, el profesor presenta las tres tareas individuales siguientes:

- Rehacer las operaciones de cargar y salvar datos en el fichero, teniendo en cuenta que ahora para cada jugador, además de su código, queremos tener su nombre y el número de goles que ha marcado.
- Rehacer las operaciones de añadir equipo, dar de baja equipo y añadir la operación para listar equipos, teniendo en cuenta la nueva información que tienen los jugadores.
- Rehacer las operaciones de añadir un jugador nuevo a un equipo y la función de buscar el equipo al que pertenece un jugador determinado,

teniendo en cuenta la nueva información que tienen ahora los jugadores.

El primer prototipo, que es el resultado de incorporar las tres ampliaciones al ejercicio de integración se presenta en la sesión 13. Se evalúa con los mismos criterios que la versión final, pero sin tener en cuenta el criterio de funciones adicionales y se asignan 5 puntos al criterio *Correcto*.

4.6. Versión final

Durante las dos semanas siguientes, cada grupo debe implementar la versión final, para lo cual debe:

1. Introducir en la aplicación las mejoras sugeridas por el profesor, a partir de su evaluación del primer prototipo.
2. Añadir el resto de funciones para satisfacer todos los requisitos obligatorios de la versión final.
3. Añadir las funciones optativas que el grupo estime oportuno

La versión final debe estar lista durante la primera hora de la sesión final (sesión 15). Los grupos tienen libertad para organizar y repartir el trabajo como quieran, pero debe entregar un plan de trabajo.

4.7. Conocimientos básicos

En la asignatura hay 8 conocimientos básicos que deben ser superados para aprobar el curso. Los que corresponden a la segunda mitad de la asignatura, durante la cual se desarrolla el proyecto, son los siguientes:

- Diseñar la estructura de datos más adecuada para representar la información de un problema dado.
- Codificar un procedimiento o función que cargue una estructura de datos con la información contenida en un fichero de texto o que salve en un fichero de texto la información contenida en la estructura.
- Escribir un procedimiento o función que recorra, busque, elimine o añada información en un vector de estructuras.
- Escribir un programa principal que realice llamadas a procedimientos y/o funciones pasándole adecuadamente los parámetros.

Hay dos oportunidades de superar estos conocimientos básicos: la sesión 14 y la sesión 16 (semana de exámenes finales).

En la sesión 15, después de entregar la versión final, cada grupo realiza una evaluación del proyecto de otros dos grupos. Además, cada estudiante de forma individual hace un ejercicio de modificación del proyecto para demostrar que domina el código realizado por el grupo. Un ejemplo de ejercicio individual puede ser: "Añadir a la información del equipo el presupuesto y recodificar el programa (o una parte) para que siga funcionando correctamente".

5. Conclusiones

Es bien sabido que en docencia no hay recetas que sirvan para todos los casos. No obstante, la receta que se propone en esta ponencia ayudó a muchos a introducirse de forma guiada en el complejo mundo del aprendizaje basado en proyectos. Aunque la propuesta ha tenido en cuenta los errores habituales, el éxito nunca está garantizado. En todo caso su puesta en práctica puede proporcionar una base sobre la que reflexionar y estimular su adaptación a cada contexto particular o su extensión a esquemas más ambiciosos que puedan explotar todo el potencial que tiene el aprendizaje basado en proyectos, especialmente en el contexto de la enseñanza de la ingeniería.

Referencias

- [1] Markham, T. *Project Based Learning, a guide to Standard-focused project based learning for middle and high school teachers*. Buck Institute for Education, 2003.
- [2] Estruch, V, y Silva, J., "Aprendizaje basado en proyectos en la carrera de Informática", JENUI 2006, p. 339.
- [3] Machado, S., Messeguer, R., Oller, A., Reyes, M.A., Rincón, D., Yúfera, J., "Recomendaciones para la implantación de PBL en créditos optativos basadas en la experiencia de la EPSC", JENUI 2005, p. 21.
- [4] Kjersdam, F., Enemark, S., *The Aalborg Experiment*, Aalborg University Press 1994. <http://adm.aau.dk/fak-tekn/aalborg/engel>