

Experiencia PBL en la asignatura de Lógica Programable

Javier García-Zubía y Verónica Canivell

Facultad de ingeniería
Universidad de Deusto
Bilbao, España
zubia@deusto.es

Miguel Valero

Facultad de telecomunicaciones
Universidad Politécnica de Cataluña
Barcelona, España
Miguel.valero@upc.edu

Abstract—Se propone un esquema para el diseño de una actividad de aprendizaje basado en proyectos para la asignatura de Lógica Programable. El trabajo incluye el desarrollo sistematizado y los resultados de su aplicación.

Keywords—component; Project Based Learning Programmable Logic, VHDL

I. 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 competencias 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.

II. CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE PBL

En [5] es posible encontrar una descripción detallada de los elementos clave del PBL, resumidos en la Tabla I, y que se repasan a continuación.

El primer paso en el PBL es crear los grupos. En nuestro caso son de tres personas, siendo este el número ideal [5].

Otro elemento fundamental para el correcto desarrollo del PBL es la elección de un proyecto (enunciado) que sea capaz de “crecer” con el aprendizaje del alumno. Así el PBL tiene tres estadios y un paso previo:

Puzle. El desarrollo futuro del proyecto se va a dividir en tres partes. Cada miembro del grupo trabaja con una de ellas (se hace experto), resolviendo ejercicios y elaborando pautas de estudio para esa parte. Al juntarse el grupo, cada miembro enseñará y será enseñado por los otros. De esta forma el grupo parte de un conocimiento común. El puzle es descrito con más detalle en el Apartado III.

Trabajo de integración. Una primera aproximación al proyecto consistirá en unir un bloque de cada una de las partes del puzle. Es mérito del profesor encontrar un enunciado que permita ese primer asalto. El resultado de la integración tendrá una funcionalidad muy limitada, pero correcta.

TABLE I. ERRORES HABITUALES Y FACTORES CLAVES PARA EL ÉXITO EN LA APLICACIÓN DE PBL

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). Rúbricas y proyectos de años anteriores.
#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	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.
#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 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.

Prototipo. Partiendo de lo anterior y tras la pertinente corrección y comentario del profesor, el grupo debe completar lo programado hasta obtener un prototipo que cumpla todas las funcionalidades básicas del proyecto.

Proyecto final. En este paso cada grupo selecciona qué funcionalidades extra va a implementar, o incluso las inventa. En este estadio es donde los alumnos buscan una mayor o menor nota.

Además de lo anterior son muy importantes otros elementos. Por ejemplo, todos los alumnos individualmente deben resolver un enunciado parecido al ejercicio de integración. Esta prueba de conocimientos básicos (examen individual) permite al profesor controlar el nivel de cada alumno.

En el lado del profesor es muy importante una correcta planificación. Esta planificación debe estar hecha desde el punto de vista del alumno (no solo desde el punto de vista del proyecto, de la asignatura y del profesor) y debe permitir al alumno (y al proyecto) avanzar semana a semana. De esta forma no solo el alumno avanza, sino que el profesor puede atajar cualquier desvío a tiempo. Es un error común y devastador dar al alumno 6 semanas para hacer un proyecto, al menos en los primeros cursos.

La Tabla II describe una planificación genérica de PBL [5]. 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 de tres personas (G) o de grupo temporal (GT): grupo formado por aquellas personas que son expertas en un mismo tema del puzle.

TABLE II. PLANIFICACIÓN DE TAREAS Y ENTREGAS EN PBL

Tareas	Entregas
Presentación y demostración del proyecto Formación de grupos Presentación del puzle 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

III. EJEMPLO

A. El contexto

La asignatura de Lógica Programable se imparte en el primer semestre del tercer curso del Grado en Electrónica Industrial y Automática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Tiene asignados 6 ECTS y dispone de dos sesiones presenciales semanales de dos horas cada una siempre en el laboratorio.

El ámbito de la asignatura son los dispositivos lógicos programables (PLD, CPLD y FPGA) y el lenguaje VHDL. Las competencias específicas asignadas son:

CE1. Implementar y simular mediante el uso de dispositivos lógicos programables (VHDL, FPGA y CPLD) sistemas digitales que cumplan las especificaciones lógicas, temporales y de consumo establecidas por el usuario.

CE2. Elegir en base a los requisitos del proyecto y a la información técnica del fabricante el dispositivo lógico programable más eficiente.

Mientras que las competencias generales asignadas son comunicación interpersonal y trabajo en equipo.

El sistema de evaluación es el siguiente:

Nota final = Nota CE1(70%) + Nota CE2 (20%) + Nota CG5 (5%) + Nota CG6 (5%)

TABLE III. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

Sistema de evaluación en resumen		Evaluación continua	Examen final
Competencias		60-100%	40-0%
C.E.1. (práctica)	70%	50-70%	20-0%
C.E.2. (teoría)	20%	0-20%	20-0%
C.G.5. Interpersonal	5%	5%	0%
C.G.6. Trabajo en equipo	5%	5%	0%

CG5 y CG6 son competencias generales

CE1 se compone de dos indicadores

Indicador 1. Proyecto en grupo 50%:

15% por el primer prototipo del proyecto

25% por la versión final del proyecto

10% por el ejercicio individual sobre el proyecto

La nota del indicador 1 solo es obtenible durante el curso, no es recuperable.

Indicador 2. Prueba individual de conocimientos básicos. 20%

B. El proyecto

El proyecto, que se presenta en la sesión 9, consiste en la implementación de un sistema electrónico basado en FPGA capaz de controlar el sistema de petición de ayuda de un mostrador de atención al cliente de un aeropuerto.

En el mostrador hay dos consultores que atienden a los viajeros con reclamaciones. El viajero al llegar a la sala deberá apretar uno de los dos pulsadores, VS o VLL, para indicar si su problema es con una salida o llegada de vuelo. Además cada consultor (CA y CB) dispone de dos pulsadores, CS y CLL, para avisar a los viajeros de que se atiende a uno nuevo. Encima de cada consultor habrá dos grandes 7-segmentos que indicarán Sn o Ln, donde n es el número de viajero, y donde S y L indican si se atiende una llegada o salida.

El desarrollo del proyecto debe asegurar a cada grupo que sabe implementar como mínimo en VHDL-FPGA:

- Procesos combinacionales y secuenciales.
- Captura de pulsos y medida de tiempo.
- Filtrado digital de pulsadores.
- Gestión de colas y pilas.
- Multiplexado de 7-segmentos.

La versión final debe incluir también algunas funciones optativas, a criterio del grupo. Algunos ejemplos de funcionalidades extras son:

- Implementar un pulsador VIP para este tipo de viajeros.
- Intercambiar lo visualizado entre los dos consultores.
- Parpadear los 7-segmentos cada vez que cambien su valor para avisar a los viajeros.
- Implementar un sistema que permita un contaje rápido en la parte de los consultores o su estado de descanso.
- Idear un sistema que asigne a cada consultor un solo pulsador.
- Incluir nuevas entradas y salidas: teclado, monitor VGA, detector de personas, etc.
- Funcionalidades nuevas inventadas por el grupo.

La versión final del proyecto y el prototipo se evaluarán según los criterios siguientes:

- Correcto (4 puntos): Se han implementado todas las funciones obligatorias
- Funciones adicionales (1,5 puntos): En función del número, interés y originalidad de las funciones adicionales incorporadas a criterio del grupo.
- Robusto y amigable (1,5 puntos): El sistema no se cuelga, no hay que "hacer trucos" para seguir y es fácil de usar.
- Complejidad (1 punto).
- Organización (2 puntos): El código está bien organizado.

C. El puzzle

El trabajo inicial del proyecto debe repartirse en tres tareas independientes. Cada miembro del grupo base (G) se asigna una tarea, que debe realizar de forma individual (I).

Después del trabajo individual, en clase se realiza la reunión de expertos (GT): miembros de grupos distintos pero que han realizado la misma parte del puzzle 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.

TABLE IV. DESARROLLO DEL PBL EN LA ASIGNATURA DE LÓGICA PROGRAMABLE

Semana	Aula-Lab 4 horas	Fuera de clase 5 horas	Resultados
Sem 9 24 y 26 de octubre	Presentación del proyecto Presentación del puzle	Trabajo individual con el puzle	
Sem 10 2 de noviembre	Reunión de expertos Preparación del ejercicio de profundización	Preparación de explicación y ejercicios (ppt). Individual Reunión de grupo base para explicación. Grupal Resolución de los ejercicios de los compañeros. Individual	Ejercicio de profundización. (I) Explicación y 3 ejercicios al grupo. (I)
Sem 11 7 y 9 de noviembre	Reunión de grupos para aclarar dudas Inicio de ejercicio de integración. Grupal Ejercicio de integración. Individual o Grupal.	Trabajo en ejercicio de integración. Grupal	Ejercicio de integración (o casi). (G)
Sem 12 14 y 16 de noviembre	Acabar (aula) y entregar el ejercicio de integración (laboratorio). Presentación de ampliaciones individuales. Comienzo de ampliaciones individuales	Trabajo en ampliaciones individuales. Individual. Integración de soluciones individuales. Grupal.	Casi prototipo (G)
Sem 13 21 y 23 de noviembre	Acabar y entregar el prototipo del proyecto. Comienzo de la versión final.	Trabajo en la versión final. Grupal Estudio de la prueba individual. Individual.	
Sem 14 28 y 29 de noviembre 7 de diciembre	Prueba de conocimientos básicos (7 de diciembre). Resolución de la prueba de conocimientos básicos.	Trabajo en la versión final.	Prueba de conocimientos básicos. (I) Versión final o casi. (G)
Sem 15 12 y 14 de diciembre	Entrega de la versión final. Evaluación entre compañeros. Ampliación individual del proyecto	Trabajo en la ampliación individual proyecto	
Sem 16 19 y 21 de diciembre			
examen final			Examen final de teoría y Recuperación de Conocimientos Básicos. (I)

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.

Los tres temas implicados en el puzle de Lógica Programable son: Sistemas combinatoriales, Sistemas secuenciales y visualización y Automatas.

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:

Sistemas combinatoriales: Implementar un sistema capaz de controlar las votaciones dentro del consejo de administración de la empresa. Cada consejero tendrá interruptores para votar SÍ o NO, el voto de algunos consejeros será doble, el presidente podrá votar el resultado, e incluso habrá un interruptor de trampa. El sistema visualizará un 1 o un 0, según gane el SÍ o el NO. El alumno dispone de más de 20 enunciados orientativos.

Sistemas secuenciales y visualización: Implementar un contador que evoluciona al ritmo de un reloj interno o al de un pulsador activado por el usuario. Según el tiempo que dure el

pulso del usuario, el contador hará una cosa u otra. El conteo deberá verse en 4 7-segmentos multiplexados que pueden cambiar según varios interruptores. El alumno dispone de más de 15 enunciados orientativos.

Automatas: Implementar un sistema capaz de gestionar una cola o pila mediante varias entradas en manos del usuario o de los usuarios. El alumno dispone de más de 15 enunciados orientativos.

D. El ejercicio de integración

El ejercicio de integración consiste en implementar un sistema capaz de realizar las siguientes funciones en la tarjeta FPGA:

- * Reinicio del sistema.
- Gestión de los pulsadores de los viajeros: V_S y V_L. Filtrado digital de la señal.
- * Gestión de los pulsadores de los consultores: CA_S, CA_L, CB_S y CB_L.
- * Gestión del par de 7-segmentos situado sobre cada consultor.
- Integración de un interruptor para conteo rápido.

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.

E. Las ampliaciones individuales y el primer prototipo

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

- Implementar un pulsador VIP para este tipo de viajeros.
- Intercambiar lo visualizado entre los dos consultores.
- Parpadear los 7-segmentos cada vez que cambien su valor para avisar a los viajeros.

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 5,5 puntos al criterio *Correcto*.

F. La versión final

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

- Introducir en la aplicación las mejoras sugeridas por el profesor, a partir de su evaluación del primer prototipo.
- 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.

La Tabla IV describe en detalle la planificación que para el curso 2011-2012 se ha seguido en la asignatura, teniendo en cuenta que las clases eran los lunes y miércoles y las festividades. 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)

IV. RESULTADOS

Durante el primer semestre del curso 2011-2012 se ha aplicado el planteamiento PBL descrito previamente. De los 15 alumnos que siguieron el curso (5 no presentados), todos aprobaron tanto la parte teórica como la práctica (PBL)

La distribución de notas del prototipo (PROT), proyecto final (PROY), conocimientos básicos (CB) y teoría (TEO) están en la Tabla V.

TABLE V. RESULTADOS DE LA ASIGNATURA

	PROT	PROY	CB	TEO
AL1	7	6	5	6
AL2	9	8	7	7,5
AL3	10	9	7	5
AL4	7	6	5	6,5
AL5	10	10	10	10
AL6	8	7	7	6
AL7	8	7	7	6
AL8	10	10	10	5,5
AL9	10	9	10	8,5
AL10	10	9	7	7,5
AL11	9	8	7	7
AL12	8	7	7	9,5
AL13	7	6	7	8,5
AL14	9	8	5	8
AL15	10	10	7	10

Los proyectos presentados por los cinco grupos G1-G5 están descritos someramente en su complejidad en la Tabla VI.

TABLE VI. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS POR GRUPOS

	Nº lin	Nº aut	Nº bits	% ocu	orden
G1	850	5	17	20%	1
G2	1000	4	10	22%	2
G3	730	5	10	8%	5
G4	757	6	12	12%	4
G5	1245	6	15	16%	3

La primera columna indica el número de líneas VHDL del proyecto, la segunda y tercera se centran en cuántos autómatas y de cuántos bits están implementados en el proyecto, la cuarta se refiere al % de ocupación de la FPGA disponible y la quinta es el orden de preferencia de los proyectos según los propios alumnos. De los cinco grupos, tres introdujeron una novedad sustancial en el proyecto: uso de monitor VGA, uso de teclado y uso de detector de personas.

El punto de vista de los alumnos se ha recogido mediante la encuesta de la Tabla VII, donde 1 es el mínimo y 5 el máximo. La conclusión general es que el enfoque PBL es aprobado por los alumnos, y estos creen que se puede mejorar lo relacionado con la organización del PBL. Estos resultados deben estar bajo "sospecha" ya que solo se refieren a un año, el primero.

TABLE VII. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE LOS ALUMNOS

Pregunta	med	desv
En este curso he aprendido cosas que considero valiosas para mi formación	4,6	0,5
La labor del profesor me ha facilitado el proceso de aprendizaje	4,0	0,7
El material del curso está bien preparado y es adecuado	3,7	1,1
El puzle elaborado en grupo resulta de ayuda en la asignatura	4,1	1,1
En todo momento he tenido claro lo que debía que hacer (tanto en clase como fuera de clase)	3,7	1,1
Siempre me he sentido bien informado sobre mi progreso (o falta de progreso) en el curso.	4,1	0,8
El trabajo en grupo me ha resultado de gran ayuda	4,5	0,6
La forma de evaluación me ha parecido adecuada	4,1	0,9
Este curso me ha ayudado a mejorar la gestión que hago de mi propio tiempo	3,4	1,3
Me gustaría repetir este enfoque en otra asignatura	4,3	0,7

Los comentarios positivos recogidos indican que a los alumnos les gusta el PBL y el sentir que aprenden por sí mismos y rápido, en la parte negativa se recoge que el alumno necesita organizarse ya que PBL puede llegar a exigir mucho tiempo. El puzle es un caso particular, algunos alumnos lo ven positivo y otros, negativo.

La Tabla VIII describe el coste en horas que ha supuesto para los alumnos. De los quince alumnos que han cursado la asignatura, trece han respondido al cuestionario de la tabla. Como es normal, los alumnos muestran una cierta dispersión en el esfuerzo que han dedicado al proceso de PBL, incluyendo el puzle. En general los alumnos afirman haber trabajado más o menos lo que esperaban y que este esfuerzo ha estado en el rango de las 40 – 60 horas, a lo que hay que añadir unas 20 horas del puzle. Es decir, los alumnos han dedicado entre 60 y 80 horas a las últimas 8 semanas del curso, y como quiera que el curso tiene unas 16 semanas y que los ECTS asignados son 6 (150 horas), le corresponden en teoría unas 75 horas, lo que queda dentro del rango de trabajo expresado por los alumnos en la encuesta. Así pues se puede decir que el enfoque PBL no empuja en términos generales al alumno a un esfuerzo mayor del asignado en ECTS por el centro.

V. CONCLUSIONES

Es bien sabido que en docencia no hay recetas que sirvan para todos los casos. Lo presentado es una descripción sistemática y precisa de cómo aplicar PBL en una asignatura, en este caso en Lógica Programable. 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.

TABLE VIII. ENCUESTA DE TRABAJO DE LOS ALUMNOS

	Menos de 4 horas/semana	Unas 4 horas/semana	Más de 4 horas/semana
Tiempo dedicado por semana	0 %	54 %	46 %
	Menos de 40 horas	Entre 40 – 60 horas	Más de 70 horas
Tiempo dedicado al proyecto	8 %	92 %	0 %
	10 – 15 horas	15 - 20 horas	Más de 20 horas
Tiempo dedicado al puzle	54 %	38 %	8 %
	Menos de lo pensado	Lo pensado	Más de lo pensado
El desarrollo del PBL te llevó	0 %	85 %	15 %

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.
- [5] Valero, M. Garcia Zubia, J. “Cómo empezar fácil con PBL”, JENUI 2011.

AGRADECIMIENTOS

El despliegue del enfoque PBL en la asignatura de Lógica Programable ha sido apoyado como Proyecto de Innovación Pedagógica del Vicerrectorado de Investigación e Innovación Pedagógica de la Universidad de Deusto.