



Aprendizaje cooperativo y basado en proyectos en la asignatura Arquitectura de Computadores

Olatz Arbelaitz Gallego, José I. Martín Aramburu, Javier Muguerza Rivero

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
Donostia-San Sebastián
olatz.arbelaitz@ehu.es, j.martin@ehu.es, j.muguerza@ehu.es

Resumen

Este trabajo presenta un análisis de la experiencia en el uso de la metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos (ABP) en la asignatura Arquitectura de Computadores del Grado en Informática de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). De este estudio se desprende que un 95,7 % del alumnado está satisfecho con esta metodología docente y continuaría en futuros cursos utilizándola. Además, el estudio realizado revela que esta metodología ayuda a la capacitación transversal del alumnado, no supone aparentemente ningún sobreesfuerzo y tiene efectos positivos en las calificaciones del alumnado. Desde el punto de vista del docente, hay que reconocer el esfuerzo inicial en el diseño y planificación de la asignatura, así como en el seguimiento continuo del trabajo realizado por los estudiantes.

Palabras clave: Metodologías activas, aprendizaje basado en proyectos (ABP/PBL), aprendizaje colaborativo, evaluación continua, competencias transversales.

1. Introducción

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (en inglés *Project Based Learning*) [3, 4] está cada vez más extendido como metodología de aprendizaje especialmente en el área de las ingenierías [1, 5, 6]. El interés en el ABP se ha acrecentado con la llegada del EEES. La UPV/EHU no es ajena a la inclusión de este método docente en el desarrollo curricular de sus titulaciones oficiales. Así, ya definió en su plan estratégico 2007–2012 el uso de estas metodologías activas en sus planes de estudio, planteamiento que se ha potenciado en el plan actual (2012–2017), al plantear que en el 2017 un 10 % de los créditos que se imparten en las diferentes titulaciones se haga de acuerdo a este tipo de docencia (actualmente este porcentaje se sitúa en un 5 %). Siguiendo esta directriz, durante los cursos 2011–2012 y 2012–2013, la asignatura obligatoria Arquitectura de Computadores (2º curso del Grado en Ingeniería Informática) se ha impartido utilizando estas metodologías, en concreto utilizando técnicas de aprendizaje colaborativo [2] y aprendizaje basado en proyectos.

La asignatura Arquitectura de Computadores, que cuenta con 4 créditos teóricos y 2 créditos prácticos, se imparte en tres idiomas: castellano, euskara e inglés. Es una asignatura básica en el área de arquitectura de computadores que, por una parte, proporciona la base suficiente para poder pro-

fundizar en esta área a los alumnos que elijan la especialidad de Ingeniería de Computadores y, por otra parte, imparte unos conocimientos genéricos y amplios que permitan obtener una visión general de la arquitectura de computadores a los alumnos que elijan alguna de las otras dos especialidades de la titulación (Computación o Ingeniería del Software).

En concreto, la asignatura está organizada en tres temas básicos: la organización y gestión de la memoria cache (25 % de la asignatura), la segmentación del procesador (35 % de la asignatura) y una introducción a los sistemas de cómputo paralelo (40 % de la asignatura). Estos dos últimos cursos se ha impartido esta última parte utilizando ABP.

Además de la implantación de metodologías activas, se ha mantenido como método de evaluación la evaluación continua. En concreto, se han llevado a cabo las siguientes actividades: exámenes parciales, presentaciones y entrega de ejercicios, actividades de laboratorio y la evaluación del proyecto realizado. En todos los casos se ha minimizado el tiempo de retroalimentación al alumno, de tal forma que éste haya podido adecuar su aprendizaje según avanzaba la asignatura. Finalmente, en relación a las competencias transversales (principalmente capacidad de comunicación oral y escrita en nuestra área y trabajo en equipo), se han realizado las siguientes actividades: dos presentaciones orales (incluyendo evaluación por parte de los alumnos en base a una rúbrica entrega-

da) y la escritura de un informe técnico apoyado en una serie de sugerencias o directrices entregadas previamente. Además, muchas de las actividades realizadas durante el cuatrimestre se han llevado a cabo de forma grupal (en grupos generados aleatoriamente para cada tarea o en grupos estables de cara al desarrollo del proyecto).

El objetivo de este trabajo es analizar la experiencia en la utilización de estas metodologías en esta asignatura, identificando puntos fuertes, limitaciones y posibles líneas de mejora, teniendo en cuenta las singularidades de cada grupo (castellano, euskara e inglés).

2. Aspectos sustanciales de la metodología ABP utilizada

En la asignatura se han trabajado dos aspectos de las metodologías activas: el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en proyectos (ABP).

A modo de entrenamiento, en los dos primeros temas se han realizado actividades colaborativas. Por una parte, el alumnado ha tenido que realizar una presentación oral centrada en aspectos de la organización y funcionamiento de las memorias cache y, por otra parte, ha tenido que resolver un problema concreto y limitado en el tema sobre procesadores segmentados. Ambas actividades han sido realizadas en grupos de 3 estudiantes (formados aleatoriamente). En el caso de la presentación, aunque la preparación corría a cargo de todo el grupo, ésta era realizada por uno de los miembros del grupo, elegido al azar en el momento de la presentación (interdependencia positiva y exigibilidad individual). La nota obtenida por el representante del grupo era la asignada a todo el grupo. En el caso del problema a resolver, la evaluación se ha realizado entre pares, de tal forma que un grupo evaluaba la solución realizada por otro grupo.

El tercer tema de la asignatura se ha impartido siguiendo la metodología ABP, cuya organización podemos dividir en estos puntos: trabajo previo, primera sesión, puzle para afrontar los problemas planteados, aplicación a desarrollar, entregables y evaluación.

Para la realización del proyecto, se ha estimado una dedicación de 60 horas por estudiante (19 presenciales, 36 no presenciales y 5 dedicadas a evaluación), lo que hace un total de 180 horas de dedicación grupal. Se ha pedido a cada estudiante que vaya completando una ficha de dedicación horaria al proyecto, cuyos resultados indicarán el grado de corrección de la estimación realizada.

2.1. Trabajo previo: laboratorio de C

Para llevar a cabo la programación requerida en el proyecto es necesario que los estudiantes conozcan un mínimo de programación en el lenguaje C. Por ello, previo al comienzo del proyecto, se ha realizado una sesión de laboratorio específica sobre programación en este lenguaje. Esta sesión de

laboratorio ha sido intensa, de una duración de 5 horas, y ha consistido en la programación de diferentes ejemplos que han ido incorporando las distintas particularidades del lenguaje C. Los estudiantes tenían que rellenar una ficha de seguimiento sobre algunos de los ejemplos resueltos. Posteriormente, los alumnos han tenido que resolver un ejercicio de dificultad media más cercano a la programación a realizar en el proyecto. La adquisición de conocimientos en este lenguaje también ha sido evaluada mediante un test individual.

2.2. Primera sesión: enunciado ABP

En la primera sesión del proyecto se formaron los grupos ABP. Como se ha comentado, en los primeros temas se han realizado actividades colaborativas en grupo, en este caso formando grupos aleatorios. Para afrontar el proyecto, decidimos que fueran los propios alumnos quienes formaran los grupos de trabajo; en concreto, grupos de tres alumnos (aunque también ha sido necesario crear algún grupo de dos alumnos, a los que lógicamente se les ha exigido alguna tarea menos dentro del proyecto).

Una vez formados los grupos, en esta sesión se presenta el escenario ABP para dar paso a una reflexión de los grupos en torno a los conocimientos de los que ya disponen y de aquellos que desconocen y deben aprender para hacer frente al proyecto (objetivos de aprendizaje). Esta reflexión se canaliza a través de un póster en cada grupo que luego se pone en común entre todos los grupos.

En nuestro caso, se ha definido un proyecto en el área de paralelismo: la programación paralela de una aplicación para el filtrado, encriptado y transmisión de imágenes supuestamente obtenidas por un robot de la NASA en Marte. Para ello se utilizará como soporte un equipo multiprocesador de 48 núcleos disponible en la facultad (DELL PowerEdge R815). Este escenario está inspirado en el proyecto Mars Science Laboratory de la NASA (<http://www.nasa.gov/msl>).

2.3. Trabajo colaborativo: puzle

Fruto de la reflexión anterior, se han definido los objetivos de aprendizaje de este tema:

- Utilizar los mecanismos de sincronización necesarios para el correcto funcionamiento de los programas paralelos.
- Planificar un reparto de carga equilibrado entre los procesos.
- Analizar el rendimiento de la implementación paralela de una aplicación.
- Utilizar las directivas de OpenMP para programar una solución paralela.

El siguiente paso ha consistido en que cada grupo trabaje de forma colaborativa, a través de una actividad de tipo puzle, los objetivos de aprendizaje: la sincronización de procesos, el

reparto de tareas y la evaluación del rendimiento obtenido al paralelizar una aplicación. Todo ello teniendo en cuenta que la programación final sería utilizando directivas de OpenMP. Cada estudiante se ha enfrentado a uno de los problemas, ha compartido su conocimiento con alumnos de otros grupos (reunión de expertos) y ha enseñado lo aprendido al resto de componentes del grupo. Esta actividad se ha llevado a cabo a lo largo de 4 sesiones presenciales de trabajo individual o grupal.

El puzle ha finalizado con una sesión de presentación de conocimientos adquiridos, en la que un estudiante de cada grupo ha presentado algún aspecto del puzle realizado. Este alumno era elegido al azar entre los alumnos del grupo que no habían preparado el aspecto a presentar. La presentación ha sido evaluada por el profesor y coevaluada por el resto de estudiantes, para lo que se entrega la correspondiente rúbrica y ficha de evaluación. La nota obtenida por el alumno presentador pasaba a ser la nota obtenida por todos los miembros del grupo en esta actividad. De esta forma se garantiza la exigibilidad individual y la interdependencia positiva.

Tras esta ronda de presentaciones, el profesor realiza un resumen acerca de los objetivos de aprendizaje para aclarar las posibles dudas que hayan quedado en torno a los temas planteados en el puzle.

2.4. Trabajo colaborativo: aplicación

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios, cada grupo ha tenido que realizar la programación serie y paralela de una aplicación de mayor envergadura, evaluando el rendimiento obtenido. La aplicación trata de desarrollar las versiones serie y paralela de un programa que aplica diferentes procesos a una imagen. En concreto, se utilizan tres imágenes de diferentes tamaños para evaluar el rendimiento obtenido en función de la solución paralela adoptada y del tamaño de la imagen.

Para trabajar en la aplicación, además de la dedicación no presencial, los estudiantes han dispuesto de tres sesiones presenciales tutorizadas en las que el profesor ha atendido las dudas que hayan podido surgir y ha hecho un seguimiento de la dinámica de trabajo del grupo. En cualquier caso, la tarea del profesor no ha sido la de resolver inmediatamente las dudas planteadas por los estudiantes, sino la de ser un facilitador y, por tanto, proporcionar pistas para motivar la reflexión del grupo, evitando eso sí que el trabajo del grupo se desvíe excesivamente de los objetivos planteados.

El desarrollo de la aplicación lleva consigo la entrega de la correspondiente memoria técnica, que explica los pasos seguidos para la implementación serie y paralela de los algoritmos a desarrollar, así como la evaluación del rendimiento obtenido y la presentación pública de la misma. Al igual que en la presentación del trabajo realizado en el puzle, esta presentación es evaluada por el profesor y coevaluada por el resto de alumnos utilizando la correspondiente rúbrica.

El proyecto finaliza con un control de conocimientos mínimos en el tema de paralelismo, que permite garantizar que

todos los estudiantes han superado mínimamente los objetivos de aprendizaje previstos (exigibilidad individual). Para que el estudiante supere el proyecto, es condición necesaria que éste obtenga al menos una puntuación equivalente al 30 % de este examen.

2.5. Entregables del proyecto

Se definen los siguientes tipos de entregables:

- Actas de constitución y reuniones de grupo. Al comienzo del proyecto cada grupo rellena la consiguiente acta de constitución de grupo, acordando las claves de funcionamiento del grupo. Uno de los estudiantes ha tomado el rol de secretario o responsable del grupo. Por otra parte, cada vez que el grupo se reúne para llevar a cabo alguna actividad conjunta, los estudiantes del grupo rellenan la correspondiente acta de reunión.
- Póster correspondiente a la discusión ABP inicial.
- Trabajo desarrollado en el puzle: informe que cada estudiante elabora del apartado que le corresponde, su presentación y los correspondientes ejercicios resueltos. En este entregable se incorporarán también aquellos materiales novedosos (no referenciados por el profesor o profesora) que el estudiante haya utilizado para el desarrollo de su parte.
- Informes de las evaluaciones entre pares de la presentación del puzle y de la presentación de la aplicación desarrollada.
- Desarrollo software realizado para la resolución del escenario planteado: informe técnico que explique la forma en la que se ha resuelto el escenario planteado y el rendimiento obtenido y material utilizado para la presentación del desarrollo realizado.
- Carpeta o portafolio en el que el grupo irá almacenando todo el material que vaya generando durante el desarrollo del proyecto, de acuerdo a los entregables descritos. En definitiva, todo aquel material que los miembros del grupo consideren adecuado para la mejor interpretación del desarrollo que han hecho del proyecto que se les ha planteado. Aunque se entregará la versión definitiva al finalizar el proyecto, cada grupo entregará una primera versión con el material generado hasta el momento de la realización del puzle para su corrección por parte del profesorado de cara a mejorar su contenido. Se trata de un documento dinámico, que cada grupo actualiza de forma constante.
- Controles. Entregables relacionados con la evaluación individual de conocimientos: plantillas y ejercicios de laboratorio sobre lenguaje C, examen sobre el lenguaje C y examen de conocimientos mínimos sobre paralelismo.

2.6. Evaluación del proyecto

En cuanto a la evaluación del proyecto, el alumnado conocía de forma detallada el desglose de la evaluación desde un principio, tanto desde el punto de vista del sujeto evaluador como del objeto evaluado (ver Cuadro 1) y tipo de evaluación (grupal o individual). Entre estas actividades, el alumnado debe superar algunas actividades de seguimiento tipo FILTRO, que se califican como APTA o NO APTA, pero sin que tengan carácter aditivo sobre la calificación final. Además, debe obtener un mínimo del 30 % en el examen de conocimientos mínimos, tal y como se ha comentado anteriormente.

Finalmente, comentar que en el sistema de evaluación se contempla un sistema de “extra bonus”, esto es, independientemente de la actividad que se evalúe según el sistema de evaluación propuesto, se premian, con puntos adicionales sobre la calificación final, las actividades que de alguna forma sean sobresalientes.

3. Evidencias utilizadas para el análisis de resultados

Para el análisis presentado en este trabajo se han tenido en cuenta tres tipos de evidencias: dedicación del alumno al proyecto, calificaciones obtenidas y grado de satisfacción del alumno. Para recoger los datos de la primera evidencia, dedicación al proyecto, se ha entregado al alumnado una plantilla (ver Figura 1 al final del artículo) en la que cada estudiante debe recoger su dedicación no presencial al proyecto. Esta dedicación es personal, con lo que se recoge una ficha de dedicación por cada estudiante del grupo.

Las calificaciones obtenidas por cada estudiante forman la segunda evidencia. En este caso, se han distinguido las calificaciones obtenidas en la primera parte de la asignatura (Temas 1 y 2) y las obtenidas en el Tema 3, impartido siguiendo la metodología ABP. En la primera parte de la asignatura se ha seguido una metodología más tradicional, aunque incluyendo algunas actividades colaborativas. En este punto también se han tenido en cuenta las calificaciones obtenidas en el curso 2010–11, en el que no se utilizó ninguna actividad colaborativa.

Finalmente, para recoger los datos de satisfacción del alumnado, se han pasado a los estudiantes dos encuestas de opinión. Por una parte, se pregunta al alumnado acerca de su grado de satisfacción con la asignatura en general (ver Figura 2 al final del artículo) y, por otra, se pregunta sobre su grado de satisfacción con la utilización de la metodología ABP (ver Figura 3 al final del artículo).

4. Resultados obtenidos

Este apartado presenta los principales resultados obtenidos en los tres indicadores explicados anteriormente, teniendo

en cuenta la experiencia de los dos cursos 2011–12 y 2012–13.

4.1. Dedicación al proyecto

Respecto a la dedicación no presencial del alumnado al proyecto, el Cuadro 2 resume sus principales hitos (valores medios expresados en horas para todo el alumnado de la asignatura): la realización del puzzle, el desarrollo de la aplicación y la preparación del examen de conocimientos mínimos. Dado que para el primer año no se recogió la dedicación correspondiente a la primera parte del proyecto (conocimiento del lenguaje C y estudio de OpenMP), ésta no se presenta en el cuadro. Esta dedicación se estimó en 5 horas en el curso 2011–12 y 8 horas en el curso 2012–13. Hay que recordar que la dedicación total no presencial estimada para el proyecto en el curso 2011–12 fue de 37 horas por estudiante, mientras que la del curso 2012–13 ha sido de 36 horas.

Como se puede ver en el Cuadro 2, la dedicación estimada y la dedicación medida son muy similares, sin que haya prácticamente desviaciones entre ellas, lo que da una idea del grado de corrección de la estimación realizada a priori. Ha habido una pequeña reorientación de la dedicación del curso 2011–12 al curso 2012–13 a la vista de las mediciones realizadas en el curso pasado y vista la necesidad de dedicar algo más de tiempo a que el alumnado estudiase el lenguaje de programación C, aspecto importante para el correcto desarrollo del proyecto. También hemos particularizado la dedicación del alumnado a la parte de desarrollo de la aplicación y a la parte de su documentación y presentación, dado que uno de los objetivos de la asignatura es la mejora de la capacitación del alumnado en dicha competencia transversal (capacidad de comunicación oral y escrita). Los resultados muestran que la dedicación del alumnado es algo mayor en la parte de desarrollo (59 % contra 41 %), lo que quizá explique la menor calidad de las memorias entregadas respecto al trabajo realizado.

4.2. Calificaciones obtenidas

En la evaluación de la asignatura se ha seguido el método de evaluación continua en los tres temas. Las actividades de evaluación que se han llevado a cabo han sido exámenes parciales, presentaciones y entrega de ejercicios, actividades de laboratorio y proyecto. Además del proyecto, en alguna de las actividades, la evaluación ha sido colaborativa (grupal y con evaluación por pares).

El Cuadro 3 resume las calificaciones medias obtenidas por los estudiantes en estos dos últimos cursos académicos. Por tener una referencia inicial, el cuadro incluye las calificaciones obtenidas en el curso 2010–11 en el que la asignatura se evaluó mediante evaluación continua, pero sin incluir nuevas metodologías docentes. Los resultados están organizados por grupo y parte de la asignatura (Temas 1 y 2, frente al Tema 3 en el que se realiza el proyecto), teniendo en cuenta que las notas parciales también son medias sobre 10 puntos. Se

	Evaluador		Estudiantes	Nota
	Profesor			
Individual	Plantillas laboratorio C	FILTRO		15 %
	Examen conocimientos C	5 %		
	Ejercicios seguimiento C	FILTRO		
	Examen conocimientos mínimos	10 %		
Grupo	Presentación del puzle	2 %	Presentación del puzle 2 %	25 %
	Ejercicios puzle	FILTRO		
	Presentación de la solución	3 %	Presentación de la solución 3 %	
	Informe técnico/desarrollo	13 %		
	Portafolio final	2 %		
Nota		35 %	5 %	40 %

Cuadro 1: Resumen del sistema de evaluación del proyecto.

		Puzle	Aplicación	Preparación del examen	Total	Aplicación	
						Desarrollo	Memoria Presentación
2011-12	Estimado	9	19	4	32	9,5	9,5
	Medido	9,1	19,4	2,4	30,5	11,1	7,9
2012-13	Estimado	10	16	2	28	8	8
	Medido	9,3	18,1	3,1	30,5	10,6	7,5

Cuadro 2: Resumen de la dedicación no presencial al proyecto (valores expresados en horas).

		2010-11	2011-12	2012-13
Castellano	<i>Núm. Estudiantes</i>	6	8	19
	Temas 1 y 2	6,61	7,23	7,63
	Tema 3	7,28	7,78	7,50
	Final	6,78	7,42	7,58
Euskara	<i>Núm. Estudiantes</i>	18	13	15
	Temas 1 y 2	6,49	7,07	7,38
	Tema 3	7,51	7,79	7,51
	Final	6,74	7,32	7,43
Inglés	<i>Núm. Estudiantes</i>		7	10
	Temas 1 y 2		7,80	6,93
	Tema 3		8,27	7,20
	Final		7,96	7,12
Global	Temas 1 y 2	6,52	7,30	7,39
	Tema 3	7,45	7,91	7,43
	Final	6,75	7,51	7,42

Cuadro 3: Notas medias obtenidas en los tres últimos cursos académicos.

incluye también la nota final de cada grupo y las notas globales (parciales y finales) teniendo en cuenta las medias de los estudiantes de todos los grupos. Así mismo, se indica entre paréntesis el número de estudiantes de cada grupo.

Como primer punto a destacar, se puede ver que, al introducir nuevos elementos metodológicos en el curso 2011–12, suben las calificaciones de los dos primeros temas de la asignatura. Podría pensarse que es debido a una mayor calidad de los estudiantes de ese curso académico, pero no es el caso. El curso 2010–11 ha estado formado precisamente por estudiantes con buenos expedientes que han querido pasar del primer curso en la Ingeniería Informática (o Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas) al segundo curso del Grado en Informática, por lo que los resultados obtenidos están sesgados. En condiciones normales, esta subida hubiera sido más acentuada, por lo que estimamos que la mejora obtenida en el curso 2011–12 se debe básicamente a factores metodológicos. Este nivel de calificaciones satisfactorias en los dos primeros temas se ha mantenido también el curso 2012–13, aunque existe una pequeña desviación a la baja en el grupo de inglés. Esta diferencia es achacable seguramente a la diferencia de calidad del alumnado entre los dos cursos (los estudiantes del grupo de inglés en el curso 2011–12 tenían los mejores expedientes académicos de los estudiantes de la asignatura).

Respecto a la utilización o no de la metodología ABP, se puede ver que, en general, los estudiantes obtienen mejores resultados en el Tema 3 impartido con dicha metodología. Esta mejora es mayor en el curso 2011–12 (8,12 %). Esta tendencia también se puede observar en el curso 2010–11 en el que se evaluaba el Tema 3, básicamente, mediante una práctica (mejora del 13,85 %).

4.3. Grado de satisfacción del alumnado

Respecto al grado de satisfacción del alumnado (ver Cuadro 4), un 89 % de los estudiantes valoran de forma positiva o muy positiva el interés de la asignatura. Si se compara con otras asignaturas de la titulación y curso, el 69 % de los estudiantes opinan que esta asignatura es más interesante. Estos grados de satisfacción se mantienen durante los dos cursos y en los tres grupos de la asignatura, aunque puede decirse que en los grupos de euskara e inglés ha habido un ligero desplazamiento hacia el ítem “Interesante y merece la pena” desde el ítem “Imprescindible en esta carrera”. El valor medio de satisfacción del alumnado con la asignatura es de 8 sobre 10, sin que existan diferencias entre los tres grupos, ni entre los dos cursos académicos evaluados.

Dentro de las opiniones sobre el desarrollo de la asignatura, el alumnado sugiere la realización de más ejercicios (sobre todo, el acceso a una colección de ejercicios resueltos) y la entrega de apuntes además de las transparencias entregadas. Por otra parte, valoran muy positivamente la metodología docente utilizada, la implicación del profesorado y su capacidad de motivación.

Esta encuesta de opinión también incluye preguntas acerca de la carga de trabajo del estudiante en el global de la asignatura

y el grado de coordinación de esta carga entre el resto de asignaturas del curso. Aunque para la mayoría de los estudiantes la carga es la adecuada, sí plantean que la parte del proyecto es más exigente, aunque sin superar la dedicación planteada. Respecto a la coordinación entre asignaturas, aunque en el curso 2011–12 sí planteaban puntos de “agobio” entre las asignaturas del curso, esta situación parece haberse corregido este curso 2012–13.

Respecto al grado de satisfacción con el uso de ABP, el Cuadro 5 recoge los ítems más destacados de esta evaluación (la encuesta original recogía información de 18 ítems). Como refleja el ítem 1 (valoración global), el 95,7 % del alumnado está satisfecho con la metodología seguida (subiendo desde un 76,4 % en el curso 2011–12) y estaría dispuesto a seguir con esta metodología en próximos cursos según indica el ítem 8 (pasa de un 83,9 % en el curso 2011–12 a un 95,7 % en el curso 2012–13). En esta subida del grado de satisfacción puede ayudar el hecho de que esta metodología empieza a ser conocida por el alumnado (actualmente se aplica también en alguna asignatura de primer curso), además de la mayor experiencia del profesorado en estas metodologías docentes.

Otros aspectos positivos de esta metodología quedan reflejados en los ítems 2 y 3. La metodología ayuda a comprender los contenidos teóricos y a establecer relaciones entre la teoría y la práctica. Estos aspectos se valoran positivamente por el 78,8 % y el 95,8 % del alumnado respectivamente (un 100 % en el caso del grupo en euskara), con una subida importante en el ítem 2 (17 puntos) respecto al curso 2011–12.

Uno de los objetivos de la asignatura es mejorar las habilidades de carácter transversal del alumnado: trabajo colaborativo, capacidad de comunicación oral y escrita en el área de la informática, capacidad de aprendizaje autónomo, etc. Para ello, tal y como se ha explicado, se han incluido en el proyecto actividades que incorporan el trabajo en equipo, la necesidad de afrontar problemas de manera autónoma, realización de memorias técnicas, presentaciones orales, etc.

Como puede verse en los ítems 4, 5 y 6, el alumnado percibe que la metodología ABP ayuda en este sentido. En el curso 2012–13 un 89,4 % de los alumnos opina que mejora su capacidad de trabajo autónomo (un 100 % en el caso del grupo en inglés), un 74,5 % su capacidad de comunicación y un 89,4 % su capacidad de trabajo en grupo (un 100 % en el caso del grupo en euskara). La valoración de estos ítems se ha mantenido alta en los dos cursos, aunque han sufrido ligeras variaciones (96,8 %, 64,5 % y 93,6 % respectivamente en el curso 2011–12).

No todo es atractivo para el alumnado con esta metodología. Como refleja el ítem 7, la queja principal del alumnado es la falta de orientación proporcionada por el profesorado. En esta metodología los estudiantes se convierten en un sujeto activo de aprendizaje guiado por el profesorado de forma puntual. Este aspecto no es del agrado de todos los estudiantes. El grado de satisfacción de este ítem ha bajado del 83,8 % en el curso 2011–12 a un 61,7 % en el curso 2012–13, con lo que se ve que los estudiantes demandan un mayor grado de orientación por parte del profesorado.

Ítem	Valoración				
	No me ha gustado	Interesante, pero mal explicada	Una más	Interesante y merece la pena	Imprescindible en esta carrera
1.- ¿Qué opinas de la asignatura?					
2011–12 (resp. 30)	0 %	3 %	10 %	53 %	33 %
2012–13 (resp. 45)	4 %	2 %	4 %	76 %	13 %
2.- Comparadas con otras	Mucho menos interesante	Menos interesante	Similar	Más interesante	Mucho más interesante
2011–12 (resp. 34)	0 %	15 %	15 %	56 %	15 %
2012–13 (resp. 46)	2 %	7 %	22 %	54 %	15 %

Cuadro 4: Respuestas a los ítems sobre el grado de satisfacción con la asignatura.

Ítem	Valoración			
	Nada satisfactoria	Poco satisfactoria	Bastante satisfactoria	Muy satisfactoria
1.- Valoración global del planteamiento y desarrollo				
2011–12 (resp. 31)	3,2 %	19,4 %	54,8 %	22,6 %
2012–13 (resp. 47)	2,1 %	2,1 %	72,3 %	23,4 %
2.- La metodología ayuda a comprender contenidos teóricos	Muy poco	Poco	Bastante	Mucho
2011–12 (resp. 31)	6,5 %	32,3 %	32,3 %	29,0 %
2012–13 (resp. 47)	0,0 %	21,3 %	51,1 %	27,7 %
3.- La metodología ayuda a establecer relaciones entre teoría y práctica				
2011–12 (resp. 31)	0,0 %	12,9 %	41,9 %	45,2 %
2012–13 (resp. 47)	0,0 %	4,3 %	44,7 %	51,1 %
4.- La metodología ayuda a indagar por tu cuenta sobre trabajo planteado				
2011–12 (resp. 31)	0,0 %	3,9 %	61,3 %	35,5 %
2012–13 (resp. 47)	0,0 %	10,6 %	44,7 %	44,7 %
5.- La metodología ayuda a desarrollar habilidades de comunicación				
2011–12 (resp. 31)	0,0 %	35,5 %	41,9 %	22,6 %
2012–13 (resp. 47)	2,1 %	23,4 %	46,8 %	27,7 %
6.- La metodología ayuda a mejorar las capacidades de trabajo en grupo				
2011–12 (resp. 31)	3,2 %	3,2 %	48,4 %	45,2 %
2012–13 (resp. 47)	4,3 %	6,4 %	46,8 %	42,6 %
7.- La orientación proporcionada por el profesor, ¿ha satisfecho tus necesidades?	Poco	Suficiente	Bastante	Mucho
2011–12 (resp. 31)	0,0 %	16,1 %	41,9 %	41,9 %
2012–13 (resp. 47)	4,3 %	34,0 %	31,9 %	29,8 %
8.- Si el próximo curso pudieras elegir, ¿optarías por esta metodología?	Sí	No		
2011–12 (resp. 31)	83,9 %	16,1 %		
2012–13 (resp. 47)	95,7 %	4,3 %		

Cuadro 5: Respuestas a los ítems sobre el grado de satisfacción con la metodología ABP.

Entre las opiniones del alumnado en este punto, en general, tal y como corrobora la encuesta, los estudiantes valoran positivamente la dinámica de aprendizaje autónomo y en grupo, ven más eficiente este modo de estudiar, aunque indican que es más difícil sacar “buena nota”. Como se ha comentado, solicitan una mayor orientación por parte del profesor y se quejan de que la evaluación grupal influya en las notas individuales.

5. Esfuerzo requerido

En el análisis presentado hemos dado algunos detalles en relación al esfuerzo y dificultades que han supuesto para el alumnado la impartición de la asignatura siguiendo la metodología ABP. Aunque la dedicación no ha supuesto sobreesfuerzo, sí han aparecido otras dificultades como la sensación de inseguridad que genera la minimización de las explicaciones magistrales y la dependencia de actividades grupales en la calificación individual. No obstante, a la vista de las calificaciones obtenidas, la mayor implicación necesaria por parte del alumnado para hacer frente a estas metodologías no ha repercutido de forma negativa en las calificaciones obtenidas.

Quisiéramos analizar ahora el esfuerzo que la propuesta que hemos presentado en este trabajo ha tenido desde el punto de vista del equipo docente. Muchas son las dificultades o barreras para poner en práctica la metodología ABP como técnica didáctica (la difícil transición, la necesaria modificación curricular, la necesidad de medir adecuadamente la dedicación de los alumnos, la necesaria capacidad de gestionar grupos por parte del docente, etc.).¹

En nuestro caso, el esfuerzo se ha centrado en los siguientes puntos: (a) la preparación inicial, incluyendo el diseño de la asignatura, la preparación de los materiales en tres idiomas, la planificación minuciosa del trabajo a realizar cada día y de las entregas a realizar; y (b) en el día a día de la implementación: seguimiento del trabajo que realizan los estudiantes y especialmente en la gestión de los grupos de trabajo. Hay que reconocer que este esfuerzo ha sido importante, aunque ha sido minimizado por la experiencia previa en del equipo docente en el tema de introducción al paralelismo (ya se hacía una práctica que ha sido el germen de la propuesta ABP) y el reducido número de alumnos. Estas metodologías parecen abordables con grupos de un máximo de 60 estudiantes, de momento lejos de nuestra situación actual.

6. Conclusiones

Este trabajo ha presentado la experiencia en el uso de metodologías activas, principalmente el aprendizaje basado en proyectos (ABP), en la asignatura Arquitectura de Computadores. Este análisis se ha realizado desde tres puntos de vista: la dedicación del alumnado al proyecto, las calificaciones

obtenidas y el grado de satisfacción del alumnado en estas metodologías docentes.

En resumen podríamos decir que el alumnado está altamente satisfecho con el aprendizaje basado en proyectos, de tal forma que una amplia mayoría seguiría utilizando esta metodología en cursos futuros. No parece que la aplicación de esta metodología docente haya supuesto un sobreesfuerzo en su dedicación docente y además les ayuda a profundizar en ciertas capacidades transversales (trabajo en grupo, capacidad de comunicación oral, autonomía, etc.). El alumnado aprende más a gusto con el desarrollo de un proyecto más cercano a la realidad ya que se encuentra más motivado en su aprendizaje. En general, las calificaciones obtenidas en esta parte de la asignatura son mejores.

Desde el punto de vista del docente, ha supuesto un importante esfuerzo inicial en el diseño de la asignatura y planificación minuciosa de las actividades, así como en el seguimiento continuo del trabajo realizado por los alumnos. Una dificultad que hemos encontrado es la necesidad de gestionar dinámicamente los grupos, principalmente, como consecuencia de abandonos. Dentro de las posibles mejoras, de cara a mejorar la percepción de asistencia por parte del profesorado, habría que explorar algunas posibilidades sin caer en un exceso de tutorización. También consideramos necesario introducir, hacia el final de la asignatura, algún mecanismo de evaluación opcional que permita subir la nota obtenida hasta el momento. Por último, sería interesante explorar la posibilidad de coordinarse con alguna otra asignatura del cuatrimestre y desarrollar conjuntamente un proyecto.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en parte gracias a los programas EHUNDU y ERAGIN de la Facultad de Informática de la UPV/EHU y del Vicerrectorado de Calidad e Innovación Docente de la UPV/EHU y la subvención del grupo de investigación Aldapa (GIU10/02). Así mismo, queremos agradecer a todos los alumnos que han participado en este estudio aportando los datos necesarios.

Referencias

- [1] Vicent Estruch y Josep Silva: *Aprendizaje basado en proyectos en la carrera de informática*, JENUI 2006, pp. 339–346, Deusto, julio de 2006.
- [2] David W. Johnson, Roger T. Johnson y Karl A. Smith: *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*. Interaction Book Company. Edina, Minnesota, 1991.
- [3] F. Kjersdam y S. Enemark: *The Aalborg Experiment*. Aalborg University Press, 1994. Dispo-

¹Para más información se puede consultar un documento de la Universidad Politécnica de Monterrey titulado *El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica*, que aunque ellos ya no lo tengan en su página web, se puede encontrar en <http://www.ub.edu/mercanti/abp.pdf>.

nible en <http://www.adm.aau.dk/rektor/aalborgeksperiment/engelsk/index.html>

- [4] T. Markham: *Project Based Learning Handbook: A Guide to Standard-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers*. Buck Institute for Education, 2003.
- [5] Enric Martí, Ferran Poveda, Antoni Guuguí y Dèbora Gil: *Aprendizaje Basado en Proyectos en Ingeniería Informática. Resultados y reflexiones de seis años de experiencia*. Simposio-taller JENUI 2011, pp. 1–8, Sevilla, julio de 2011.
- [6] Miguel Valero García: *El aprendizaje basado en proyectos en los estudios de ingeniería*. Cuadernos de pedagogía, núm. 403, pp. 52–55, 2010.



Dra. Olatz Arbelaiz Gallego (Errenteria, 1970). Licenciada en Informática (1993) por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Doctor por la misma Universidad (2001). Es profesora agregada en el departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la UPV/EHU, en la que imparte clases desde 1995 en el área de sistemas digitales,

arquitectura de computadores y paralelismo. Ha ocupado diversos cargos de gestión en el departamento y en la facultad (miembro de comisiones de centro, miembro de comisiones del departamento, coordinación de grupos docentes...). Además es directora del departamento de informática de la UEU (Udako Euskal Unibertsitatea/ Universidad Vasca de Verano) desde enero del 2003. Su actividad investigadora se centra en el área de la minería de datos, web mining, y modelado de comportamiento, impartiendo asignaturas relacionadas con esta actividad investigadora en diversos cursos de postgrado.



Dr. José Ignacio Martín Aramburu (Beasain, 1968). Licenciado en Informática (1990) por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Doctor por la misma Universidad (1994). Es profesor titular en el departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la UPV/EHU, en la que imparte clases desde 1990 en el área de arquitectura de computadores y paralelismo. Trabaja en el ámbito de la innovación docente y en la adaptación de metodologías al EEES (proyectos de innovación educativa, coordinación de grupos docentes...). Ha ocupado diversos cargos de gestión en el departamento (secretario y director de departamento, miembro de comisiones del departamento). Su actividad investigadora se centra en el área de la minería de datos y el reconocimiento de patrones, impartiendo asignaturas relacionadas con esta actividad investigadora en diversos cursos de postgrado.



Dr. Javier Muguerza Rivero (Donostia – San Sebastián, 1967). Licenciado en Informática (1990) por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Doctor por la misma Universidad (1996). Es profesor titular en el departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la UPV/EHU, en la que imparte clases desde 1990 en el área de arquitectura de computadores y paralelismo. Trabaja en el ámbito de la innovación docente y en la adaptación de metodologías al EEES (proyectos de innovación educativa, comisiones de implantación de nuevas titulaciones, coordinación de asignaturas...). Ha ocupado diversos cargos de gestión en el departamento y en la facultad (secretario y director de departamento, miembro de comisiones de centro). Su actividad investigadora se centra en el área de la minería de datos, web mining, modelado de comportamiento y computación de altas prestaciones, impartiendo asignaturas relacionadas con esta actividad investigadora en diversos cursos de postgrado.

©2013 O. Arbelaiz Gallego, J.I. Martín Aramburu, J. Muguerza Rivero. Este artículo es de acceso libre, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons de Atribución, que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra en cualquier medio, sólido o electrónico, siempre que se acrediten a los autores y fuentes originales

Asignatura: **Arquitectura de Computadores** (2012/2013)

Horas de trabajo NO PRESENCIAL asociadas al Tema 3: introducción al paralelismo (metodología Aprendizaje Basado en Problemas)

Actividad	Tiempo (horas/min.)
Tareas preliminares	
estudio del lenguaje de programación C	
contextualización del proyecto y repaso de conceptos básicos	
estudio de OpenMP	
Total tareas preliminares	
Puzzle	
lectura y búsqueda de información	
resolución de los ejercicios	
resolución del programa	
puesta en común en el grupo	
preparación de la presentación	
Total puzzle	
Aplicación	
lectura y búsqueda de información	
desarrollo: diseño y programación, análisis de opciones/tiempos	
escritura de la memoria	
preparación de la presentación	
Total aplicación	
Examen Paralelismo	
Total preparación de examen	
Total tema paralelismo (suma de totales)	

Figura 1. Plantilla sobre la dedicación no presencial al proyecto.

Para poder retocar las asignaturas, repensarlas, en una palabra, para hacer las cosas mejor, tu opinión es imprescindible. Por eso te pedimos un pequeño esfuerzo para rellenar este cuestionario. Por favor, responde a las cuestiones con total libertad, pues es tu verdadera opinión lo que nos interesa. Muchas gracias.

>> La asignatura

- ¿Qué opinas de la asignatura?

no me ha gustado, no me interesa	<input type="checkbox"/>	mucho menos interesante	<input type="checkbox"/>
interesante, pero mal explicada	<input type="checkbox"/>	menos interesante	<input type="checkbox"/>
una más	<input type="checkbox"/>	similar	<input type="checkbox"/>
es interesante y merece la pena	<input type="checkbox"/>	más interesante	<input type="checkbox"/>
imprescindible en esta carrera	<input type="checkbox"/>	mucho más interesante	<input type="checkbox"/>
(otras, indicar) →			
- Comparada con otras que estás cursando, ésta asignatura es
- ¿Tienes alguna sugerencia para mejorar el material de la asignatura (apuntes, ejercicios, transparencias, página web...)?
- Califica la asignatura en su globalidad (calidad, interés, actualidad, utilidad, ...), **de 0 a 10**

>> El profesor

- Con intención de mejorar su trabajo, ¿cuál es la **crítica principal** que harías a tu(s) profesor(es)? ¿Cuál es el **aspecto más positivo** que destacarías de tu(s) profesor(es)?
- En conjunto, califica el trabajo de tu(s) profesor(es), **de 0 a 10**

>> Distribución de carga y coordinación

- En cuanto a la distribución de la carga de trabajo de la asignatura a lo largo del cuatrimestre, ¿ha estado bien distribuido? ¿Las horas invertidas en la asignatura son acordes a los créditos ECTS de la misma (1 crédito ECTS = 10 horas presenciales + 15 horas de trabajo no presencial: estudio, elaboración de prácticas, ejercicios, etc.)?
- En cuanto a la coordinación con otras asignaturas, ¿se ha repartido la carga de manera que no se te juntaran excesivas horas en cortos periodos de tiempo? Si ha habido saturación en algún momento, ¿cuándo ha sido? ¿Qué asignaturas crees que han sido las responsables de ello?

Figura 2. Encuesta de satisfacción sobre la asignatura.

CUESTIONARIO DE OPINIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA ABP (Tema Paralelismo)				
Te pedimos que nos des tu opinión sobre varios aspectos de la metodología que se ha seguido en el aula. Tus respuestas serán analizadas, y nos permitirán mejorar nuestras propuestas en el futuro. Por eso, te pedimos que le dediques el tiempo necesario, y contestes con sinceridad. Muchas gracias.				
Teniendo en cuenta todos los aspectos de la metodología que hemos trabajado, tu valoración global del planteamiento y desarrollo de la experiencia es: nada satisfactoria poco satisfactoria bastante satisfactoria muy satisfactoria				
Justifica tu valoración:				
Valora el grado en que consideras que la metodología seguida te ha ayudado a aprender , en comparación con planteamientos metodológicos más tradicionales: me ha ayudado <i>menos</i> me ha ayudado <i>igual</i> me ha ayudado <i>más</i> me ha ayudado <i>mucho más</i>				
Valora el grado en que consideras que el uso de esta metodología te ha ayudado a: ("1" muy poco, "2" poco, "3" bastante, "4" mucho)				
Comprender contenidos teóricos	1	2	3	4
Establecer relaciones entre teoría y práctica	1	2	3	4
Relacionar los contenidos de la asignatura y obtener una visión integrada	1	2	3	4
Aumentar el interés y la motivación por la asignatura	1	2	3	4
Analizar situaciones de la práctica profesional	1	2	3	4
Indagar por tu cuenta en torno al trabajo planteado	1	2	3	4
Tomar decisiones en torno a una situación real	1	2	3	4
Resolver problemas u ofrecer soluciones a situaciones reales	1	2	3	4
Desarrollar tus habilidades de comunicación (oral o escrita)	1	2	3	4
Desarrollar tu autonomía para aprender	1	2	3	4
Tomar una actitud participativa respecto a tu aprendizaje	1	2	3	4
Mejorar tus capacidades de trabajo en grupo	1	2	3	4
Desarrollar competencias necesarias en la práctica profesional	1	2	3	4
El sistema de evaluación seguido ha sido adecuado a la metodología	1	2	3	4
La orientación proporcionada por el/la profesor/a durante el proceso, ¿ha satisfecho tus necesidades? Poco Suficiente Bastante Mucho				
¿Cambiarías algo? ¿Se te ocurre alguna propuesta de mejora?				
Si el próximo curso/módulo/cuatrimestre pudieras elegir, ¿optarías por esta metodología? Sí No				

Figura 3. Encuesta de satisfacción sobre la metodología ABP.