

DIFICULTADES DE LA APLICACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS. CONSTRUCCIÓN DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA EN PRÁCTICAS DE UNA ASIGNATURA DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA.

DIEGO G. LAMAR, MANUEL ARIAS, MIGUEL RODRÍGUEZ, ALBERTO RODRÍGUEZ, PABLO F. MIAJA y JAVIER SEBASTIÁN

Universidad de Oviedo. Grupo de Sistemas Electrónicos de Alimentación (SEA). Edificio Departamental nº 3. Campus Universitario de Viesques. 33204 Gijón. España.
gonzalezdiego@uniovi.es, ariasmanuel@uniovi.es, rodriguezmiguel.uo@uniovi.es,
rodriguezalberto@uniovi.es, fernandezpablo.uo@uniovi.es y sebas@uniovi.es

De todos es conocido el nuevo marco en que se encuentra la enseñanza universitaria en España: El Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES). En este nuevo contexto es necesario que la metodología de la enseñanza se centre en el alumno. El trabajo que aquí se presenta muestra una experiencia docente que tiene como objetivo fomentar la aplicación del conocimiento adquirido por el alumno en asignaturas de electrónica de potencia a través de un cambio en el método de enseñanza. La nueva metodología utilizada en esta experiencia es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Esta nueva “forma de hacer” propone un aprendizaje basado en el concepto de no aprender “acerca” de algo, sino a aprender “haciendo algo” y aprender “por el camino”. En el presente artículo se presenta la metodología, la planificación y la evaluación llevada a cabo en las tareas que se introdujeron como innovación. Finalmente se presentan los resultados de los dos últimos cursos, así como una serie de reflexiones y conclusiones a las que hemos llegado sobre la aplicación del ABP.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, espacio europeo de enseñanza superior, electrónica de potencia, fuente de alimentación conmutada y prácticas.

1. Introducción

Es conocido por todos que al ingeniero se le presupone un conocimiento de matemáticas y ciencias obtenido mediante estudio, experiencia y práctica. Dicho conocimiento ha de saberlo aplicar con juicio para desarrollar formas de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para beneficio de la humanidad y del medio ambiente. Por lo tanto, se puede resumir la esencia de la ingeniería como el arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención. De hecho, la principal competencia profesional del ingeniero es su capacidad de transferencia tecnológica a la sociedad.

Por otra parte, actualmente vivimos una realidad en que la docencia universitaria está sometida a un proceso de cambio debido al marco definido por el Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES) [1]. Entre otros cambios, este nuevo contexto educativo considera las horas totales de trabajo del alumno en la asignatura, no sólo las lectivas. Por lo tanto, las metodologías y planificaciones docentes han de estar centradas en el aprendizaje del alumno.

Partiendo de los anteriores razonamientos un grupo de profesores de la Universidad de Oviedo en el curso 2007/2008 introdujo la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la asignatura optativa de 5^o curso de la carrera de Ingeniería de Telecomunicación “Sistemas Electrónicos de Alimentación”. Se trata de una asignatura donde se imparte materia relativa a las fuentes de alimentación conmutadas. El objetivo de este cambio era fomentar la aplicación del conocimiento adquirido por el alumno en las clases teóricas de la asignatura. Para ello se le propuso al alumno la realización de un proyecto en las sesiones

prácticas de la asignatura: El diseño y construcción de una fuente de alimentación conmutada. Por otro lado, aprovechando el cambio en el método de enseñanza se adaptó esta asignatura a la nueva filosofía exigida en el marco definido por EEES.

En este artículo en primer lugar, se presentará, cual fue el procedimiento aplicado por los profesores a las sesiones prácticas de la asignatura y la planificación de las tareas a desarrollar por los alumnos dentro del proyecto. En segundo lugar se presentará cuales fueron los resultados de estos dos años de aplicación del ABP dentro de nuestra asignatura. Posteriormente, se reflexionará sobre cuáles han sido las dificultades presentadas en la aplicación y evaluación de esta nueva forma de enseñar. También, se explicarán las propuestas que planteamos en el actual curso 2009/2010 para mejorar la aplicación del ABP en nuestra asignatura. Finalmente se expondrán nuestras conclusiones sobre esta experiencia.

2. Objetivos de nuestro proyecto. ¿Por qué el ABP?

Los profesores de la asignatura partiendo del objetivo principal planteado como motivación de esta experiencia, concretaron unos objetivos más específicos. Estos objetivos fueron contextualizados en la asignatura a impartir, “Sistemas Electrónicos de Alimentación”, y fueron redactados en términos de competencias que el alumno debía adquirir al finalizar el curso:

1. Fomentar las bases para la comprensión y aplicación de los principios básicos de la electrónica de potencia relativos a conversión de energía eléctrica: Configuraciones básicas para el diseño de fuentes de alimentación, componentes pasivos y los elementos activos que las manejan.
2. Ayudar al conocimiento, comprensión e interpretación de documentación relativa equipos electrónicos de potencia, orientando su búsqueda en fuentes de información adecuadas.
3. Promover la aplicación del conocimiento a través de la validación experimental, análisis, diseño y construcción de fuentes de alimentación.
4. Estimular la toma de decisiones y el razonamiento crítico para seleccionar, de entre diversas posibles opciones, la solución más adecuada a un determinado problema (en particular en el diseño de una fuente de alimentación).
5. Incentivar competencias transversales tales como la elaboración de informes técnicos y la expresión oral.

En este punto, una vez formulados los objetivos particulares que se quieren conseguir, el equipo de profesores se planteó que metodología sería la más adecuada para conseguirlos. Finalmente nos decantamos por el ABP. El ABP [2, 3] se dirige a la solución de un problema específico, que puede ocuparse además de otras áreas que no son el problema. Su característica principal es que el proyecto no se enfoca a aprender “acerca” de algo, se enfoca en “hacer” algo y aprender “por el camino”. Las acciones del ABP sobre el aprendizaje del alumno se pueden resumir en cuatro:

1. Está centrado en el estudiante y promueve una motivación intrínseca. A medida que el alumno va desarrollando el proyecto lo va haciendo suyo. De esta manera, lo hace encajar dentro de sus intereses y habilidades. De hecho, el proyecto o producto final no es más que un reflejo de él. A consecuencia de ello, el alumno no tiene reparos en dedicar a este proyecto todo el tiempo y recursos planificados para la realización del mismo.
2. Es un proceso de aprendizaje orientado a que los estudiantes realicen mejoras continuas e incrementales en sus productos, presentaciones o actuaciones. Es claramente un proceso de aprendizaje de prueba y error, donde la retroalimentación es fundamental. A medida que se desarrolla el trabajo, éste deberá estar continuamente bajo revisión. Además, un proyecto tiene restricciones de tiempo, por lo que los alumnos deben tomar decisiones sobre el uso de éste.
3. Se promueve la motivación del alumno. El ABP está diseñado para que el estudiante esté comprometido activamente en “hacer” cosas en lugar de únicamente aprender “sobre” algo.
4. Es retador y está enfocado a la obtención del aprendizaje significativo. Esta idea está basada en el concepto de quienes aprenden cimentando sus nuevos conocimientos sobre conocimientos adquiridos. De esta manera se pueden desarrollar habilidades mentales de orden superior.

Precisamente por estas razones se escogió en ABP como innovación metodológica en la asignatura. Creemos que es idónea para la consecución de los objetivos expuestos anteriormente. Cabe reseñar que este tipo de enseñanza ha sido muy utilizada en los últimos años en carreras técnicas [4, 5], y en particular en las sesiones prácticas de varias asignaturas [6-7].

3. Metodología aplicada a las sesiones prácticas

En las sesiones prácticas de la asignatura (7 sesiones de 2 horas y una sesión de una hora) se propuso a todos los alumnos el diseño completo y construcción de una fuente de alimentación conmutada. Cada alumno diseñó y fabricó su propia fuente de alimentación. Aunque el objetivo que se le plantea al alumno es la realización física de un prototipo electrónico, el objetivo real es el proceso de aprendizaje que se va a llevar a cabo hasta conseguir el producto final.

Se facilitó a cada alumno un puesto en el laboratorio con todo el material necesario para la realización de las prácticas (Figura 1). La familiarización con dicho material fue el objeto de la primera sesión. Posteriormente las demás sesiones se dividieron en clases prácticas de diseño o de montaje. Las sesiones de diseño se planificaron para que el alumno realizase los estudios necesarios para concretar los subcircuitos de control, mando, potencia y realimentación que constituyen la fuente de alimentación. Las sesiones de montaje se planificaron para que el alumno ensamblase esos subcircuitos. Al principio de ambos tipos de sesiones el profesor explicó brevemente los fundamentos de la parte del proyecto a desarrollar. Estas explicaciones son muy importantes, ya que el proyecto a realizar es muy complejo. Por lo tanto las indicaciones del trabajo a realizar han de ser concisas y encaminadas a guiar al alumno. Posteriormente, el alumno desarrolló la actividad individualmente, interaccionando con el profesor y sus propios compañeros. Durante este periodo, el profesor de la asignatura actuó como mero facilitador reconduciendo cualquier problema que se plantease al alumno. Paralelamente, durante ese tiempo, el profesor planteó cuestiones a todo el grupo relativas al desarrollo de esa parte del proyecto. Así se estableció un espacio específico para la reflexión y el debate sobre conceptos fundamentales de la asignatura. Cabe destacar que tanto las indicaciones iniciales como las cuestiones sometidas a reflexión estuvieron completamente planificadas en cada una de las 7 sesiones de prácticas, no dejando la aplicación este método de enseñanza al azar. En este mismo sentido, como refuerzo al proceso de aprendizaje, en la sexta sesión se revisó el proyecto de cada alumno. Finalmente en la última sesión, el alumno expuso al profesor el proyecto desarrollado mediante la elaboración de una memoria y una presentación experimental y defensa del prototipo desarrollado.



Figura 1. Puesto para cada alumno con la herramienta necesaria para el desarrollo de las sesiones prácticas.

También hay que destacar que equipo de profesores puso especial énfasis en las tutorías que pudieran llegar a ser necesaria para completar el proceso de aprendizaje. Se comprobó que en algunas ocasiones es fundamental repasar y asentar los conceptos desarrollados en las clases regladas.

4. Evaluación de proyecto llevada a cabo.

El equipo de profesores planificó la evaluación de este proyecto completamente diferente a como tradicionalmente se había realizado. Tradicionalmente, el objetivo final era fabricar un producto, en este caso una fuente de alimentación, por lo tanto, se evaluaba el producto. Sin embargo ahora, al tratarse el ABP de una metodología activa nos planteamos la evaluación de forma continua. Es decir, se va a evaluar el proceso de aprendizaje del alumno durante la ejecución del proyecto. Esta evaluación se llevó a cabo mediante informes de las actividades de los alumnos en cada práctica realizados por el profesor, permitiendo así la evaluación de la actividad de forma continuada. De esta forma se definió la evaluación de la principal competencia que se había planificado como objetivo de la asignatura: Fomentar la aplicación del conocimiento adquirido por el alumno en las clases teóricas de la asignatura. Por otro lado, también se evaluó la capacidad del alumno de escribir informes técnicos y de su expresión oral con la presentación de una memoria final y con una demostración práctica y defensa del prototipo que construyeron. Esta defensa fue realizada por cada alumno de forma individual y por separado. El peso del proyecto dentro de la asignatura fue del 40%. El resto de la nota se completó con otro proyecto más teórico o tradicional y un examen final.

5. Opinión de los alumnos.

Al finalizar el curso se realizó una encuesta en la que se intentó que el alumno evaluase el cambio de metodología introducido en la asignatura con respecto al tradicional utilizado en las anteriores asignaturas de electrónica de la carrera. En ella se le preguntó sobre varios aspectos del proyecto desarrollado dentro de la asignatura, tales como la evaluación, planificación y el método de enseñanza. La valoración que realizaron los alumnos fue muy positiva, tal como se puede comprobar en la Figura 2. En concreto valoraron muy positivamente la planificación y la evaluación del trabajo desarrollado en las sesiones prácticas. También hay que resaltar que el alumno reflejó en la encuesta un aspecto que destacó a lo largo del curso: El alumno se sintió orgulloso de su trabajo.

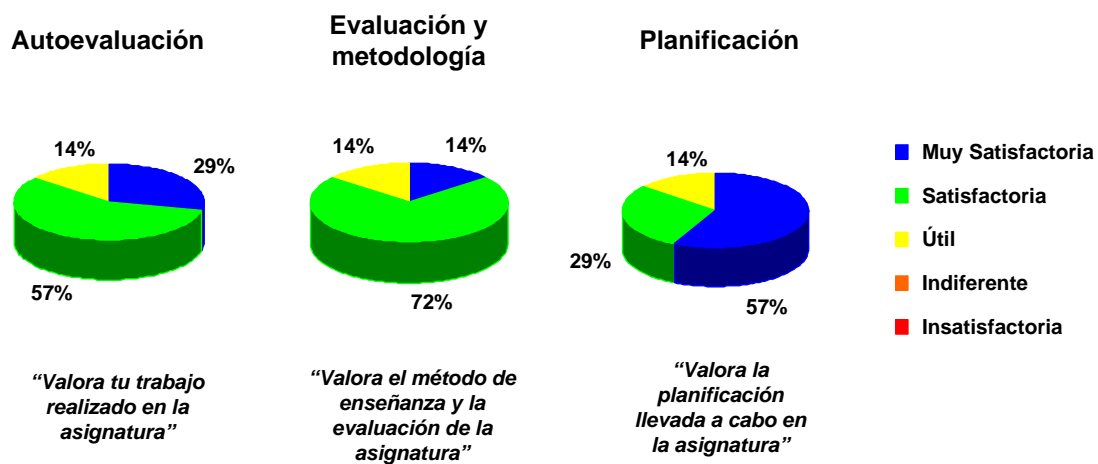


Figura 2. Resultados de la encuesta realizada a los alumnos relativos a aspectos generales del nuevo método de enseñanza introducido en la asignatura.

También se le preguntó al alumno sobre la mejora en determinadas habilidades como consecuencia de haber cursado las prácticas. En este aspecto la valoración fue de nuevo muy positiva, tanto en las habilidades específicas que se quisieron potenciar en esta experiencia, así como otras habilidades más transversales. La encuesta evidencia que el alumno es consciente de su mejora en las habilidades

específicas adquiridas en las sesiones prácticas (Figura 3. Competencias específicas). Pero además, también es consciente que ha madurado muchas de sus habilidades genéricas (Figura 3. Competencias transversales). De hecho, esta encuesta se puede resumir en observaciones que realizó un alumno y que es común a muchas de las encuestas: *“Me ha gustado mucho trabajar en un laboratorio en el diseño y construcción de un convertidor. Me parece muy interesante ver los problemas que van surgiendo en la práctica y las decisiones tomadas para resolverlos”*.

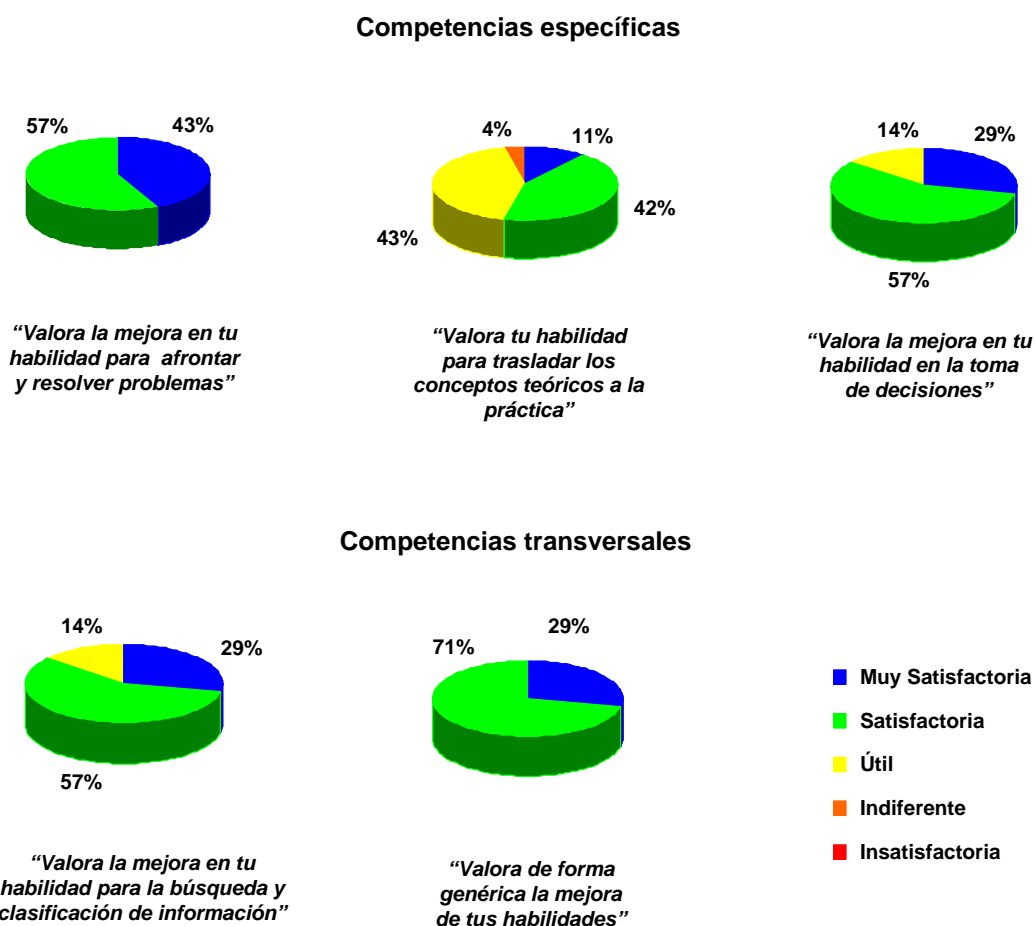


Figura 3. Resultados de la encuesta realizada a los alumno relativos a la mejora de competencias específicas y transversales.

6. Reflexiones de los profesores de la asignatura después de dos años. Las dificultades de la aplicación el ABP.

Como parece razonable la valoración de esta experiencia no puede quedar únicamente supeditada a la opinión de los estudiantes. Es por ello que a lo largo del cuatrimestre los profesores de la asignatura establecieron reuniones periódicas con los alumnos. También se analizaron los resultados de la evaluación llevada a cabo. A partir de todo ello, obtuvimos unos resultados que nos hicieron reflexionar sobre diversos aspectos de la aplicación del ABP a esta asignatura, llegando a una conclusión: la aplicación del ABP no es obvia y fácil. Las reflexiones más importantes las resumimos a continuación.

6.1. Sus exámenes no están a la altura de sus proyectos. ¿Estamos evaluando mal el proceso de aprendizaje?

El resultado final del proyecto desde el punto de vista técnico fue muy satisfactorio. Todos los alumnos construyeron con aprovechamiento el prototipo de la fuente de alimentación conmutada (Figura 4).



Figura 4. Prototipo experimental de la fuente de alimentación conmutada diseñada y construida por cada alumno de la asignatura.

Sin embargo, en los exámenes teóricos de la asignatura había fallos de concepto relativos a la aplicación de la materia desarrollada en las clases de teoría. Hemos constatado que los alumnos aplican el conocimiento como si fueran “pequeñas recetas” únicamente trasladables a casos muy concretos sin tener una perspectiva global del problema. También se apoyan mucho en un proceso de prueba y error sistemático y “ciego” en busca de la solución del problema. Este resultado nos ha hecho pensar que no hemos evaluado de forma correcta el proceso de aprendizaje del alumno durante el proyecto. Hemos caído en el error de evaluar el producto y no el proceso. Esto se ha reflejado en las notas de la asignatura (Figura 5). En éstas, aunque el número de aprobados no varía con la introducción del ABP en la planificación de la asignatura, sí lo hacen el número de alumnos con notas altas. Esto es debido a que la calificación del proyecto en estos dos últimos años fue más alta que las prácticas tradicionales llevadas a cabo antes de la introducción del proyecto de la fuente de alimentación conmutada en las sesiones prácticas. Sin embargo, la calificación media de los exámenes no ha sufrido variación.

Para evaluar mejor el proceso de aprendizaje del alumno en las prácticas, este curso se pretende introducir listas de valoración o rúbricas (Anexos). Estas rúbricas han sustituido al informe del profesor de las sesiones prácticas y se han diseñado para realizar una evaluación positiva y consistente de las actividades desarrolladas en las mismas. La experiencia del profesorado ha sido la base fundamental para la definición de estas rúbricas. De hecho, las conclusiones y reflexiones que se plantean al final del artículo son un reflejo de ellas. Los principales aspectos a evaluar serán la capacidad de aplicar el

conocimiento adquirido y su capacidad de crítica, cuya mejora se impone como objetivo principal de esta experiencia. También se ha adoptado esta herramienta en la evaluación de la memoria final de las prácticas y la presentación experimental y defensa del prototipo. De esta forma, se valoran otras competencias más transversales, cuya mejora también se marcaban como objetivos secundarios de esta experiencia: Elaboración de informes técnicos y la expresión oral.

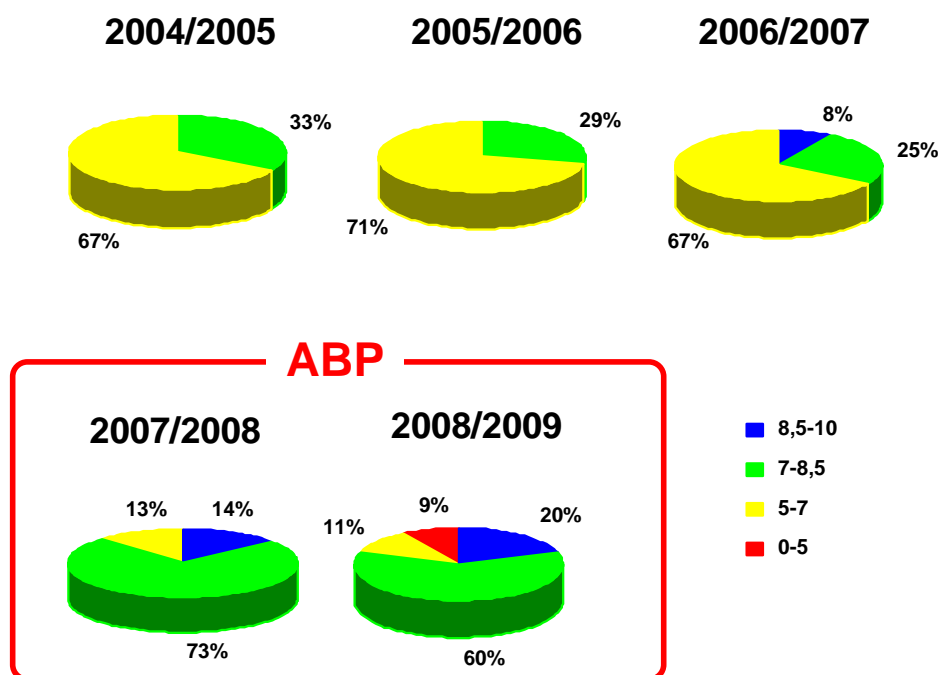


Figura 5. Calificaciones de la asignatura en los últimos 5 cursos.

6.2. ¿Es el examen el gran enemigo del ABP?

Por otro lado también hay que asumir que el ABP tradicionalmente hace una mala combinación con asignaturas con una evaluación fuertemente basada en exámenes [8]. Adoptar estrategias del ABP requiere replantear el papel que deben jugar los exámenes en el proceso de evaluación, y colocarlos en el lugar apropiado.

Según nuestra experiencia, los exámenes son una fuente constante de frustración para los profesores ya que los alumnos obtienen peores calificaciones de las esperadas. Esto es debido a las expectativas que generan en nosotros los alumnos por sus proyectos desarrollados. Esto puede hacer pensar en evaluar la asignatura únicamente con proyectos. Sin embargo, desde nuestro punto de vista no se han de centrar todos los esfuerzos en el ABP. De hecho, nosotros únicamente lo desarrollamos para incentivar ciertas competencias de la asignatura. Para dotar al alumno de una perspectiva global de la asignatura es necesario un trabajo previo en las clases teóricas. Por lo tanto, creemos que las clases teóricas de la asignatura siguen siendo una parte fundamental, y queremos hacerlo constar. Es por ello que mantenemos la necesidad de realizar exámenes, aunque es posible que se necesitase replantear su estructura haciéndolo más cercano al proyecto, o el proyecto más cercano al examen. Otra opción podría ser la realización de un examen de mínimos que nos garantice que no existen carencias en conceptos fundamentales de la asignatura.

6.3. Todos tenemos que asumir que para aprender hay que equivocarse.

El rendimiento de los alumnos durante el desarrollo del proyecto no fue constante. La apreciación inicial por parte de los profesores al lanzar esta actividad era la siguiente: El alumno, ante el reto de acometer un proyecto real, realizará la actividad con mucha ilusión y dedicación. Esta apreciación se concretó en la realidad de forma diferente. El alumno empezaba muy motivado el proyecto en las primeras sesiones. Sin embargo, la realización del mismo implica razonamientos de orden superior para poder trasladar los conceptos teóricos a la práctica. En este punto, el alumno se equivocaba en aspectos que los profesores consideráramos básicos. Como consecuencia, el alumno se desmotivaba y su rendimiento caía. Además, el profesor se desesperaba ante ese tipo de errores los cuales los calificaba de “desastres”. Esta situación se repitió a lo largo del proyecto.

Tras dos años de experiencia con el ABP, hemos de ser conscientes que el proceso anteriormente descrito se asemeja a una montaña rusa donde los pasajeros (alumnos y profesores) en algún momento piensan en bajarse. Sin duda esto afecta al rendimiento de los alumnos. Sin embargo, hay que concebir esta circunstancia como natural al aplicar el ABP y no como un inconveniente. Hay que tener muy claro que todo eso es necesario para que se produzca el aprendizaje. Así hay que proyectárselo al alumno para que los valles en su rendimiento y motivación no propicie el abandono de la asignatura.

6.4. El tiempo invertido en el ABP. Un cambio para todos.

Por una parte, el profesor ha de ser consciente de la dedicación que requiere el ABP y su importancia dentro de la asignatura. El seguimiento, conducción y supervisión que los alumnos necesitan para el desarrollo de sus proyectos implican una inversión de tiempo superior a la que se realiza con una metodología tradicional.

Por otro lado, el alumno ha de ser consciente que su tiempo es suyo y lo tiene que gestionar él. Es habitual que el alumno tenga problemas para planificar sus actividades dentro de las sesiones de prácticas en un proyecto de este estilo. Tradicionalmente el alumno trabaja encorsetado con la planificación llevada a cabo por el profesor en cada sesión práctica. Cada práctica es un problema que se ha de resolver en esa sesión. Sin no es así, ya se recuperará a final de curso. Sin embargo, ahora el proyecto a realizar en las sesiones de prácticas es uno y en cada práctica se han de resolver varios problemas para ir completando el proyecto. El inconveniente se plantea cuando esos problemas no son los mismos para cada alumno. El número de problemas depende de la estrategia que utilice cada uno para afrontar las diferentes partes del proyecto (las cuales sí están estructuradas por el profesor). Fueron frecuentes comentarios en las sesiones de prácticas del estilo “*es demasiado el trabajo a realizar en las prácticas*”, “*hay que trabajar mucho antes de cada práctica para poder prepararla*”, etc... Sin embargo, los alumnos cumplieron con el trabajo planificado por el profesor de la asignatura en las sesiones prácticas. Además, en las encuestas se puso de manifiesto que el tiempo empleado por el alumno en preparar las sesiones prácticas fue el planificado por el equipo docente. Esto pone de manifiesto que el alumno no está acostumbrado a gestionar su tiempo y no se siente cómodo al tener que hacerlo.

6.5. Hay que dotar a cualquier metodología activa con recursos e infraestructuras

Para la aplicación del ABP se necesitan recursos e infraestructuras. Aunque el escenario planteado por el EEES lo expresa así, la realidad en algunos de los casos puede ser muy diferente. Esta realidad, que a veces nos encontramos con ella, se puede resumir en la siguiente anécdota que cuenta un profesor [9]. Los profesores somos conscientes que la realidad del EEES ha cambiado nuestras reglas del juego. Nosotros estábamos acostumbrados a “jugar al baloncesto”. Conocíamos las dimensiones de la cancha, estábamos familiarizados con la pelota, las canastas y sus reglas. De repente nos han puesto una red en mitad de la cancha y nos dicen que debemos “jugar al tenis”. Por supuesto, esta red nos hace imposible seguir “jugando al baloncesto”. Como a partir de ahora vamos a “jugar al tenis”, aprendemos sus reglas, nos familiarizamos con las nuevas dimensiones de la cancha y obtenemos todo tipo de formación a cerca de como jugar. Sin embargo, no nos dan ni pelotas de tenis, ni raquetas, ni nueva equipación y no se adaptan las medidas de la pista al nuevo juego. Cuando nos quejamos de esta situación la respuesta que nos encontramos es la siguiente: podemos subir la red y “jugamos al voleibol”. Es un deporte más parecido al baloncesto y

podemos aprovechar las dimensiones de la cancha e incluso el balón. Como conclusión, ni “jugamos al baloncesto” ni “jugamos al tenis” ¿Jugar al voleibol en estas condiciones es lo que contempla el EEES?

El equipo de profesores es conciente que esta experiencia se ha podido llevar a cabo por lo reducido de los grupos de prácticas de esta asignatura. Se trata de una asignatura optativa con una media de 12 matriculados por año (2 grupos de prácticas de 6 personas). Esto ha hecho que se pudiera adecuar el laboratorio de forma adecuada y que los profesores hayan podido realizar una planificación y seguimiento adecuado de las prácticas.

7. Conclusiones

La experiencia de la aplicación del ABP en la asignatura “Sistemas Electrónicos de Alimentación” de quinto curso de Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Oviedo ha sido enormemente positiva tanto para los alumnos como para los profesores que la han llevado a cabo. Sin embargo como conclusión principal hay que destacar que es necesario adaptarse a esta nueva forma de hacer las cosas. Tanto para los profesores como para los alumnos es difícil.

Por otro lado, se ha demostrado que el ABP es válido para alcanzar los objetivos docentes de la titulación, cumpliendo con las expectativas de los estudiantes y retándolos a la elaboración de proyectos reales. Aún quedan por mejorar muchos aspectos, tales como los relativos a los recursos e infraestructuras, la adaptación por parte del profesorado y el alumnado a la metodología, mejor evaluación del proceso de aprendizaje, etc... Se espera que las conclusiones obtenidas en cada curso sirvan para mejorar la aplicación de la metodología al curso siguiente.

Referencias

- [1] European Ministers of Education (1999). “The european higher education area bologna declaration, Bologna”
- [2] D. R. Woods, “Problem-based learning: how to gain the most from PB”. McMaster University 1994.
- [3] Moursund D. “Project based-learning: using information technology”. Iste publications 1999.
- [4] Pablo del Canto, Isabel Gallego, Rubén Hidalgo, Johann López, José Manuel López, Javier Mora, Eva Rodríguez, Eduard Santamaria, Miguel Valero. “Aprender a programar ordenadores mediante la metodología basada en proyectos”. CUIEET 2007.
- [5] Jesús Alcocer, Silvia Ruíz y Miguel Valero-García, “Evaluación de la implantación de aprendizaje basado en proyectos en la EPSC (2002-2003)”. XI Congreso universitario de innovación educativa en enseñanzas técnicas, julio 2003.
- [6] Costa, L. R. J., Honkala, M. and Lehtovuori, A., 2007, “Applying the Problem-Based Learning Approach to Teach Elementary Circuit Analysis,” IEEE Trans. on Education, Vol. 50, No. 1, pp. 41-48, February 2007
- [7] Mantri, A.; Dutt, S.; Gupta, J.P.; Chitkara, M., "Design and Evaluation of a PBL-Based Course in Analog Electronics," Education, IEEE Transactions on , vol.51, no.4, pp.432-438, Nov. 2008.
- [8] Miguel Valero-García, “Las dificultades que tienes cuando haces PBL”. La educación superior hacia la convergencia europea: modelos basados en el aprendizaje (capítulo 8). Universidad de Mondragón.
- [9] Valero García, Miguel y Navarro Guerrero, Juan José. “Diez metáforas para entender (y explicar) el nuevo modelo docente para el EEES”. (2008) @tic. Revista d’innovació educativa. Nº 1, p. 3-8.

Anexos

A.1. Listas de valoración o rúbricas para la evaluación de las sesiones prácticas

		4	3	2	1
APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO A LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	Orden y Organización	Plantea su trabajo en el proyecto a realizar de una manera ordenada, clara y organizada.	Plantea su trabajo en el proyecto a realizar de una manera ordenada.	Plantea su trabajo en el proyecto a realiza de una manera poco organizada y ordenada.	Su trabajo en el proyecto a realizar es descuidado y desorganizado. Es difícil saber lo que está haciendo.
	Conceptos específicos usados para la resolución de problemas	Su explicación muestra un completo entendimiento del concepto teórico usado para resolver problemas.	Su explicación muestra un entendimiento sustancial del concepto teórico usado para resolver problemas.	Su explicación muestra algún entendimiento del concepto teórico necesario para resolver problemas.	Su explicación muestra un entendimiento muy limitado de los conceptos subyacentes necesarios para resolver problemas.
	Estrategia a la hora de afrontar problemas	Por lo general, usa una estrategia eficiente y efectiva para resolver problemas.	Por lo general, usa una estrategia efectiva para resolver problemas.	Algunas veces usa una estrategia efectiva para resolver problemas, pero no lo hace consistentemente.	Raramente usa una estrategia efectiva para resolver problemas.
	Razonamiento de conceptos teóricos a la hora de resolver problemas	Usa razonamiento complejo y refinado.	Usa razonamiento efectivo.	Muestra alguna evidencia de razonamiento	Muestra poca evidencia de razonamiento
	Comprobación de resultados obtenidos	El trabajo ha sido comprobado de forma concienzuda y todas las rectificaciones apropiadas fueron hechas.	El trabajo ha sido comprobado y todas las rectificaciones apropiadas fueron hechas aunque se detectaron mínimos errores.	El trabajo ha sido comprobado pero algunas rectificaciones no fueron hechas.	El trabajo no fue comprobado o no hubo rectificaciones.
	Efectividad	Todos los problemas planteados en el proyecto fueron resueltos.	Todos menos 1 de los problemas fueron resueltos.	Todos menos 2 de los problemas fueron resueltos.	Varios de los problemas no fueron resueltos.
EXPRESIÓN ORAL	Explicación del trabajo realizado	La explicación es detallada y clara.	La explicación es clara.	La explicación es un poco difícil de entender, pero incluye componentes críticos.	La explicación es difícil de entender y tiene varios componentes ausentes o no fue incluida.
	Terminología	La terminología utilizada siempre fue correcta haciendo fácil la comprensión de sus resultados.	La terminología utilizada siempre fue por lo general correcta haciéndose entender.	La terminología utilizada siempre fue por lo general correcta, sin embargo no se le entendía en alguna ocasión.	Hay poco uso o mucho uso inapropiado de la terminología.
BÚSQUEDA Y COMPRENSIÓN DE DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA	Búsqueda de la información	Información abundante y relacionada con el tema.	Información suficiente que se relaciona con el tema.	Información que no se conecta con el tema.	Información insuficiente e incorrecta.
	Manejo y organización de la documentación	Clasificación y discriminación de la documentación adquirida.	Buena clasificación de la información aunque necesita discriminarla.	Baja clasificación de la información y no se conecta con el tema.	No hay una correcta selección de la información.
	Identifica la información importante	El estudiante puede nombrar los puntos importantes del documento sin tenerlo frente a sí mismo.	El estudiante nombra todos los puntos importantes, pero usa documentación de referencia.	El estudiante no puede nombrar ninguna información importante con precisión.	El estudiante no puede nombrar ninguna información importante
	Inglés	Comprende perfectamente toda la documentación técnica en inglés.	Comprende la documentación en inglés, salvo vocabulario técnico muy específico.	Tiene lagunas en la comprensión de la documentación en otro idioma.	No comprende la documentación por estar redactada en otro idioma.

	Preparación	Trae el material necesario a clase y siempre está listo para trabajar.	Casi siempre trae el material necesario a clase y está listo para trabajar.	Casi siempre trae el material necesario, pero algunas veces no está dispuesto a trabajar.	A menudo olvida el material necesario o no está listo para trabajar.
ITERACIÓN CON LOS MIEMBROS DEL GRUPO	Contribuciones	Proporciona siempre ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase.	Por lo general, proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase.	Algunas veces proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase.	Rara vez proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase.
	Actitud	Nunca critica públicamente el proyecto o el trabajo de otros. Siempre tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Rara vez critica públicamente el proyecto o el trabajo de otros. A menudo tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Ocasionalmente critica en público el proyecto o el trabajo de otros miembros del grupo. Tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	Con frecuencia critica en público el proyecto o el trabajo de otros miembros de el grupo. A menudo tiene una actitud positiva hacia el trabajo.
OTROS	Organización del tiempo	Desarrolla todas las actividades en el tiempo programado.	Desarrolla el 80% de las actividades en el tiempo programado.	Desarrolla el 70% de las actividades en el tiempo programado.	Desarrolla menos del 70% de las actividades en el tiempo programado.
	Disciplina y comportamiento	Su comportamiento se ajusta a las normas establecidas.	Algunas veces su comportamiento es ajeno a las normas establecidas.	Con frecuencia no sigue las normas establecidas en las sesiones.	No tiene en cuenta las normas de comportamiento en grupo.

A.2. Listas de valoración o rúbricas para la evaluación de la demostración práctica

	4	3	2	1
Postura del cuerpo y contacto visual	Siempre tiene buena postura y se proyecta seguro de sí mismo. Establece contacto visual durante la presentación.	Casi siempre tiene buena postura y establece contacto visual durante la presentación.	Algunas veces tiene buena postura y establece contacto visual.	Tiene mala postura y/o no mira a las personas durante la presentación.
Habla claramente	Habla claramente y distintivamente todo el tiempo (100-95%).	Habla claramente y distintivamente casi todo el tiempo. (80 – 95 %)	Habla claramente y distintivamente la mayor parte (70-85%) del tiempo.	A menudo habla entre dientes o no se le puede entender.
Conocimiento del tema	Demuestra un conocimiento completo del tema.	Demuestra un buen conocimiento del tema.	Demuestra un buen conocimiento de partes del tema.	No parece conocer muy bien el tema.
Contestar preguntas	El estudiante puede con precisión contestar casi todas las preguntas planteadas.	El estudiante puede con precisión contestar la mayoría de las preguntas.	El estudiante puede con precisión contestar unas pocas preguntas planteadas.	El estudiante no puede contestar las preguntas planteadas sobre el tema.
Entusiasmo	Expresiones faciales y lenguaje corporal generan un fuerte interés y entusiasmo sobre el tema en otros.	Expresiones faciales y lenguaje corporal algunas veces generan un fuerte interés y entusiasmo sobre el tema en otros.	Expresiones faciales y lenguaje corporal son usados para tratar de generar entusiasmo, pero parecen ser fingidos.	Muy poco uso de expresiones faciales o lenguaje corporal. No genera mucho interés en la forma de presentar el tema.
Uso del tiempo	Utiliza el tiempo adecuadamente y logra discutir todos los aspectos de su trabajo.	Utiliza el tiempo adecuadamente pero al final tiene que cubrir algunos temas con prisa.	Confronta problemas menores en el uso del tiempo (termina muy pronto o no logra terminar su presentación el tiempo asignado).	Confronta problemas mayores en el uso del tiempo (termina muy pronto o no logra terminar su presentación el tiempo asignado).
Organización	Se presenta la información de forma lógica e interesante que la audiencia puede seguir.	Se presenta la información utilizando una secuencia lógica que la audiencia puede seguir.	La audiencia tiene dificultades siguiendo la presentación porque se brinca de un tema a otro.	La audiencia no puede entender la presentación debido a que no sigue un orden adecuado.
Creatividad	Presenta el material creativamente y de forma espontánea.	Hay algún tipo de originalidad, con buena variedad de texto y gráficas.	Poca o ninguna variación; poca originalidad e interpretación.	Repetitivo, con poca o ninguna variedad.

A.3. Listas de valoración o rúbricas para la evaluación de la memoria de prácticas

	4	3	2	1
Redacción	No hay errores de gramática, ortografía o puntuación.	Casi no hay errores de gramática, ortografía o puntuación.	Unos pocos errores de gramática, ortografía o puntuación.	Muchos errores de gramática, ortografía o puntuación.
Organización	La información está muy bien organizada con párrafos bien redactados y con subtítulos.	La información está organizada con párrafos bien redactados.	La información está organizada, pero los párrafos no están bien redactados.	La información proporcionada no parece estar organizada.
Calidad de Información	La información está claramente relacionada con el tema principal y los temas secundarios.	La información está relacionada con el principal tema, pero existen ciertas desconexiones con temas secundarios.	La información dada no está claramente relacionada con el tema principal.	La información tiene poco o nada que ver con el tema desarrollado.
Fuentes	Todas las fuentes de información y las gráficas están documentadas y en el formato deseado.	Todas las fuentes de información y las gráficas están documentadas, pero unas pocas no están en el formato deseado.	Todas las fuentes de información y gráficas están documentadas, pero muchas no están en el formato deseado.	Algunas fuentes de información y gráficas no están documentadas.
Conclusión /Resumen	El estudiante proporciona una conclusión detallada, claramente basada en los datos obtenidos en las clases de prácticas.	El estudiante proporciona una conclusión algo detallada, pero claramente basada en los datos obtenidos en las clases de prácticas.	El estudiante proporciona una conclusión con algo de referencia a los datos obtenidos en las clases de prácticas.	La conclusión fue obvia, además detalles importantes fueron pasados por alto.