UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos

Propuesta para el despliegue de competencias genéricas y su integración con el diseño de actividades de Aprendizaje Basado en Proyectos. Caso de las ingenierías del software y computadores.

Tesis Doctoral

Tesis enviada para su evaluación dentro del programa de Doctorado en Ciencias y Tecnologías de la Computación para *Smart Cities*

(Diciembre 2016).

Autor: Javier García Martín,

Licenciado en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid

Tutor: Jorge E. Pérez Martínez,

Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid

2016

A mis padres

Resumen

La declaración de Bolonia establece el marco educativo para el desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior. En España, los organismos involucrados (Ministerio de Educación, ANECA, universidades) establecen los marcos legales y las directrices necesarias para adecuarse al nuevo marco educativo. Entre estas directrices están el aprendizaje por competencias, la enseñanza centrada en el estudiante, el aprendizaje activo y la aplicación de nuevas metodologías docentes. En el contexto de las ingenierías, el Aprendizaje Basado en Proyectos aparece como una metodología apropiada para acercar al estudiante a las tareas propias de la ingeniería y para desarrollar las competencias genéricas requeridas.

No obstante, aparecen dificultades en la implementación final de estas nuevas propuestas. En lo que respecta a las competencias, el profesorado está familiarizado con las competencias específicas, propias de la titulación. Pero no es así con las competencias genéricas (o transversales), las que representan una novedad en la carrera profesional de buena parte del profesorado de las ingenierías. Los docentes tienen que abordar el problema sin tener formación previa, disponiendo de poca información y en muchos casos sin motivación. Esto deriva en desconcierto y una deficiente implementación de las competencias genéricas en los planes de estudio.

Por otro lado, la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos tiene un éxito relativo en España. En las últimas décadas se ha llevado a cabo un número importante de iniciativas, pero en la mayoría de los casos se limitan a implementaciones en asignaturas individuales sin un gran alcance en el currículum de las titulaciones. Y es que, pese a su adecuación para la enseñanza de ingenierías, esta metodología no está exenta de dificultades. Por parte del docente, su puesta en práctica conlleva cierta complejidad y requiere una preparación y adaptación del rol del profesor. Su aplicación sin seguir unos principios fundamentales lleva a experiencias que no consiguen los resultados deseados. Por la otra parte, los alumnos deben realizar un esfuerzo mayor, principalmente relacionado con el aprendizaje autónomo. Para que este aspecto no se convierta en un escollo resulta fundamental proporcionar a los estudiantes un soporte adecuado, que facilite a los estudiantes la superación de las dificultades sin distorsionar la idea fundamental del Aprendizaje Basado en Proyectos.

Este trabajo tiene por objetivo general facilitar la introducción de las competencias genéricas y del Aprendizaje Basado en Proyectos. Para ello se han desarrollado dos métodos coordinados. Para la integración de las competencias genéricas en los planes de estudio se propone un método que es válido para cualquier titulación. En nuestro caso, el método se ha implantado de manera completa en dos titulaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos: Ingeniería del Software e Ingeniería de Computadores. Esta puesta en práctica se ha llevado a cabo en colaboración con las subdirecciones del centro y los resultados obtenidos hasta la fecha son satisfactorios.

En segundo lugar, se propone un método para diseñar actividades docentes organizadas mediante Aprendizaje Basado en Proyectos. El método estará dirigido a profesores que se inician en esta metodología sin tener una formación previa, de forma que les guíe en la utilización de los principios fundamentales y buenas prácticas educativas relacionadas con el Aprendizaje Basado en Proyectos. El objetivo es ayudar a superar las dificultades planteadas por la metodología e involucrar a más profesores en su utilización. El método estará coordinado con el método de implantación de competencias. Para fortalecer esta ayuda se ha diseñado e implementado una herramientas TIC para que los profesores diseñen un plan docente de una o varias materias siguiendo el Aprendizaje Basado en Proyectos. La aplicación permite un trabajo online colaborativo entre los profesores y sigue el método propuesto.

El segundo método se ha utilizado para diseñar el plan docente de varias asignaturas individuales y, más recientemente, para llevar a cabo un proyecto multidisciplinar en el Máster Universitario en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados. Este proyecto introduce a los estudiantes en el campo del IoT, aplicando el Aprendizaje Basado en Proyectos a un caso práctico de *Smart Cities.*

Las *Smart Cities* suponen una disciplina conectada con un mundo que está en continua evolución. La conexión con el mundo real requiere una formación con una fuerte componente práctica de los estudiantes que serán los futuros especialistas en esta área. Complementariamente, un entorno continuamente cambiante requiere la adquisición de unas competencias transversales que capaciten al estudiante para el aprendizaje

autónomo y el *long-life learning*. Por estos motivos consideramos de gran relevancia facilitar la utilización de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Esta metodología impulsa una visión holística del problema a resolver, que es fundamental para comprender la complejidad de los "sistemas de sistemas" como son las ciudades inteligentes. Esta visión holística debe estar complementada con un conjunto de habilidades que permitan al ingeniero desarrollar con solvencia las soluciones a estos nuevos retos.

Abstract

The Bologna Declaration establishes the educational framework for the development of the European Higher Education Area. In Spain, the agencies involved (Ministry of Education, ANECA, universities) establish the legal frameworks and guidelines necessary to adapt to the new educational framework. Among these guidelines we point out learning through competences, student-centered teaching, active learning and the application of new teaching methodologies. In the Engineering context, Project Based Learning emerges as an appropriate methodology to involve students in common tasks of Engineering and to develop generic skills required in that context.

However, some difficulties arise in the implementation of these new proposals. With regard to competences, teachers are familiar with specific competences, those related to technical skills of the degree. But the situation is different with respect to generic competences, which represent a novelty for most engineering faculty members. Teachers have to face the problem without previous training, having little information and often unmotivated. This leads to confusion and poor implementation of generic competences in the curriculum.

On the other hand, the implementation of Project-Based Learning has a moderate success in Spain. In recent decades a number of initiatives have been carried out, but in most cases they are restricted to individual subjects with limited scope in the curriculum. Despite its suitability for Engineering teaching, this methodology entails some difficulties. Regarding teachers, their implementation involves some complexity and requires some training, as well as adaptating to a new role. Its application without following fundamental principles leads to experiences that do not achieve the expected results. As far as students are concerned, they must make a greater effort, mainly related to individual learning. To prevent this issue from becoming a major drawback, it is essential to provide students with adequate support, so that we help them to overcome the difficulties without distorting the fundamental idea of Project Based Learning.

The main goal of this work is to facilitate the introduction of generic competences and Project-Based Learning. To this end, we have developed two coordinated methods. To integrate generic competences in curricula we propose a method that is valid for any degree. In our case, the method has been implemented in two degrees taught at the Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos: Software Engineering and Computer Engineering. This implementation has been carried out in collaboration with the offices of two vice deans of that school and the results obtained to date are satisfactory.

A second method is proposed to design educational activities through Project-Based Learning. The method is aimed at teachers who are starting to use this methodology without prior training, so that the method guides them in the use of fundamental principles and good educational practices related to Project-Based Learning. The goals are to help overcome the difficulties of this methodology and to involve more teachers in using it. Project Based Learning will be coordinated with the introduction of generic competences defined above. To strengthen this second method we have designed and implemented an ICT tool. It helps teachers to design an activity following the Project-Based Learning methodology. This application allows online collaborative work between teachers.

This second method has been used to design the syllabus of several individual subjects and, more recently, to carry out a multidisciplinary project in the Master “Software in Distributed and Embedded Systems”. This project introduces students in the field of IoT, applying Project Based Learning to a practical case of Smart Cities.

Smart Cities represent a discipline connected to a world that is constantly evolving. The connection to the real world requires students with a strong practical training, since they are the future specialists in this area. In addition, a continuously changing environment requires the acquisition of generic competences that prepare the student for self-directed learning and life-long learning. For these reasons we consider of great relevance to facilitate the use of Project-Based Learning. This methodology promotes a holistic view of the problem to be solved. This is essential to understand the complexity of the "system of systems" such as smart cities. This holistic view must be complemented with a set of competences that allow the engineer develop solutions to these new challenges.

Agradecimientos

Expreso especialmente mi agradecimiento a Jorge, por las horas que hemos trabajado juntos para afrontar los retos que nos propusimos y su tesón para superar las dificultades que nos hemos encontrado.

También quiero destacar la colaboración con Montserrat Hernández y Ana Lías, que ha hecho posible llevar a la realidad algunos de los planteamientos de esta tesis.

Agradezco a la Universidad Politécnica de Madrid la financiación proporcionada a los proyectos que han hecho posible este trabajo.

Finalmente quiero dedicar un recuerdo a Carmen Vizcarro. A pesar de que la colaboración con ella no pudo ser tan larga como hubiera deseado, tuve ocasión de conocer su categoría personal y profesional.

Contenido

Capítulo 1 - Introducción

1.1 Planteamiento del problema 1
1.1.1 Problema de la implantación de las competencias 1
1.1.2 Problemas con la utilización del Aprendizaje Basado en Proyectos 2
1.2 Contexto del problema 3
1.2.1 Contexto educativo: Enseñanza en competencias y aprendizaje activo 3
Declaración de Bolonia 3
Definición de competencias 3
Proyecto Tuning 3
Contexto en España 4
ANECA 5
Universidad Politécnica de Madrid 7
1.2.2 Aprendizaje Basado en Problemas (ABPm) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPt) 9
Principios de ABPm 10
Problemas poco estructurados (Ill-Structured problems) 11
Aprendizaje Basado en Proyectos vs. Aprendizaje Basado en Problemas 12
Efectividad del Aprendizaje Basado en Problemas 13
Efectividad del Aprendizaje Basado en Proyectos. Adecuación para las ingenierías 16
Dificultades en la implementación de ABPm y ABPt 19
1.2.3 Conclusiones para el presente trabajo 20
Conclusiones de la enseñanza en competencias y aprendizaje activo 20
Conclusiones del ABPm y ABPt 20
1.3 Solución propuesta 21
1.3.1 Estudios preliminares 21
1.3.2 Método para la integración de competencias 23
1.3.3 Método para diseñar actividades basadas en ABPt. 23
1.3.4 Herramienta TIC 23
1.4 Organización de la memoria 24
1.5 Difusión de resultados 24
Artículos en revistas nacionales e internacionales 25
Congresos nacionales e internacionales 25
Ponencias invitadas 27
Capítulos de libros 27

Capítulo 2 - Estado de la cuestión

2.1 Integración de competencias genéricas en las actividades académicas 29
2.1.1 Definición de la situación 29
2.1.2 Trabajos anteriores 30
2.2 Aplicación del ABPt 32
2.2.1 Modelos para implementar ABPt 32
Niveles de implementación de APBm y ABPt (Anette Kolmos) 32
Modos de organizar un Curriculum en Aprendizaje Basado en Problemas (Savin-Baden) 32
El modelo de Aalborg 33
CDIO 34
Tipos de proyectos 35
2.2.2 Situación del ABPt en España 35
Aplicación del ABPt en las ingenierías de informática en España 35
2.3 Modelos para el diseño de actividades organizadas mediante ABP 38
2.3.1 Diseño de un problema *Ill-Structured* (Jonassen) 38
2.3.2 EDUTOPIA 38
2.3.3 Buck Institute for Education (BIE) 39
2.3.4 Pasos para el ABPt de Juan J. Navarro y Miguel Valero 40
2.3.5 PennState 40
2.3.6 Modelo 3C3R 41
2.3.7 Valoración de los modelos y justificación del método propuesto 41
2.4 Herramientas de apoyo al diseño de cursos PBL 42

Capítulo 3 - Estudios preliminares

3.1 Introducción 45
3.2 Medidas e Instrumentos 47
3.2.1 Capacidad de organización y planificación del estudio (Estrategias Primarias). 47
3.2.2 Trabajo en Equipo 47
3.2.3 Resolución de Problemas PSI 47
3.2.4 Motivación AGQ 47
3.3 Estudios sobre evaluación de competencias 48
3.3.1 Primer estudio sobre la evaluación de la capacidad de organización y planificación del estudio 48
3.3.2 Estudios sobre la influencia de las metodologías de aprendizaje activo en el desarrollo de competencias 49
Utilización de AC y ABPm de una forma combinada en un mismo curso. Influencia en la capacidad de trabajo en equipo y en la organización y planificación del estudio 49
Comparación de la influencia del AC y el ABPt en el desarrollo de la capacidad de trabajo en equipo y en la organización y planificación del estudio 50
Comparación de la influencia del AC y el ABPt en el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas 55
Principales conclusiones para el desarrollo de la tesis 58

3.3.3 Estudio sobre el desarrollo de la capacidad de trabajo en equipo después de una formación específica. Análisis de la motivación de los estudiantes ... 58
Principales conclusiones para el desarrollo de la tesis ... 67
3.4 Estudios sobre la aplicación de ABPt ... 68
3.4.1 Aplicación de AC como soporte al ABPt. ... 68
3.4.2 Comparación del rendimiento académico entre el AC y el ABPt ... 68
3.4.3 Dificultades en la aplicación del ABPt en un sistema tradicional ... 69
3.4.4 Principales conclusiones para el desarrollo de la tesis ... 71
3.5 Resumen y valoración de los estudios preliminares y sus conclusiones ... 72

Capítulo 4 - Método para la formación y el desarrollo de competencias genéricas

4.1 Introducción. Necesidades y requisitos del método ... 73
4.2 Definición del método ... 73
4.2.1 Descripción del proceso ... 73
4.3 Aplicación del método y validación. Experiencia en la ETSISI ... 75
4.3.1 Estructura organizativa ... 75
4.3.2 Proyecto piloto en los dos primeros cursos de los títulos de grado ... 76
4.3.3 Extensión a todas las asignaturas de los planes de estudio de 2009 ... 81
4.3.4 Implementación en los planes de estudio de 2014 ... 81
4.4 Conclusiones ... 81

Capítulo 5 - Método para el diseño de actividades organizadas con ABPt

5.1 Introducción. ... 85
5.2 Definición del Método ... 85
5.2.1 Definición ... 85
Propuesta de proyecto ... 85
Articulación del proyecto ... 87
5.2.2 Soporte ... 87
Motivación de los estudiantes ... 87
Diseño del soporte ... 88
Trabajo autónomo ... 88
Presentación del proyecto ... 89
5.2.3 Organización ... 89
5.3 Algunas características importantes del método ... 90
5.4 Validación del método ... 91
5.4.1 Participantes y procedimiento ... 92
5.4.2 Instrumentos de medida ... 92
5.4.3 Resultados y discusión de resultados ... 93
5.5 Conclusiones y trabajos futuros ... 97

Capítulo 6 - Diseño de la herramienta PBLT para el soporte del método de ABPt

6.1 Visión de conjunto 99
6.2 Fase de diseño del proyecto 100
6.3 Preparación para la implementación 103
6.4 Fase de desarrollo del proyecto 104
6.5 Aspectos de implementación de la herramienta 104
6.6 Resultados 105
6.7 Conclusiones y trabajos futuros 105

Capítulo 7 - Conclusiones

7.1 Resumen de aportaciones y resultados obtenidos 107
7.2 Valoración de resultados 108

Capítulo 1

Introducción

1.1 Planteamiento del problema

El proceso de convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) establece un nuevo marco para las universidades europeas. En este nuevo contexto aparecen aspectos docentes que se pueden considerar novedosos, o al menos de poca relevancia hasta ese momento, como son el aprendizaje activo y las competencias genéricas (GC), también llamadas transversales. Diversos estudios afirman que la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPt) favorece el desarrollo de estos dos aspectos. En el apartado 2 se discutirán en detalle los estudios que respaldan estas ideas.

El presente trabajo tiene como objetivo general facilitar la introducción de la metodología de ABPt y utilizarla a su vez como vehículo para favorecer el desarrollo de las competencias genéricas. Podemos considerar que el aprendizaje activo es intrínseco al ABPt, siempre que se sigan los principios fundamentales de esta metodología. Sin embargo, el desarrollo de las competencias genéricas y la propia utilización de ABPt no están exentos de dificultades, principalmente relacionadas con la falta de experiencia y motivación del profesorado. Por este motivo, antes de abordar la propuesta de esta tesis, consideramos conveniente describir los problemas encontrados en estas dos líneas: el problema de la implantación de las competencias genéricas y los problemas con la utilización del ABPt, que marcarán los dos ejes de actuación en la solución propuesta.

1.1.1 Problema de la implantación de las competencias

Como hemos comentado y detallaremos en el apartado 2, el nuevo contexto universitario emanado de la declaración de Bolonia [1] orienta las titulaciones hacia una enseñanza basada en competencias y centrada en el estudiante. Los centros y los docentes tienen que adaptarse a este nuevo planteamiento de las enseñanzas. En particular, con la entrada en vigor del Real Decreto 1339/2007 [2] las universidades se han visto en la obligación de incorporar las competencias, tanto específicas como genéricas, en sus planes de estudio. En lo que respecta a la introducción de las competencias específicas en las materias (o asignaturas) se requiere una adaptación de lo que la mayor parte de los docentes ha venido realizando durante toda su carrera profesional. El caso de las competencias genéricas es algo distinto ya que representa una novedad en los objetivos de los docentes. Por lo general, el profesorado en ingenierías no tiene experiencia ni formación sobre este tema, dispone de una información escasa y en muchos casos no está motivado.

En el capítulo 3 revisaremos cómo han afrontado este reto las universidades españolas. No obstante, adelantamos que la mayoría de los centros han incluido una lista de competencias genéricas en los planes de estudio por ser un requisito de la ANECA [3] para su aprobación. Posteriormente, las asignaturas "marcaron" la lista de competencias de las cuales se tenía intención de desarrollar durante el curso o simplemente que de alguna manera tenían relación con los contenidos de la asignatura. Sin embargo, no se han establecido actividades para su desarrollo ni mecanismos para su evaluación. Esta situación se puede calificar de desconcierto (los profesores no tienen conocimientos ni plan de formación, disponen de escasa información, las universidades y los centros no tienen planes de implantación, no existe coordinación entre asignaturas aún tratándose de unas competencias compartidas). A este respecto el profesor Joan Rué [4] indica una idea muy clara acerca del problema de la implantación de las competencias: "*Por otra parte, también se acostumbra a creer, en vano, que toda competencia enunciada - como todo contenido del programa - será lograda por los estudiantes sólo por haber sido prevista. Finalmente, es común no considerar el grado de profundidad de este logro al que se aspira para dichos estudiantes, en cada materia y o curso académico. El "olvido" de su forma de desarrollo vuelve irrelevante cualquier formulación que se haga de las mismas" (p. 8)*".

En resumen, existe un problema para integrar las competencias transversales en los planes de estudio de una forma efectiva (que permita realmente su desarrollo) y eficiente (aprovechando adecuadamente los recursos, tales como el esfuerzo del profesor y del estudiante). Lo que nos lleva a establecer la primera hipótesis.

Hipótesis 1: Estableciendo un plan coordinado a nivel de titulación se facilita la introducción de competencias genéricas de una forma ordenada, efectiva y eficiente.

1.1.2 Problemas con la utilización del Aprendizaje Basado en Proyectos

Como analizaremos en detalle en la sección 2, la metodología de ABPt parece adecuada para la enseñanza de ingenierías. Entre otros aspectos, favorece el desarrollo de competencias genéricas demandadas por la industria, que coinciden en gran medida con las competencias incluidas en los planes de estudio. Además, el estudiante se familiariza con actividades cercanas al mundo profesional de las ingenierías. Sin embargo, como hemos comentado, esta metodología no está exenta de dificultades.

Por un lado, los estudiantes no siempre están cómodos con el mayor esfuerzo que se les requiere. No solo por el tiempo de trabajo, sino también por la mayor responsabilidad y trabajo autónomo. La disconformidad con este último aspecto, el trabajo autónomo, se produce en mayor medida en los estudiantes nóveles, lo que hace que varios autores opten por implementar el ABPt en los cursos más avanzados. Para superar estas dificultades consideramos fundamental proporcionar un soporte adecuado, que esté adaptado a las necesidades de cada tipo de alumno. Los estudiantes de los primeros cursos necesitarán un mayor apoyo y seguimiento. Por el contrario, en el caso de los estudiantes más experimentados, un soporte excesivo haría que el ABPt perdiese parte de su efectividad y un soporte escaso haría surgir dificultades y el correspondiente rechazo.

En lo que respecta a los profesores, observamos dos dificultades. En primer lugar, el profesor tiene que dedicar un esfuerzo mayor para diseñar un curso basado en ABPt y no siempre está lo suficientemente motivado. En segundo lugar, varios autores indican que el ABPt no es una metodología sencilla, su aplicación entraña ciertas dificultades que requieren una formación específica por parte del profesorado. Los docentes de las titulaciones de ingeniería provienen principalmente de una formación en ciencias y tecnología, sin haber recibido una formación pedagógica. Esto hace que la implementación del ABPt se tienda a hacer de una manera intuitiva, aprovechando su experiencia en el desarrollo de proyectos de ingeniería. En otras ocasiones deciden implementar la metodología solo "a medio gas" para sentirse más seguros. Sin embargo, la falta de formación lleva a implementar el ABPt sin seguir los principios fundamentales, ni buenas prácticas de enseñanza. Por este motivo, en muchas ocasiones no se obtienen los resultados esperados.

Varios autores describen estas dificultades. Entre ellos, Hammond [5]: afirma que "*To be successful, teachers must provide good scaffolding, and this requires significant skills"* (p.9). Por otra parte Prince y Felder [6] explican estas ideas de la siguiente forma: "*Problem-based learning is not an easy instructional method to implement. It requires considerable subject expertise and flexibility on the part of instructors, who may be forced out of their areas of expertise when student teams set off in unpredictable and unfamiliar directions. PBL also makes students assume unaccustomed levels of responsibility for their own learning, and all of the project management problems and interpersonal conflicts that commonly occur when students are required to work in teams crop up in PBL. Many students are consequently hostile to PBL when they first encounter it, which can be intimidating to instructors who are unprepared for this reaction. Instructors—particularly relatively new ones—are therefore not advised to jump into full-scale problem-based learning until they familiarize themselves with proven facilitation techniques, and they are also advised to use scaffolding, providing a fairly high level of guidance to students who are new to PBL and gradually withdrawing it as the students gain more experience with the approach*" (p.13).

En el capítulo 3 haremos una revisión a la situación actual de la aplicación del ABPt en las universidades españolas. No obstante, adelantamos que en general se implementa de una forma muy limitada en dos sentidos, en cuanto a la cantidad y en cuanto al alcance de las experiencias. Consideramos que serían necesarios mecanismos que motivasen a más profesores a acercarse a esta metodología.

En resumen, existe la necesidad de facilitar la aplicación de ABPt a los docentes de ingeniería que se inician en esta metodología. Se debería guiar a estos profesores en la aplicación de los principios fundamentales del ABPt y en el diseño del soporte más adecuado a la situación de los estudiantes, teniendo en cuenta su nivel de autonomía.

Hipótesis 2: Aplicando un método para el diseño de actividades basadas en ABPt que guíe al profesor en la utilización de los principios de ABPt, teorías del diseño de la enseñanza y la integración de competencias transversales se obtienen mejores resultados en cuanto a:

- Valoración/opinión de los estudiantes
- Resultados académicos
- Motivación de los estudiantes
- Desarrollo de competencias genéricas o transversales
- Aceptación por parte del profesorado

1.2 Contexto del problema

1.2.1 Contexto educativo: Enseñanza en competencias y aprendizaje activo

Declaración de Bolonia

En 1999, la declaración de Bolonia [7] propone una reforma de las titulaciones para ofrecer sistemas educativos unificados, competitivos, atractivos para terceros países y enfocados a una mayor empleabilidad de los estudiantes. Una de los principios emanados de la declaración de Bolonia es la necesidad de una enseñanza enfocada al desarrollo de competencias de los estudiantes, lo que facilitaría una mejor integración en el mundo profesional y el aprendizaje continuo (longlife learning). Este proceso también recomienda el aprendizaje activo mediante el uso de metodologías de enseñanza centradas en el estudiante, sustituyendo parcialmente a la enseñanza centrada en el profesor de las clases magistrales tradicionales.

Definición de competencias

En el contexto de la educación superior, la guía de usuario de ECTS de la Unión Europea [8] define una competencia como "la capacidad demostrada de utilizar conocimientos, destrezas y habilidades personales, sociales y metodológicas, en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal" (p.6). De esta manera el concepto de competencia no pone el énfasis solo en el conocimiento, como se ha venido haciendo en la enseñanza tradicional, sino que también tiene importancia el "qué es capaz de hacer" el estudiante con ese conocimiento.

En este mismo sentido, en el Proyecto Tuning (2009) [9] se indica que "*las competencias representan una combinación dinámica de las capacidades cognitivas y metacognitivas, de conocimiento y de entendimiento, interpersonales, intelectuales y prácticas, así como de los valores éticos*" (p. 3).

En el desarrollo de curricula se distinguen dos tipos de competencias: competencias específicas y competencias genéricas (o transversales). Las primeras hacen referencia a las competencias que el estudiante debe adquirir en aspectos técnicos específicos de la materia o titulación. Por el contrario, las genéricas son comunes para cualquier disciplina o área de conocimiento y deberían de ser adquiridas por los egresados de cualquier titulación.

Proyecto Tuning

Tuning Educational Structures in Europe [9] es un proyecto desarrollado por un grupo de universidades europeas en el año 2000. Abordó varias de las líneas señaladas en la declaración de Bolonia, con el propósito de ayudar a lograr los objetivos marcados. Su objetivo es "*ofrecer un planteamiento concreto que posibilite la aplicación del proceso de Bolonia en el ámbito de las disciplinas o áreas de estudio y en el de las instituciones de educación superior. El enfoque Tuning consiste en una metodología con la que volver a diseñar, desarrollar, aplicar y evaluar los programas de estudio de cada uno de los ciclos de Bolonia*" (p.3).

En el capítulo 3, dedicado a las competencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje, explica la importancia de las competencias en el nuevo contexto, afirmando que "*el desarrollo de competencias en los programas educativos puede contribuir de manera significativa a abrir un área importante de reflexión y trabajo conjunto en las universidades europeas acerca del nuevo paradigma educativo, la necesidad de aumentar la*

calidad y la mejora del empleo y la ciudadanía, así como la creación del área europea de educación superior" (p. 14).

En la página 30, establece la relación existente entre las competencias y la enseñanza centrada en el estudiante, indicando que "*el desarrollo de las competencias encaja perfectamente en el paradigma de una educación primordialmente centrada en el estudiante. Este paradigma hace hincapié en que el estudiante, el que aprende, es el centro del proceso y por tanto trae a discusión el cambiante papel del educador. Éste se contempla más como un compañero que dirige el aprendizaje hacia la consecución de unos objetivos bien definidos*".

Particularizando en las competencias genéricas, el informe resalta los mensajes de graduados y evaluadores (página 31) en una sociedad cambiante donde es necesario dejar un margen para los cambios y la adaptación. Por ejemplo destaca la importancia dada a las distintas competencias, tales como la capacidad para analizar y sintetizar, la capacidad de aprender o la de resolver problemas. También es de destacar que las escalas de apreciación de graduados, empleadores y académicos coincidieron notablemente, aunque con algunas excepciones. El documento definitivo contenía las 30 competencias genéricas que se listan a continuación, agrupadas en tres tipos: instrumentales; interpersonales y sistémicas.

- Competencias instrumentales:
    - Capacidad de análisis y síntesis.
    - Capacidad de organizar y planificar.
    - Conocimientos generales básicos.
    - Conocimientos básicos de la profesión.
    - Comunicación oral y escrita en la propia lengua.
    - Conocimiento de una segunda lengua.
    - Habilidades básicas de manejo del ordenador.
    - Habilidades de gestión de la información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).
    - Resolución de problemas.
    - Toma de decisiones.
- Competencias interpersonales:
    - Capacidad crítica y autocrítica.
    - Trabajo en equipo.
    - Habilidades interpersonales.
    - Capacidad de trabajar en un equipo interdisciplinar.
    - Capacidad para comunicarse con expertos de otras áreas.
    - Apreciación de la diversidad y multiculturalidad.
    - Habilidad de trabajar en un contexto internacional.
    - Compromiso ético.
- Competencias sistémicas:
    - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
    - Habilidades de investigación.
    - Capacidad de aprender.
    - Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones.
    - Capacidad para generar nuevas ideas (creatividad).
    - Liderazgo.
    - Conocimiento de culturas y costumbres de otros países.
    - Habilidad para trabajar de forma autónoma.
    - Diseño y gestión de proyectos.
    - Iniciativa y espíritu emprendedor.
    - Preocupación por la calidad.
    - Motivación de logro

Contexto en España

El Real Decreto RD 1393/2007 [10] (Anexo I, artículo 3.2) establece las competencias genéricas que cualquier graduado debe adquirir en las nuevas titulaciones del sistema universitario español, además de aquellas competencias intelectuales, técnicas o artísticas propias de la titulación. Hay que hace notar que estas competencias se denominan "competencias básicas" y son comunes a cualquier titulación de grado, lo que demuestra su transversalidad:

- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio;
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio;
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética;
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado;
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

Estas competencias son muy generales y están definidas de modo "descriptivo" si las comparamos con los "identificadores" utilizados en otros contextos, como por ejemplo el proyecto Tuning. En cualquier caso, cada plan de estudios para las titulaciones de Grado debe enunciar las competencias genéricas que son objeto de la titulación y deberían asegurar el cumplimiento de las competencias enunciadas en el RD 1393/2007.

La Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) [10] celebrada en Julio de 2002 mostró su acuerdo con las nuevas estructuras de grado y postgrado señaladas en la declaración de Bolonia, así como el sistema de créditos europeos (ECTS). Adicionalmente, en el último punto hace mención a la importancia de las competencias para el empleo y la necesidad del desarrollo de aptitudes y habilidades: "*Así pues, además de propiciar diferencias en los estudios de pre y posgrado de acuerdo con las distintas competencias para el empleo de ambos niveles de estudio; la relevancia social de los estudios dependerá en gran medida de la calidad de la educación recibida, de la diversidad y flexibilidad de programas con múltiples puntos de acceso y salida, del desarrollo de aptitudes y habilidades para la comunicación, la capacidad de jerarquizar la información, y el trabajo en equipo*" (p.2).

ANECA

La Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) [11] es una fundación estatal que tiene como objetivo contribuir a la mejora de la calidad del sistema de educación superior mediante la evaluación, certificación y acreditación de enseñanzas, profesorado e instituciones. Fue creada en 2002, en cumplimiento de lo establecido en la Ley Orgánica de Universidades (LOU).

Entre sus actuaciones destacamos la elaboración de informes sobre titulaciones e informes de calidad, así como los procesos de verificación, seguimiento y acreditación de títulos. Entre los informes, resulta de gran interés para este trabajo el Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería Informática, en el que, además de describir las competencias específicas del Ingeniero en Informática, realiza un análisis de las competencias transversales para esta titulación. Para debatir qué competencias genéricas se consideran más importantes para un ingeniero informático se recopiló la opinión del ámbito empresarial, académico y egresados. A continuación se indican estas competencias en orden de mayor a menor importancia según estas encuestas, con las valoraciones de cada colectivo: Empresas, Titulados y Profesores.

	Colectivo		
Competencia	Empresas	Titulados	Profesores
Capacidad para resolver problemas	2	1	2
Trabajo en equipo	1	2	3
Capacidad de análisis y de síntesis	3	4	1
Capacidad de organización y planificación	4	3	5
Capacidad de gestión de la información	8	6	6
Capacidad para tomar decisiones	6	5	11
Motivación por la calidad y la mejor continua	5	8	9
Conocimiento de alguna lengua extranjera	13	7	4

Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar	7	9	12
Comunicación oral y escrita	10	11	10
Razonamiento crítico	11	16	7
Habilidades de relaciones interpersonales	9	14	14
Capacidad para dirigir equipos y organizaciones	12	10	16
Conocimientos básicos y fundamentales del ámbito de formación	15	15	8
Conocimientos en alguna especialidad del ámbito de formación	16	12	13
Capacidades directivas	14	13	17
Trabajo en un contexto internacional	18	17	15
Reconocimiento de la diversidad y la multiculturalidad	17	18	18
Sensibilidad por el medio ambiente	19	19	19

Tabla. 1. Clasificación de las competencias en la Ingeniería Informática

Queremos destacar que esta clasificación responde a la fecha en que se llevó a cabo el informe (marzo 2005). Probablemente en la actualidad sería diferente, por ejemplo el mundo de la ingeniería se ha concienciado mucho en los últimos años ante la "Sensibilidad por el medio ambiente". No obstante, en este trabajo lo que queremos resaltar es el espacio y la relevancia que se da en este Libro Blanco a este tipo de competencias, especialmente valoradas en el mundo empresarial y que representa una novedad en la configuración de titulaciones.

En lo que se refiere a los procesos de la ANECA, el marco legal de referencia establece tres fases principales en el camino de plena puesta en marcha de los títulos universitarios oficiales de grado, máster y doctorado. Estas fases (o procesos) son: verificación, seguimiento y renovación de la acreditación. Estos tres procesos están centrados en garantizar la calidad de las enseñanzas universitarias oficiales y en facilitar su mejora continua a partir de unos determinados estándares.

- *Verificación*

La superación de una evaluación correspondiente a la fase de verificación por parte de un título oficial, supone que éste, en su diseño, muestra un cumplimiento suficiente del conjunto de los criterios establecidos por las agencias de evaluación siguiendo las directrices europeas y el marco legal de aplicación.

En el Informe de calidad se especifican los aspectos evaluados en la verificación de títulos oficiales para los títulos de Grado, Máster y Doctor:

- Descripción del título.
- Justificación del título.
- Competencias
- Acceso y admisión de estudiantes.
- Planificación de las enseñanzas.
- Recursos humanos
- Recursos materiales y servicios
- Resultados previstos
- Sistema de garantía de la calidad
- Calendario de implantación

En concreto para el tercer punto, las Competencias, describe que **las competencias a adquirir por los estudiantes deben ser evaluables y estar de acuerdo con las exigibles para otorgar el título** y con las cualificaciones establecidas en el Espacio Europeo de Educación Superior.

- *Seguimiento*

La fase de seguimiento de los títulos procede a evaluar el despliegue de títulos, comprobando que se ha puesto en marcha efectivamente el título a partir de su diseño inicial.

- *Renovación de la Acreditación*

Como tercera fase, la acreditación inicial debe ser renovada cada cierto tiempo a partir de la fecha de su verificación por parte del Consejo de Universidades o desde la fecha de su última acreditación: en el caso de

los títulos de grado y doctorado, antes del transcurso de seis años, y en los títulos de máster, antes del transcurso de cuatro años.

Así, un informe favorable para la renovación de la acreditación, indica que el título ha cumplido con una serie de criterios de calidad, agrupados en torno a tres dimensiones: Gestión del título; Recursos y Resultados. Para este trabajo tiene más relevancia la última dimensión, para la cual especifica que se evaluarán aspectos relacionados con los resultados del título y la evolución que éstos han tenido durante el desarrollo del mismo. En este sentido, **se analizarán los mecanismos establecidos por la universidad para comprobar la adecuada adquisición, por parte de los estudiantes, de las competencias inicialmente definidas para el título**, es decir, el cumplimiento de los resultados de aprendizaje que definen el perfil de egreso. También se analizará la evolución de los diferentes indicadores de resultados académicos, profesionales y personales.

Hay que destacar que se trata de un proceso obligatorio. Se comprueba la adecuada adquisición de competencias, tanto específicas como genéricas. Esto supone dos cambios. En primer lugar, hay que evidenciar los mecanismos que se utilizan para asegurar que se ha adquirido cada competencia. En segundo lugar, hay que diseñar las actividades académicas que faciliten dicha adquisición.

Universidad Politécnica de Madrid

La UPM desarrolló un Modelo Educativo [12] con el propósito de facilitar la adaptación de esta universidad a las nuevas realidades en un entorno en permanente evolución. Se trata de un documento extenso, compuesto de dos tomos en el que se definen los retos de la UPM, las directrices generales que se deben seguir y un importante número de medidas cuya puesta en marcha ayudará a conseguir los objetivos. Distingue seis etapas: previo a la universidad; acceso e incorporación; grado; postgrado; incorporación al empleo y seguimiento.

En la página 22 del Tomo I se especifican las competencias socio-profesionales que el Modelo de la UPM debe posibilitar en sus egresados:

- Comprensión de la profesión y el compromiso social con la sociedad y el medio ambiente, con el firme deber de cumplir con su código deontológico.
- Conocimiento avanzado de los principios de diseño en ingeniería y arquitectura, basado en las matemáticas y en una combinación de materias científicas relacionadas con su disciplina.
- Conocimiento general de las buenas prácticas de la ingeniería y arquitectura.
- Capacidad de aplicar los métodos prácticos y teóricos apropiados para analizar y solucionar los problemas técnicos de ingeniería y arquitectura.
- Conocimiento de la utilización de las tecnologías emergentes y existentes, relevantes para su campo de especialización.
- Conocimientos sobre economía, calidad, conservación y utilización de estadísticas e información técnica disciplinar.
- Capacidad para trabajar con otras personas en proyectos multidisciplinares.
- Capacidad para ejercer liderazgo en ámbitos técnicos, financieros, humanos y de gestión.
- Aptitudes comunicativas y de mantener la competencia a través del desarrollo profesional continuo.
- Conocimiento de las regulaciones que incluyan la legislación sanitaria y de seguridad nacional e internacional apropiadas para su campo de especialización.
- Conocimiento del cambio tecnológico y del desarrollo de una actitud para conseguir creatividad e innovación en la profesión de ingeniero y arquitecto.
- Fluidez suficiente en las lenguas europeas para facilitar la comunicación cuando se trabaje en distintos países de Europa.

El modelo especifica seis pilares de la universidad sobre los que se construirán las estrategias a seguir:

1. Centrada en el estudiante
2. Internacional
3. Eficiente y de calidad
4. Interesada en el éxito educativo
5. Comprometida con sus egresados
6. Abierta a la sociedad.

Para el presente trabajo nos parece especialmente interesante el punto 1, donde se señala "l*a necesidad de una educación activa y práctica que favorezca la renovación de las metodologías y la innovación educativa, que incentive el trabajo por proyectos y que favorezca la creación de equipos docentes*".

La figura 1 representa la estructura del Modelo. Dentro de cada Etapa/Plan/Programa se propone una serie de objetivos o medidas. Dentro de éstas, se destacan 50 medidas estrella.

Fig. 1. Estructura del Modelo Educativo de la UPM

La Etapa III (El Grado) define los siguientes objetivos:

- Objetivo 3.1. Que el estudiante UPM disponga de las condiciones propicias para el logro de competencias, específicas y transversales UPM.
- Objetivo 3.2. Que el estudiante de la UPM asuma un papel más activo en su proceso de aprendizaje.
- Objetivo 3.3. Que la UPM evite el fracaso y el abandono escolar de sus estudiantes
- Objetivo 3.4 Que la UPM gestione con eficiencia los recursos humanos y materiales para adaptarlos al nuevo modelo educativo UPM proveyendo servicios de gestión ágiles, modernos y accesibles, de forma presencial y virtual.
- Objetivo 3.5. Que el estudiante UPM desarrolle competencias socio-profesionales propias de la rama y domine herramientas para el mercado laboral.
- Objetivo 3.6. Que el estudiante UPM adquiera una formación con orientación internacional que le prepare para un entorno global.
- Objetivo 3.7. Que la UPM mejore su posicionamiento y visibilidad internacional.
- Objetivo 3.8. Que la UPM garantice a sus estudiantes una formación práctica de carácter externo.

Dentro de la misma etapa III (El Grado), dentro del Programa 15 (Evaluación de los estudiantes), realiza una mención expresa a la evaluación de competencias transversales: "*Además de esta perspectiva formativa, el nuevo paradigma educativo pone de manifiesto la necesidad de establecer un adecuado sistema de evaluación continua. Un sistema de evaluación integrado durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, que permitiera tanto al profesorado como al estudiante monitorizar el logro de las competencias y los resultados de aprendizaje establecidos, y que hiciera posible, de manera coordinada, la evaluación de las competencias transversales o compartidas entre las diferentes materias y áreas de conocimiento*." (p.36).

Así mismo, dentro de la demanda de una educación más activa menciona la introducción de metodologías activas como el trabajo por proyectos, trabajos colaborativos en grupo, actividades basadas en problemas, entre otros: "*El nuevo paradigma educativo centrado en el alumno demanda cada vez más una educación más activa. Como se indica en los Descriptores de Dublín (2004), y posteriormente en el RD 1393/2007, el sistema educativo universitario debe promover que los estudiantes sepan aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos, dispongan de habilidades comunicativas, y sean capaces de interpretar la información y emitir sus propias valoraciones. En esta línea, existen numerosas iniciativas para introducir metodologías activas en el aprendizaje como el trabajo por proyectos, trabajos colaborativos en grupo, actividades basadas en problemas, entre otros*" (p.40).

Con respecto a la evaluación conjunta de materias, destaca la necesidad de la interdisciplinaridad para superar la excesiva compartimentación del conocimiento: "*La nueva perspectiva formativa de la evaluación pone de manifiesto la necesidad de implementar sistemas de evaluación continua e integral. Sistemas que, por un lado, permitan realizar un seguimiento de la adquisición de las competencias del estudiante, y que, por otro, favorezcan la interdisciplinariedad, eliminando la fragmentación del conocimiento. Para ello, la UPM, a través del fomento de experiencias-piloto, pone al alcance del profesorado la oportunidad de llevar a la práctica sistemas de evaluación conjunta de materias o proyectos interdisciplinares de aprendizaje, de modo que refuerce el carácter continuo e integral de la formación en la UPM, superando la excesiva compartimentación del conocimiento*." (p.45).

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) establece un conjunto de competencias genéricas comunes para todas las titulaciones de grado impartidas en esta universidad. Igualmente establece las competencias para los Máster [13]. Para dar soporte a la implantación de estas competencias, la UPM puso en marcha el portal web [14] de Competencias Genéricas para apoyo al profesorado en su labor de formación y evaluación de este tipo de competencias. En este portal se especifican las 10 competencias que cualquier egresado de la UPM debe adquirir a lo largo del título de Grado:

1. Comunicación oral y escrita.
2. Uso de las TIC.
3. Respeto hacia el medio ambiente.
4. Creatividad.
5. Organización y Planificación.
6. Trabajo en equipo.
7. Liderazgo
8. Inglés
9. Resolución de problemas.
10. Análisis y Síntesis

Por lo tanto estas competencias deben de estar cubiertas en la especificación de cualquier plan de estudios relativo a un título de Grado impartido en la UPM. En este mismo espacio web se especifica que "*Es importante tener presente que estas competencias serán verificadas por el organismo evaluador correspondiente en el proceso de verificación de los títulos de grado y máster. De ahí la importancia de que los Centros puedan disponer de evidencias que atestigüen la formación y evaluación de los alumnos en todas las competencias recogidas en la Memoria del Plan de Estudios, tanto las específicas como las genéricas*".

1.2.2 Aprendizaje Basado en Problemas (ABPm) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPt)

En este trabajo utilizaremos las siglas ABP para referirnos de manera conjunta a las dos metodologías: Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. Se utilizarán las siglas ABPm y ABPt para referirse individualmente a una de ellas.

El ABPm tiene su origen en los estudios de Química y Medicina en la universidad de McMaster (Canada) al final de los años 60. De forma paralela, y durante mucho tiempo independiente, el ABPt emerge en Dinamarca durante los años 70, más en concreto en la universidades de Roskilde University Centre (1972) y Aalborg University (1974) [15]. Ambas metodologías tienen muchos aspectos en común, el más significativo es que ambas arrancan el proceso de enseñanza-aprendizaje proponiendo un problema que sirve para estimular el aprendizaje de los estudiantes. De esta forma, ambos se consideran dentro del aprendizaje inductivo, junto con otros métodos como el aprendizaje basado en cuestiones o el aprendizaje basado en casos, tal y como describen Prince y Felder [6].

El aprendizaje inductivo se basa en la idea de que, en general, una persona está mucho más motivada por aprender un nuevo conocimiento si percibe claramente la necesidad de adquirirlo [16]. De esta manera, en vez de comenzar el proceso de aprendizaje con la exposición de principios generales y finalizar con ejemplos de la aplicación práctica de esos principios, se comienza con observaciones, la interpretación de datos, el análisis de casos de estudio o la resolución de un problema [6]. Los métodos inductivos se consideran centrados en el estudiante (student-centered) y aprendizaje-activo (active learning), desde el momento en que el proceso de aprendizaje vuelca más responsabilidad en el estudiante ante su propio aprendizaje, requiriéndole un esfuerzo

de discusión y resolución de problemas desde el inicio de la instrucción. Así mismo, estos métodos de enseñanza se basan en la idea del constructivismo, los estudiantes construyen su propia versión de la realidad y su conocimiento a través de su propia experiencia, en vez de absorber la realidad y conocimientos presentados por el profesor.

En secciones posteriores ahondaremos en los aspectos que tiene en común y en lo que distingue a ABPm y ABPt. En este trabajo hemos optado por revisar en primer lugar la definición, los principios y las características del ABPm, ya que la mayor parte de ellos son válidos para el ABPt. De esta forma, estas ideas nos servirán como base para presentar después al ABPt.

Principios de ABPm

Barrows define el ABPm como "*The learning that results from the process of working towards the understanding of a resolution of a problem.The problem is encountered first in the learning process*" [17] (p.1). Podemos encontrar muchas definiciones de ABPm, pero consideramos que ésta es sencilla y refleja los aspectos esenciales: el problema se plantea al inicio, el aprendizaje se obtiene como fruto del trabajo realizado sobre el problema.

Jonassen explica con un poco más de detalle estos aspectos [18] de la siguiente forma: "*Traditional models of instruction assume that students must master content before applying what they have learned in order to solve a problem. Problem-based learning reverses that order and assumes that students will master content while solving a meaningful problem. The problem to be solved should be engaging, but should also address the curricular issues required by the curriculum. The problem provides the purpose of learning*" (p.101). Estas ideas quedan reflejadas en la figura 2.

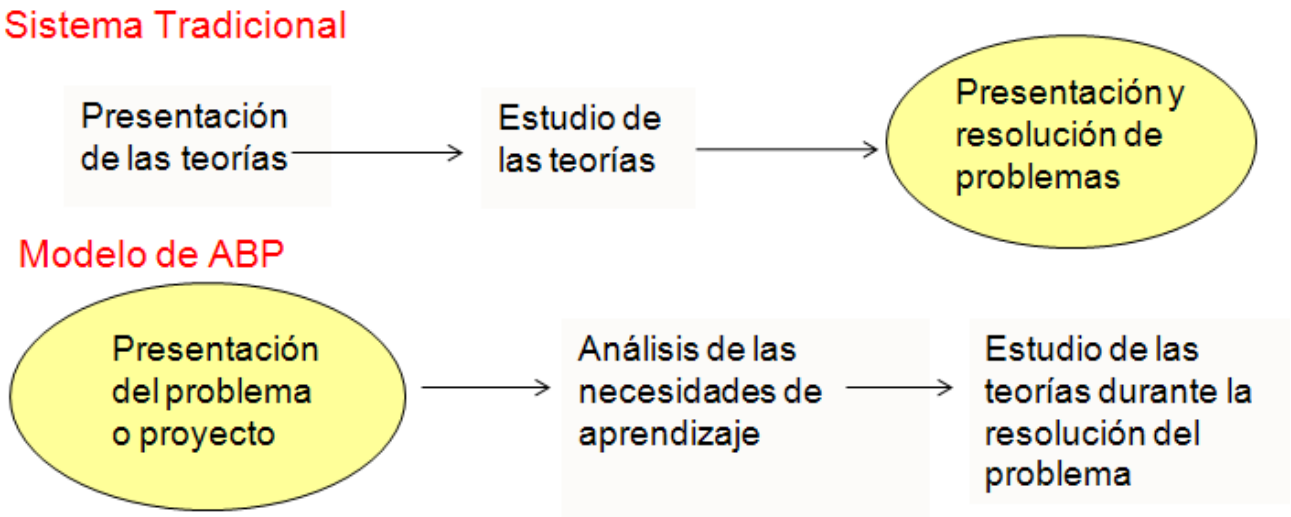

Fig. 2. Idea básica del ABPm

Desde el punto de vista operacional, el proceso de aprendizaje mediante ABPm sigue los pasos especificados por Barret [19], que indican una manera de implementar los principios antes expuestos:

1. En primer lugar se presenta el problema a los estudiantes
2. Los estudiantes discuten el problema en grupos pequeños. Aclaran los términos del caso y definen el problema. Realizan una "tormenta de ideas" basándose en los conocimientos previos. Identifican qué conocimientos necesitan aprender para trabajar en el problema. Razonan a través del problema. Especifican un plan de acción para trabajar en el problema.
3. Los estudiantes se dedican al estudio individual de los materiales necesarios. Las fuentes de información incluyen: bibliotecas, bases de datos, páginas web y personas.
4. Vuelven al grupo de ABPM, comparten la información con los compañeros, se reúnen con el profesor y trabajan en grupo para resolver el problema.
5. Los estudiantes presentan y discuten su solución al problema.

6. Finalmente, revisa qué es lo que han aprendido con el trabajo realizado sobre el problema. Todos los participantes revisan el proceso de ABPM y la contribución de cada persona al proceso.

Partiendo de estos principios, un número creciente de universidades han implementado ABPm en sus centros. Una revisión de estas experiencias llevadas a cabo muestra una gran variedad en cuanto a las formas de implementar esta metodología. De hecho, como veremos en la sección de Efectividad del ABPm, algunos autores señalan este aspecto como un inconveniente a la hora de llevar a cabo un meta-análisis. Sin embargo, lejos de ser un problema, Kolmos [20] además de resaltar la gran diversidad en la implementación de ABPm, la defiende dentro de un marco de construcción de una comunidad. Sin embargo, señala la importancia de establecer unas directrices que permitan una autoevaluación de las instituciones con el fin de seguir unos principios de aprendizaje.

Basándonos en estas ideas, pensamos que es importante seguir estos principios de aprendizaje con el fin de obtener un beneficio real del ABP. Kolmos [21] y otros trabajos resumen los principios del ABP formulados inicialmente por Barrows [22]:

- Utilizan problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos
- La nueva información se adquiere a través del aprendizaje auto-dirigido
- La enseñanza está centrada en el estudiante
- Los estudiantes aprenden en grupos pequeños
- Los profesores actúan como facilitadores o guías en vez de transmisores de información

De Graff [23] además de incluir estos principios y añade algunos puntos más:

- Aprendizaje basado en la actividad, desarrollando actividades que requieren investigación, toma de decisiones y comunicación escrita
- Aprendizaje interdisciplinar, yendo más allá de los límites y los métodos de las asignaturas tradicionales
- Realización de prácticas ejemplares, asegurando que los beneficios para los estudiantes son ejemplares en términos de los objetivos a alcanzar

Como hemos visto, tanto ABPm como APBt tienen como punto de partida el establecimiento de un problema que servirá como motivo y guía para el proceso de aprendizaje. Por este motivo la selección de un buen problema es un aspecto crítico para el éxito del curso. En consecuencia, otro punto importante es el conjunto de características que debe cumplir el problema que se propone a los estudiantes. A este respecto De Graff enumera los siguientes requisitos:

- Es motivador y está orientado al mundo real
- Es *ill-structured* y complejo
- Genera múltiples hipótesis
- Requiere esfuerzo en equipo
- Es consistente con los resultados de aprendizaje perseguidos
- Se construye apoyándose en conocimientos y experiencias previas
- Favorece el desarrollo de habilidades cognitivas de alto nivel

Problemas poco estructurados (Ill-Structured problems)

Kolmos [24] señala que una diferencia importante entre "*discipline and teacher-controlled courses*" e "*innovative and learner-centered courses*" es el tipo de problemas o proyectos que se presentan a los estudiantes. Mientras que en los primeros se abordan problemas *well-structured*, los últimos requieren problemas *ill-structured*.

Por lo tanto, creemos importante discutir en más detalle este aspecto, los problemas *ill-structured*, ya que éstos con uno de los puntos clave del ABP y una de las principales fuentes de dificultades en la utilización de la metodología. Las principales diferencias entre los problemas *well-structured* e *ill-structured* están descritas por Jonassen [25] y Namsoo [26]. Los problemas *well-structured* consisten en un estado inicial bien definido, un estado final perseguido es conocido de antemano y el conjunto de operaciones lógicas que hay que llevar a cabo está restringido. Se proporcionan de antemano todos los elementos del problema y se presentan al estudiante como problemas bien definidos con una solución probable. Requieren la aplicación de un número limitado de

reglas o principios, así como de un conjunto limitado de parámetros restringidos que encaminan a una solución correcta y convergente.

Por otro lado, Jonassen [25] define los problemas *ill-structured* de la siguiente forma: "*Ill-structured problems are typically situated in and emergent from specific context. In situated problems, one or more aspects of the problem situation are not well specified, the problem descriptions are not clear or well defined, or the information needed to solve them is not constrained in the problem statement*" (p.68). Por lo tanto, en este tipo de problemas se desconoce en cierto grado alguno o algunos de los elementos del problema, los objetivos son vagos o no claros del todo, hay múltiples soluciones posibles y diferentes caminos para llegar a una solución (o incluso no hay solución de consenso). No hay certeza en cuanto a los conceptos, reglas y principios que son necesarios. Los alumnos tienen que expresar su opinión personal, sus creencias o juicios. Además de abordar estas diferencias, Jonassen describe los diferentes procesos que son necesarios para el diseño de problemas *well-structured* e *ill-structured*, así como los diferentes procesos que necesitan seguir los estudiantes para resolver los problemas.

Aprendizaje Basado en Proyectos vs. Aprendizaje Basado en Problemas

Buck Institute for Education (BIE) [27], organización que tiene como objetivo ayudar a los profesores en el uso del ABPt en todos los niveles de educación y areas de conocimiento, define el ABPt de la siguiente forma: "*It is a teaching method in which students gain knowledge and skills by working for an extended period of time to investigate and respond to a complex question, problem, or challenge*".

Comparando esta definición con la definición de ABPm vista en la sección anterior, advertimos que tienen en común que los estudiantes adquieren el conocimiento mediante el trabajo desarrollado para resolver un problema o tarea. Sin embargo, en la definición de ABPt aparece un término nuevo con respecto a la primera: "periodo extenso de tiempo". Además, la tarea llevada a cabo por el estudiante no se limita solo a la resolución de un problema, si no que puede tratarse de una "tarea compleja" o un "reto". En esta sección profundizaremos en las similitudes y diferencias entre estas dos metodologías a través de las aportaciones de diferentes autores. Finalizaremos la sección haciendo un resumen de todas las consideraciones.

Prince [6] explica las principales diferencias entre ambos de la siguiente forma:

> *"Problem-based learning (PBL) begins when students are confronted with an open-ended, ill-structured, authentic (real-world) problem and work in teams to identify learning needs and develop a viable solution, with instructors acting as facilitators rather than primary sources of information"* (p.11)
>
> *"Project-based learning begins with an assignment to carry out one or more tasks that lead to the production of a final product—a design, a model, a device or a computer simulation. The culmination of the project is normally a written and/or oral report summarizing the procedure used to produce the product and presenting the outcome."* (p.14).

Prince hace hincapié en que un proyecto tiene un ámbito más amplio y su realización se prolonga durante más tiempo que un problema en ABPm. Además, la realización de un proyecto conlleva tener que resolver diferentes problemas que irán apareciendo durante dicho proyecto. Finalmente, resalta que en ABPt el foco central es el producto final, para el cual se requiere la aplicación de conocimientos adquiridos anteriormente. En el caso del ABPm el foco central es la estrategia que se sigue para dar respuesta al problema planteado, teniendo menos importancia el resultado final. No obstante, el autor asegura que en muchas ocasiones la frontera en tre APBm y ABPt no está muy clara y se llega a utilizar modelos híbridos, como es el caso del Modelo de Aalborg.

[28] coincide en estas mismas cuestiones, afirmando que en ABPm el aprendizaje es estimulado por "*open-ended and ill-structured problems"*, mientras que en ABPt consiste en aprender mediante la asignación de un trabajo o tarea realizada por los estudiantes. En este trabajo un proyecto se define como una tarea compleja. No obstante, en ambos casos el aprendizaje está organizado alrededor de problemas, que sirven de motivación para el aprendizaje. El autor coincide en cuanto a la diferencia de la extensión del trabajo de los estudiantes. En ABPm la resolución de un problema puede ser corta. Éste es el caso en las titulaciones de medicina, donde un problema típico es el caso médico de un paciente, el cual se puede resolver en un periodo corto de tiempo. Por el contrario, en ABPt el desarrollo de un proyecto conlleva la resolución de varios problemas y su

implementación se prolonga durante un periodo mayor de tiempo. Este caso es más frecuente en las ingenierías.

Oakey [29], además de coincidir en los mismos aspectos que los autores anteriores, incide en la importancia que tienen las actividades que tienen que realizar los estudiantes durante el proceso de aprendizaje. En ABPm tiene más importancia la actividad de documentar los "descubrimientos" realizados durante la resolución del problema, ya que esos descubrimientos representan realmente la adquisición del conocimiento. Por el contrario, en ABPt adquiere más importancia del proceso de planificación, producción y evaluación del producto desarrollado.

Finalmente, Maggi Savin-Baden [30] hace referencia a varios trabajos que argumentan que ABPm y ABPt son sinónimos. Sin embargo, esta autora vuelve a hacer mención al protagonismo del producto final en el caso del ABPt, el cual culmina con una presentación o informe. En el caso de ABPm lo importante es "cómo se gestiona" el problema y no tanto la solución final. De hecho, en algunos casos el problema propuesto a los estudiantes probablemente no tiene una solución, como sería el caso de un problema de tipo "dilema", por lo que no tiene tanta importancia la solución final propuesta como el proceso de investigación y discusión llevado a cabo. Además, la autora incluye cierta diferencia en el rol del profesor. En ABPt el tutor tiene un papel más de "supervisor" que en ABPm, donde la función de "facilitador" tiene más relevancia. También advierte diferencias en los instantes en los que se tienden a utilizar ambas metodologías. El ABPt en muchos casos tiende a utilizarse en cursos más avanzados, cuando los estudiantes ya han adquirido una base teórica importante en diferentes materias que pueden aplicar al proyecto. En estos casos el proyecto se utiliza para integrar distintas disciplinas o materias. Finalmente concluye diciendo "*Therefore, project-based learning is more often seen as a teaching technique in a given area of the curriculum rather than an overall educational strategy such as problem-based learning*".

Esta última valoración presenta el ABPm como una estrategia de educación más general, acercándose a una "filosofía" en cuanto a la forma de abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por el contrario el ABPt se define como una "técnica de enseñanza", es decir, algo más específico. Esto coincide con la idea de que el ABPm establece unos principios generales que sirven en gran medida al ABPt, el cual incluye ciertas particularidades. De Graaff y Kolmos [23] expresan esta misma idea, afirmando con rotundidad que (p. 3): "*Project work is problem-based by definition*".

A continuación resumimos de manera esquemática las principales diferencias detectadas en la bibliografía analizada:

- En ABPt se pone más énfasis en el producto final, en ABPm en la estrategia diseñada para dar respuesta al problema.
- En ABPt las tareas son más complejas, que suponen la aparición de varios problemas.
- Las tareas en ABPt se realizan durante un periodo mayor de tiempo
- En ABPt se tiende más a utilizar e integrar conocimientos adquiridos previamente, aunque sea necesario adquirir nuevos. En ABPm se pone énfasis en descubrir nuevos conocimientos necesarios para resolver el problema.
- En ABPt cobra más importancia la idea de "interdisciplinaridad"

Por otro lado, podemos señalar las siguientes similitudes

- Se basan en el constructivismo
- Están centradas en el estudiante
- Proponen un problema como punto de partida para motivar el aprendizaje de los estudiantes
- Utilizan problemas que supongan tareas profesionales del mundo real
- El rol del profesor es de guía o facilitador de conocimiento, más que transmisor de conocimiento
- Los alumnos trabajan en grupo

Efectividad del Aprendizaje Basado en Problemas.

Las referencias analizadas en la sección anterior señalan al Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos como metodologías apropiadas para el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias. Pero, ¿producen realmente los resultados esperados? ¿Hay evidencias sobre los beneficios de estas metodologías? ¿Son adecuadas en el caso de las ingenierías? La efectividad del ABPm es un tema frecuentemente tratado en las

publicaciones. Muchos estudios cuantifican la obtención de mejores resultados con esta metodología frente a la enseñanza tradicional, aunque no faltan los estudios que apuntan al fracaso en los resultados de la aplicación de PBL. En muchos casos depende de qué aspecto en concreto se ha medido y cuál ha sido la herramienta de evaluación utilizada.

En esta sección resumiremos los estudios más relevantes sobre la eficacia del ABPm en general. En la siguiente sección particularizaremos en el ABPt dentro de las enseñanzas de ingeniería. Son numerosas las publicaciones que de una u otra forma presentan resultados obtenidos en la aplicación de ABPm, también hay un número importante de meta-análisis que presentan conclusiones generales de dichas experiencias. En este trabajo revisamos seis meta-análisis que agrupan los estudios publicados durante los últimos 30 años y que nos van a permitir determinar las principales ventajas y hándicaps de esta metodología. Estos aspectos serán muy importantes para fijar los objetivos del presente trabajo.

Resumen

Antes de pasar a la revisión individual de los meta-análisis hacemos un resumen de las conclusiones obtenidas más relevantes para el presente trabajo. De forma resumida podemos adelantar que hay evidencias y un consenso mayoritario en la efectividad del ABPm en la adquisición de habilidades, si se compara con la enseñanza tradicional. Conclusiones similares se obtienen en las pruebas en las que los estudiantes tenían que poner en práctica los conocimientos adquiridos. También hay una opinión mayoritaria en que el ABPm mejora la retención de conocimientos a largo plazo. Por el contrario, con respecto a la adquisición de conocimientos a corto plazo, los estudios tienden a señalar una desventaja de ABPm frente a la enseñanza tradicional, aunque algunos de los estudios apuntan a una diferencia no significativa. Hay que hacer notar que la evaluación en la enseñanza tradicional tiende a evaluar este último aspecto. A continuación pasamos a describir con mayor detalle los estudios que nos han llevado a estas conclusiones.

Revisión de bibliografía

- Dochy [31] realiza un estudio en el que aborda dos cuestiones: (a) determinar el efecto que tiene el ABPm sobre dos aspectos: adquisición de conocimientos y adquisición de habilidades; (b) determinar los potenciales moderadores del efecto de ABPm, en concreto aspectos de diseño de la investigación, diferentes niveles de "expertise" de los estudiantes participantes en el estudio, diferentes tipos de evaluación empleados, inserción de un periodo de retención. En este estudio se seleccionan 43 artículos que debían cumplir los siguientes criterios: ser empírico, las características del entorno de aprendizaje se debían ajustar a los principios de PBL, las variables dependientes debían ser resultados de una operación del conocimiento o de las habilidades, los estudiantes participantes debían pertenecer a la "tertiary education" y el estudio se debían llevar a cabo en una clase real y no en condiciones controladas.

El estudio revela que en las pruebas de evaluación enfocadas a la adquisición de conocimiento a corto plazo, se observa un efecto negativo significativo de ABPm, obteniendo mejores resultados con la enseñanza tradicional. Por el contrario, los estudiantes que han seguido la metodología ABPm retienen el conocimiento adquirido durante un periodo de tiempo más largo. Con respecto a las habilidades, el estudio revela que hay un efecto positivo robusto del PBL en la adquisición de habilidades por parte de los estudiantes. Ningún estudio apunta a una influencia negativa. Estos resultados se dan tanto para la adquisición a corto plazo como en la retención en periodos más largos.

Con respecto al análisis de los moderadores de ABPm, el nivel de "expertise" de los estudiantes está relacionado con la variación en el "effect size", especialmente en los resultados de adquisición de conocimiento. Mientras que en la adquisición de habilidades tiene una relación positiva consistente en todos los cursos, en la adquisición de conocimiento solo se dan resultados negativos en el primer y segundo año, desapareciendo en cursos posteriores.

- Newman [32] realizó una revisión sistemática sobre la efectividad del APPm dentro del ámbito de la enseñanza superior en ciencias de la salud. Aunque inicialmente se consideraron 91 publicaciones, finalmente solo 12 cumplían los criterios de la revisión y disponían de datos suficientes. La revisión se limita a los estudios que se consideran experimentales o cuasi-experimentales de alta calidad, aportando evidencias sobre la efectividad de ABPm. Los estudios únicamente cualitativos fueron excluidos.

El estudio fijaba como uno de sus objetivos establecer la evidencia, mediante la revisión de publicaciones existentes, de la efectividad del PBL comparado con otras estrategias de enseñanza-aprendizaje distintas a PBL. Define esta efectividad como el incremento del rendimiento de los participantes en aspectos como:

- Adaptación al cambio y participación en el cambio
- Tratar con problemas y tomar decisiones razonadas en situaciones no familiares
- Razonar de forma crítica y creativa
- Adoptar una aproximación universal y completa
- Colaborar productivamente en grupos o equipos

Dos estudios documentaban los efectos sobre "*approaches to learn*", en ambos los resultados favorecían a ABPm en todas las escalas medidas. Uno de los estudios estaba enfocado a la satisfacción con el entorno de aprendizaje, excepto en uno de los nueve efectos estudiados, el tamaño del efecto favorecía al grupo de PBL. La mayor parte de los estudios estaban dirigidos al estudio de la "acumulación de conocimiento". El tamaño del efecto indicaba que los resultados sobre la adquisición de conocimiento favorecían a los entornos de enseñanza tradicional, lo que es consistente con estudios anteriores, aunque el intervalo de confianza del 95% no excluía un efecto positivo de ABPm.

No obstante, el informe de meta-análisis concluía que la limitada disponibilidad de evidencias de calidad no proporcionaba una evidencia robusta de la efectividad de los diferentes tipos de ABPm aplicados en diferentes contextos y con diferentes grupos de estudiantes.

Otra conclusión de este informe, que es de gran relevancia para el presente trabajo, indicaba que los estudios de intervenciones educativas etiquetadas como 'ABPm' por los autores no parecían en general contener suficiente descripción de las intervenciones experimentales y de control. Esto hacía difícil distinguir entre diferentes tipos de ABPm, así como entre intervenciones educativas de ABPm y otras metodologías. Finalmente, el autor indica que mientras ha habido varios intentos muy útiles para proporcionar unos criterios que describan qué son los programas en ABPm no parece que sean tenidos en cuenta de forma mayoritaria.

- Gijbels [33] revisa 40 estudios publicados entre 1976 y 2000, muchos de ellos coincidentes con los analizados en (Dochy 2003). El objetivo es analizar cuáles son los efectos de ABPm según el enfoque del método de evaluación que se ha empleado. Para ello se sigue el modelo de Sugrue [34] sobre componentes cognitivos de la resolución de problemas, el cual establece tres niveles de estructura del conocimiento al respecto:

(a) Entendimiento de conceptos
(b) Entendimiento de los principios que relacionan conceptos
(c) Establecer la relación entre conceptos y principios con las condiciones y procedimientos para llevar a cabo su aplicación

En los criterios de aplicación se requiere que los estudios sean empíricos, que las características de los entornos de enseñanza se ajusten a los fundamentos del modelo especificado por Barrows [22], que los estudios incluyan una comparación entre un entorno de enseñanza ABPm y otro más tradicional, que los estudiantes pertenezcan a la enseñanza superior y que las experiencias sean llevadas a cabo en clases o actividades académicas en entornos reales y no en condiciones controladas.

De los 40 estudios incluidos, 31 presentaban datos sobre los efectos del nivel (a), 17 sobre el nivel (b) y 8 efectos relacionados con el nivel (c). El "recuento de votos" arroja unos resultados estadísticamente significativos en los niveles de evaluación (b) y (c), sugiriendo que los estudiantes en el entorno ABPm obtienen mejores resultados en estos niveles de conocimiento. En el nivel (a) hubo 5 estudios que apuntaban a un efecto negativo de ABPm y solo 3 indicaban un efecto positivo, pero estos resultados no alcanzaban una diferencia significativa al nivel de 5%. Considerando el tamaño del efecto (*weighted average Effect Size*) el efecto negativo es muy cercano a cero, lo que se interpreta como que los estudiantes de ABPm realizan estas pruebas igual que los estudiantes que han seguido la enseñanza tradicional.

Finalmente, los autores destacan la influencia que tiene el método de evaluación que se emplee para obtener los resultados de la eficiencia de ABPm. Cuando el método de evaluación está enfocado a la aplicación de los conocimientos se obtiene un efecto positivo de ABPm más evidente que cuando está enfocado a recordar esos conceptos.

- Strobel [35] se propone como objetivo sintetizar diferentes meta-análisis, comparar y contrastar diferentes conceptualizaciones de aprendizaje y cómo fueron medidos, así como identificar resultados comunes y generalizables en los meta-análisis con respecto a la efectividad de PBL. Las cuestiones de investigación fueron:

1) Cómo contribuyen (a) las diferentes definiciones de aprendizaje y (b) las diferentes formas de medir el aprendizaje a la falta de conclusiones en los diferentes meta-análisis con respecto a la efectividad del ABPm?
2) Teniendo en cuenta las diferencias, qué afirmaciones generalizables podemos hacer sobre la efectividad del ABPm y cuáles están soportadas por la mayoría de los meta-análisis?

Este estudio revisa 8 meta-análisis, entre ellos están los 3 anteriormente descritos. Una vez más, el estudio concluye que el ABPm es superior cuando se trata con la retención de conocimiento a largo plazo, el desarrollo de habilidades (*skills*) y la satisfacción de los estudiantes. Por el contrario, los métodos de enseñanza tradicional son más efectivos en la retención de conocimiento a corto plazo, tal y como es medido por los exámenes estándar (*standardized board exams*).

- Prince [36] examina las evidencias de la efectividad de diferentes modalidades de aprendizaje activo. En concreto distingue entre aprendizaje activo general, aprendizaje colaborativo, aprendizaje cooperativo y aprendizaje basado en problemas. Con respecto al ABPm, diversos meta-estudios muestran sólo efectos positivos débiles en los logros académicos de los estudiantes, tal y como son medidos en los exámenes "tradicionales". Esto explica por qué el ABPm no muestra mejoras en las puntuaciones o notas obtenidas por los estudiantes, ya que este tipo de exámenes son la medida más común para medir el logro académico. Tal y como indican los autores: "*However, while no evidence proves that PBL enhances academic achievement as measured by exams, there is evidence to suggest that PBL "works" for achieving other important learning outcomes. Studies suggest that PBL develops more positive student attitudes, fosters a deeper approach to learning and helps students retain knowledge longer than traditional instruction*" (p.7).

Prince concreta las habilidades favorecidas, indicando que el ABPm proporciona un entorno natural para desarrollar las competencias de resolución de problemas y "long-life learning". Para este trabajo, resulta especialmente interesante el comentario realizado por los autores con respecto a una formación específica en algunas competencias genéricas: "*Indeed, some evidence shows that PBL develops enhanced problem-solving skills in medical students and that these skills can be improved further by coupling PBL with explicit instruction in problem solving*" (p.7). Finalmente, se destaca que el "long-life learning" es uno de los resultados de aprendizaje más destacados en el estándar ABET, indicando la adecuación del ABPm para dicho estándar.

- Walker [37] analiza 4 factores para determinar en qué medida influyen en los resultados de la aplicación de ABPm. Estos factores son:

- la disciplina académica en la que se ha aplicado
- el método de ABPm utilizado
- el tipo de problema planteado a los estudiantes
- el nivel de evaluación empleado.

Los resultados obtenidos respecto al nivel de evaluación empleado confirman los resultados de los anteriores meta-análisis descritos. En las pruebas de evaluación enfocadas a la evaluación de "conceptos" el beneficio de aplicar ABPm es poco significativo. Por el contrario, en la evaluación de "principios" se observa un beneficio significativo y en la evaluación a nivel de "aplicación" todos los trabajos analizados favorecen a ABPm frente a la enseñanza tradicional.

Efectividad del Aprendizaje Basado en Proyectos. Adecuación para las ingenierías

En la sección anterior hemos discutido sobre la eficacia del ABPm y sobre las evidencias acerca de sus beneficios y desventajas en comparación con la enseñanza tradicional. Estos aspectos nos parecen importantes para nuestro trabajo debido a la estrecha relación entre el ABPm y el ABPt. A continuación estudiaremos estas mismas cuestiones particularizando en el ABPt. Analizaremos también la adecuación de esta metodología en el caso particular de la enseñanza en ingenierías. Al igual que en la sección anterior, en primer lugar describimos las principales conclusiones obtenidas de la bibliografía consultada, después se describirán los detalles de los trabajos.

Resumen

De los trabajos revisados deducimos que al igual que ABPm, ABPt mejora los resultados en la capacidad de aplicar conocimientos en situaciones reales y en la adquisición de habilidades. No obstante, se aprecian dificultades para adquirir fundamentos de ingeniería en los primeros cursos si se utiliza ABPt para ciertas materias básicas. Casi todos los trabajos coinciden en que ABPt es más adecuado para las ingenierías que el ABPm. En concreto, el ABPt ofrece una buena alternativa para que los estudiantes adquieran las capacidades requeridas por la industria, donde los ingenieros deben trabajar en proyectos largos y complejos. Varios autores abogan por currículos que siguen un modelo mixto, aplicando ABPt en cursos avanzados y una enseñanza más tradicional o ABPm en los cursos básicos.

Revisión de bibliografía

- Aunque el estudio presentado por Thomas [38] se llevó a cabo con alumnos preuniversitarios consideramos que los resultados presentados son significativos por el procedimiento seguido. Para seleccionar las experiencias que iban a ser objeto de estudio se establecieron unos requisitos a los proyectos que desarrollaban los estudiantes: (a) Constituyen la parte central del curso; (b) Están enfocados a los conceptos y principios fundamentales de la disciplina; (c) Requieren la adquisición de nuevos conocimientos, no solo aplicar los ya conocidos; (d) En cierta medida están dirigidos por los propios estudiantes y (e) Son auténticos, contienen elementos similares a los problemas que los estudiantes van a encontrar en la vida profesional. Como podemos observar, estos requisitos coinciden en gran parte con los principios del ABP y las características de un buen problema. Los resultados son similares a los encontrados en el ABPm. Por un lado, los resultados obtenidos en los tests de conocimientos son similares a los obtenidos con la enseñanza tradicional. Sin embargo con ABPt los estudiantes obtienen resultados significativamente mejores en entendimiento de los conceptos, habilidad para resolver problemas que requieren esos conceptos, habilidades metacognitivas y actitud frente al aprendizaje.

- Mills and Treagust [39] revisan la aplicación de ABPm y ABPt en las enseñanzas de ingenierías, examinando las diferencias que hay entre ellas y su efectividad en este tipo de enseñanzas. El estudio concluye que los estudiantes pertenecientes a la enseñanza en ABPt, comparados con los de enseñanza tradicional, estaban más motivados, tenían un mejor entendimiento de prácticas profesionales y de cómo aplicar el conocimiento a problemas reales, también demostraban mejores habilidades como comunicación y trabajo en equipo. Por el contrario, estos alumnos podrían alcanzar un menor dominio de fundamentos de ingeniería. Adicionalmente, si los proyectos se desarrollan en grupo, los estudiantes pueden estar menos preparados para trabajar individualmente. Otra conclusión importante de este trabajo afirma que el ABPt está más relacionado con las ingenierías que el ABPm: "*It therefore seems that project-based learning is likely to be more readily adopted and adapted by university engineering programs than problem-based learning. The use of project-based learning as a key component of engineering programs should be promulgated as widely as possible, because it is certainly clear that any improvement to the existing lecture-centric programs that dominate engineering would be welcomed by students, industry and accreditors alike*" (p. 13).

Finalmente, los autores proponen un modelo mixto para adaptar el curriculum al nuevo contexto. Sostienen que el sistema de enseñanza tradicional, basado en "chalk and talk", no puede cubrir las demandas de los criterios de acreditación y de las necesidades de la industria. Los autores abogan por un modelo mixto en el que en los primeros años académicos se imparten cursos o asignaturas tradicionales y a medida que los estudiantes van avanzando semestres se van introduciendo en la metodología de ABPt, involucrándose paulatinamente en proyectos más complejos y un mayor trabajo autónomo. Esta propuesta parece ser la más adecuada para satisfacer las necesidades de la industria sin sacrificar el conocimiento de los fundamentos de ingeniería. El estudio afirma que el ABPt parece más adecuado para la ingeniería que el ABPm: "*It has also been demonstrated that the engineering profession and academics are more familiar with the concepts of projects in their professional practice, than with the concepts of problem-based learning*" (p. 13).

- Galand [40] estudia la efectividad de ABPm y ABPt de la Universidad de Louvain, donde organizan las enseñanzas de ingeniería mediante un curriculum híbrido (basado en problemas/proyectos). El objetivo de este trabajo es comparar tres niveles de aprendizaje: conocimiento de conceptos, conocimiento de principios y aplicación del conocimiento, entre los estudiantes de ingeniería. En concreto se comparan los resultados de estudiantes que han cursado los estudios antes de introducir el curriculum de Aprendizaje Basado en

Problems/Proyectos y estudiantes que ya han participado en dicho curriculum, para ello se compararon cuatro cohortes, dos de las cuales siguieron el nuevo curriculum y las otras dos una docencia tradicional.

El estudio señala ventajas del curriculum PBL especialmente en la aplicación del conocimiento y la efectividad de PBL en las enseñanzas de ingeniería: "*this study shows that curriculum changes can foster the development of some application skills among engineering students, without deleterious effect on other forms of learning (understanding of concepts and principles), and that PBL can provide a framework for designing such successful changes*" (p.945). Este trabajo también indica que hay que ser cuidadoso al generalizar resultados obtenidos en la educación médica y aplicarlos a titulaciones de ingeniería.

- Perrenet [41] analiza la idoneidad de ABPm y ABPt en las ingenierías. En particular, las experiencias se llevan a cabo en Ingeniería Mecánica e Ingeniería Biomédica en la Universidad de Eindhoven. Analiza las diferencias existentes entre las enseñanzas de ingeniería y de medicina, que hacen que los resultados de aplicar ABPm sean distintos. El autor señala que, a diferencia de la estructura "enciclopédica" de las enseñanzas en medicina, en las que el orden en que se enseñan los contenidos no es crítico, el conocimiento en ingenierías sigue una estructura más jerárquica, siendo más crítico el orden en que se enseñan los conocimientos. Esto hace que ABPm ofrezca distintos resultados en estas dos áreas de conocimiento.

Perrenet también hace referencia a una de las diferencias entre ABPm y ABPt que ya hemos descrito en la sección anterior. En medicina los problemas de diagnóstico suelen ser relativamente cortos y con un único diagnóstico correcto. Por el contrario, los problemas "auténticos" de ingeniería se prolongan más tiempo y tienen múltiples soluciones. Esto hace que los autores ven limitaciones en el ABPm como una estrategia global para toda la titulación de ingeniería, ya que la resolución de problemas cortos no refleja apropiadamente el tipo de trabajos profesionales en los que un ingeniero participa frecuentemente. Esto contrasta con las experiencias llevadas a cabo en la titulación de medicina en la universidad de Maastrich, en el que se han implementado varios programas con ABPm como estrategia global obteniendo resultados satisfactorios. Por estos motivos, los autores abogan por la utilización de ABPm en los primeros cursos, principalmente por el efecto que tiene en la motivación de los estudiantes y en el trabajo en grupo. En cursos avanzados ven más apropiado involucrar a los estudiantes en el desarrollo de proyectos más largos y complejos.

Adicionalmente, se destaca que en ingeniería se necesita una enseñanza directa (*separate direct instruction*) y una mayor supervisión: "*These topics cannot be approached without risk in a PBL-setting. Therefore separate direct instruction and supervised practice are needed: direct instruction of outlines, demonstration of expert problem solving, teacher-guided discussions, problem solving tutorials with specially structured group work*" (p. 10). En las conclusiones finales se afirma que el ABPm ofrece buenas expectativas en los primeros cursos, especialmente si se llevan a cabo tutorías de grupo y "*directive teaching*". En los cursos más avanzados el desarrollo de proyectos es una alternativa más potente. En particular el estudio afirma que "*PBL in our view can be further developed in engineering education to bridge the gap between theory and practice in a gradual way*" (p. 10).

Otras experiencias de un ámbito más limitado pero que hemos considerado interesantes son las siguientes. Lacuesta [42] implementa un proyecto multidisciplinar cubriendo materias de las disciplinas de Ciencias de la Computación y de Empresas dentro de la Universidad de Zaragoza. Recogen información de la evaluación continua llevada a cabo y de encuestas de opinión. Tanto profesores como estudiantes muestran evalúan positivamente la metodología. Laffey [43] recoge las impresiones de los estudiantes cuando siguen la metodología ABPt. Valoran especialmente la creatividad y la oportunidad de tomar de decisiones. Un 75% de los alumnos destaca que "Los recursos son importantes".

Pero también existen experiencias en las que los estudiantes no valoran la metodología de una forma tan positiva. En estos casos, el interés se centra en analizar los motivos que hacen tener esa opinión. Codur [43] implementa la metodología ABPt en la materia de Ingeniería del Software. Aunque los profesores consideran que se han alcanzado los objetivos de mejorar competencias relacionadas con el proceso de desarrollo software, la metodología no ha resultado muy popular entre los estudiantes. En las encuestas, los estudiantes indican que no han entendido el proyecto que tenían que realizar y los métodos que tenían que emplear. Nepal [45] describe una experiencia en una asignatura de tercer curso de ingeniería civil. Los estudiantes reconocen que aprenden más con ABPt y que es una metodología apropiada para ingeniería. Sin embargo, si

pueden, escogen las clases tradicionales. Los autores señalan que este es un factor importante que disuade a los profesores a la hora de cambiar la enseñanza tradicional por ABPt.

Dificultades en la implementación de ABPm y ABPt

En la bibliografía se han encontrado pocos trabajos que analicen las principales dificultades encontradas en la implementación de estas metodologías, la mayor parte de ellos se centran en describir la forma de implementarlas y analizar su eficacia. Hemos seleccionado dos artículos que resumen los problemas más frecuentes que encuentran profesores y estudiantes cuando se enfrentan a la utilización de ABPm en el aula. Hoffman [46] describe los siguientes problemas:

- Los estudiantes suelen trabajar un número reducido de problemas, habitualmente trabajan una sola instancia de un tipo de problema. Esto dificulta la transferencia de conocimiento al mundo real. Cuando un alumno se enfrenta a varias instancias de un mismo tipo de problema tiene oportunidad de ver las distintas caras de ese problema.
- Se requieren nuevas formas de evaluación para que los alumnos puedan demostrar las capacidades adquiridas.
- Algunos alumnos se muestran incómodos con el mayor grado de libertad al que se enfrentan
- Los estudiantes nóveles encuentran dificultades en el aprendizaje autónomo.
- La evaluación de los resultados de aprendizaje es más difícil.
- Los alumnos estudian y aprenden a distinto ritmo y distintos contenidos en cada instante. Esto representa una dificultades de organización para el profesor.
- La utilización de ABPm requiere más tiempo al profesor para diseñar las actividades de aprendizaje y los problemas.
- El ABPm requiere más tiempo a los estudiantes que si se le da la materia y los problemas ya "cocinados". En ABPm, el adquirir la destreza de resolución de problemas es un objetivo en sí y requiere la dedicación de tiempo.
- Las limitaciones impuestas por los resultados de aprendizaje y por las variables del propio problema definido por el profesor, a veces no son comparables con las situaciones en la vida profesional real, donde se tiene mayor libertad para modificar las condiciones del problema.

Farnsworth [47] resume algunos de los problemas encontrados al aplicar el ABP y que suponen en gran parte las objeciones que se ponen a esta metodología: (1) el ABP es una metodología ineficiente, ya que requiere que los estudiantes tengan que recopilar información por su cuenta a través de un aprendizaje autónomo; (2) el ABP es una metodología costosa, ya que requiere un gran esfuerzo a los docentes para actuar como tutores y (3) el ABP es más difícil y costoso desde el punto de vista de la evaluación del aprendizaje de los estudiantes.

Hammond [48] detecta inconvenientes relacionados con la naturaleza jerárquica de los conocimientos en el ámbito de la ingeniería. Por este motivo considera que el aprendizaje de los conocimientos fundamentales es crucial. Afirma que con la metodología de ABP los estudiantes pueden tener carencias en estos fundamentos. Otro problema está relacionado con el mayor coste que conlleva la implementación del ABP. Este coste se ve reflejado en la organización del funcionamiento de las clases y en la preparación del diseño de las actividades. Además, está directamente relacionado con el número de alumnos que hay en el aula, mayor en los primeros cursos. Por último, destaca que estudiantes de los primeros años, poco experimentados, pueden no tener la suficiente confianza para trabajar de una manera autónoma. Por estos motivos, el autor sugiere la implementación del ABP en los últimos cursos del grado. También destaca que para introducir el ABP de forma generalizada hay que motivar a los docentes para lograr su compromiso y combatir la resistencia al cambio. En este sentido serían necesarias mayor información, formación y ayuda.

1.2.3 Conclusiones para el presente trabajo

Conclusiones de la enseñanza en competencias y aprendizaje activo

En resumen, de la información revisada en el apartado 1.2.1 destacamos los siguientes aspectos para el presente trabajo. El EEES marca un nuevo contexto en el que la enseñanza universitaria tiene que adaptarse para alcanzar una mayor competitividad y preparación de los egresados para el mundo profesional. Para alcanzar estos objetivos, las diferentes entidades del marco educativo (Proyecto Tuning, Ministerio de Educación, ANECA, UPM) apuntan a la necesidad de la enseñanza basada en competencias, centrada en el estudiante y el aprendizaje activo como medio para conseguirlo.

Los diferentes organismos destacan la importancia de desarrollar las competencias genéricas, además de las competencias específicas, de una forma efectiva y verificable.

La orientación hacia el aprendizaje activo requiere el uso de metodologías alternativas (o complementarias) a la metodología tradicional fundamentalmente basada en la clase magistral. Entre estas metodologías, hacen referencia al Aprendizaje Basado en Problemas y el desarrollo de proyectos interdisciplinares como medios adecuados para dar soporte a la enseñanza centrada en el estudiante.

Conclusiones del ABPm y ABPt

De los trabajos analizados en la sección 1.2.2 obtenemos las siguientes conclusiones.

- Tanto ABPm como ABPt favorecen la adquisición de habilidades y competencias genéricas (aplicación del conocimiento), así como la retención del conocimiento a largo plazo.
- ABPt parece más adecuado para las ingenierías que ABPm al representar mejor el tipo de trabajos desarrollados en las ingenierías.
- Pueden aparecer lagunas de conocimiento en materias básicas en fundamentos de ingeniería.
- Los estudiantes nóveles encuentran más dificultades, especialmente con el aprendizaje autónomo. Se aconseja utilizar ABPt en los cursos más avanzados e ir incrementando la complejidad gradualmente.
- Aparecen dificultades relacionadas con el mayor tiempo que se necesita. El profesor necesita mayor esfuerzo para diseñar las actividades y los alumnos tienen que realizar mayor esfuerzo en el proceso de aprendizaje.
- Para superar estas dificultades hace falta dar soporte y formación específica a los estudiantes.
- De forma similar, a los profesores hay que facilitarles información, guías y motivaciones.

Estas ideas coinciden con las expresadas por Hammond [48]: "*PBL is clearly an interesting and promising technique for teaching and learning. There is good evidence that PBL promotes a number of skills such as self-directed learning, communication and group working skills. In addition, it is a stimulating and enjoyable way to learn. The evidence on its effect on the knowledge acquisition of students is less clear cut. To be successful, teachers must provide good scaffolding, and this requires significant skills. But PBL provides an opportunity to meet the University's wider goals and the expectations of professional engineering institutions*". Además, añade que "*On balance, I think PBL could be considered more widely in the curriculum in CEMPS, although I would not recommend it in the first year module. I would suggest it could be introduced at later stages of the degree program, while maintaining the traditional lecture-style teaching methods that are used predominantly in the early years"* (p.9).

1.3 Solución propuesta

En secciones anteriores hemos revisado los requisitos del nuevo contexto universitario. En concreto, hemos destacado la necesidad del desarrollo de las competencias genéricas en los estudiantes y la utilización del aprendizaje activo. También hemos analizado los principios, la efectividad y la adecuación del ABPt, describiendo sus ventajas y sus dificultades. Entre las ventajas escritas en la bibliografía está la de favorecer el desarrollo de habilidades y competencias transversales.

Basándonos en estos estudios, a continuación describimos los trabajos que se han realizado en esta tesis para abordar los problemas expuestos en la sección 1.1.1. Diferenciamos cuatro partes que están relacionadas entre sí: 1) Trabajos preliminares; 2) Desarrollo de un método para integrar las competencias en los planes de estudio; 3) Desarrollo de un método para el diseño de actividades basadas en ABPt y 4) Desarrollo de herramientas TIC como soporte al ABPt. Los trabajos preliminares han servido para conocer las características del contexto de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (ETSISI) y detectar posibles carencias o necesidades. A partir de las conclusiones de estos estudios preliminares se desarrollaron los dos métodos coordinados, de forma que las actividades de ABPt se integran en el plan de desarrollo de competencias. Por último se ha desarrollado una herramienta para dar soporte al método de diseño de actividades de ABPt.

La figura 3 muestra el orden y las relaciones entre estos trabajos. Mediante círculos se identifican las cuatro partes en que se desglosa el trabajo de esta tesis y que acabamos de presentar. Para cada una de ellas se identifica el capítulo de la memoria en el que se describen en detalle. En la parte superior, con líneas discontinuas, se muestran los estudios del contexto y del estado de la cuestión que se han llevado a cabo en los capítulos 1 y 2. Como es obvio, estos estudios han servido para desarrollar las diferentes partes de la tesis. Las flechas y sus etiquetas adjuntas indican la información que se ha utilizado en cada una de las partes. A su vez, se han indicado las dependencias entre los estudios preliminares, los dos métodos y el desarrollo de herramientas.

1.3.1 Estudios preliminares

Durante un periodo de 6 años (desde 2009 hasta 2015), en los grupos DMAE y CALEE (http://gruposdia.etsisi.upm.es/) hemos desarrollado diferentes estudios relacionados con la influencia de las metodologías de aprendizaje activo en la adquisición de competencias genéricas y en el rendimiento académico. La experimentación de la mayor parte de ellos se ha llevado a cabo en la ETSISI. Algunos se han realizado dentro del trabajo de esta tesis y otros han sido un trabajo de colaboración de los miembros de los grupos. En cualquier caso, estos estudios preliminares han permitido conocer las características particulares de nuestros estudiantes y obtener conclusiones que nos han servido para diseñar los dos modelos desarrollados posteriormente.

Algunos de estos trabajos han estado enfocados a estudiar la influencia que tiene la aplicación de una determinada metodología docente de aprendizaje activo en el desarrollo de competencias y en el rendimiento académico (en concreto Aprendizaje Cooperativo y ABPt). Estos trabajos se describen en el capítulo 4. No obstante, podemos resumir las principales conclusiones indicando que para que los estudiantes puedan desarrollar una competencia se necesita una formación específica en dicha competencia y programar unas actividades para que la desarrollen durante la impartición de un curso o asignatura. Es decir, por el mero hecho de utilizar una metodología docente no se obtiene una mejoría del estudiante en una competencia. Otra conclusión importante está relacionada con el tiempo durante el cual se desarrolla esa formación, un cuatrimestre parece un tiempo demasiado corto para mejorar significativamente una competencia, debiéndose programar la formación durante un periodo más largo de tiempo.

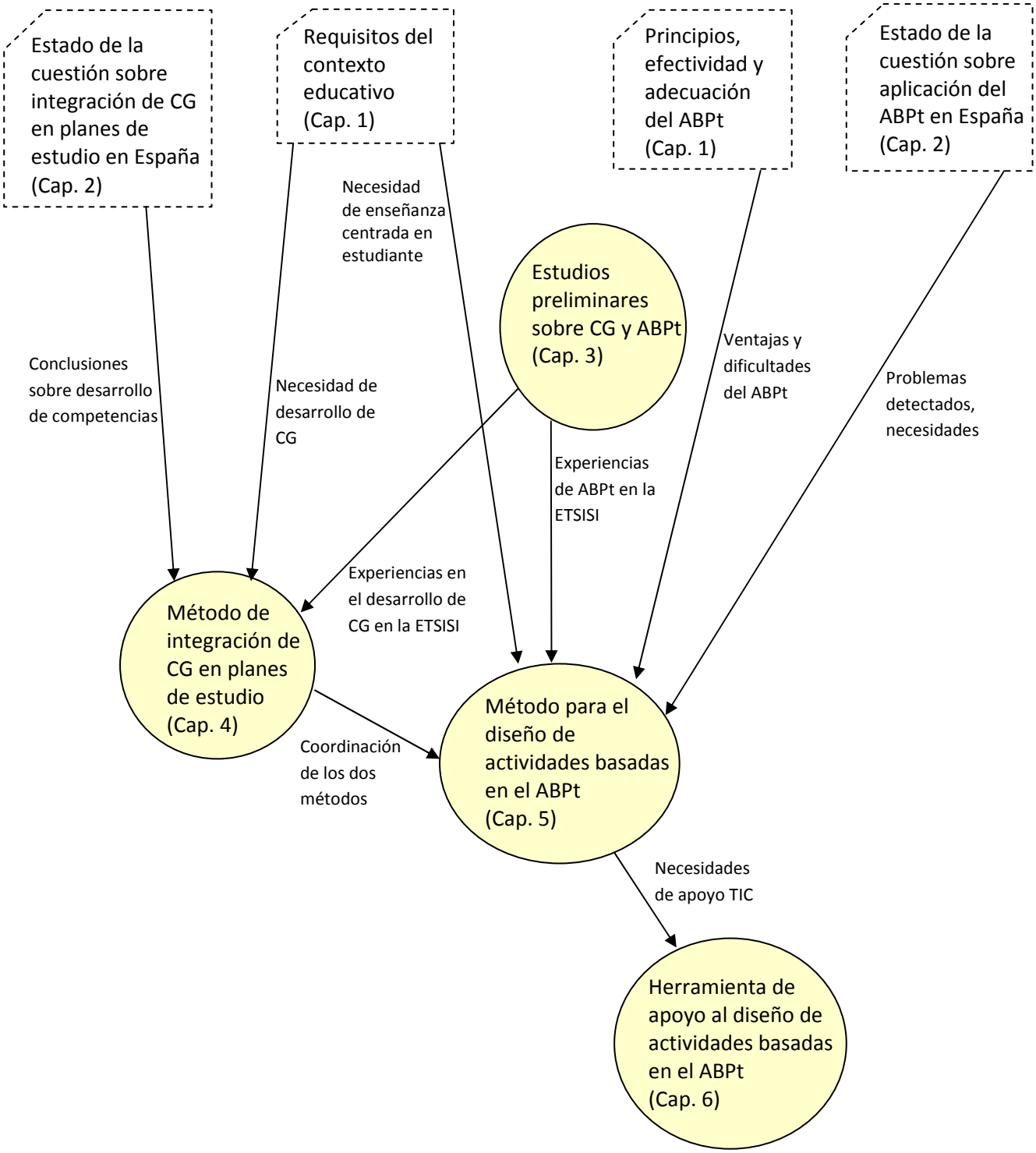

Fig. 3 – Mapa de los trabajos desarrollados en la tesis

1.3.2 Método para la integración de competencias

En primer lugar abordamos el problema de la implantación de competencias genéricas descrito en el apartado 1.1.1. Para ello se ha desarrollado un método para integrar las competencias genéricas en los panes de estudio. Este modelo está basado en tres fuentes de información, como se muestra en la figura 2:

- Los requisitos del nuevo contexto educativo estudiados en el capítulo 1.
- Análisis del estado de la cuestión en relación a la integración de competencias genéricas en los planes de estudio en las universidades españolas, que será revisado en el capítulo 2.
- Los resultados obtenidos en los estudios preliminares sobre desarrollo de competencias genéricas que presentaremos en el capítulo 3.

El objetivo fundamental es proponer una estrategia para introducir la formación, desarrollo y evaluación de competencias transversales en la práctica académica universitaria habitual. En primer lugar se ordenan las competencias por cuatrimestres siguiendo unos criterios de de complejidad y dependencia. A continuación se coordinan las asignaturas para abordar todas las competencias de una forma ordenada y completa.

Esta estrategia se concreta en un proceso de implantación que se está llevando a cabo en los títulos de grado que oferta la ETSISI de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM): Grado en Ingeniería del Software (IS) y Grado en Ingeniería de Computadores (IC). Inicialmente se aplicó como proyecto piloto en algunas asignaturas de los planes de estudio de 2009. Posteriormente se extendió a todas las asignaturas de dicho plan. Finalmente la parte correspondiente a las competencias genéricas de los planes de estudio de 2014 se configuraron siguiendo este método. Todos estos trabajos de implementación se llevaron a cabo bajo la coordinación de la Subdirección de Ordenación Académica y la Subdirección de Calidad de la ETSISI, con las que colaboraron los grupos de innovación educativa DMAE y de investigación CALEE.

1.3.3 Método para diseñar actividades basadas en ABPt.

El problema descrito en 1.1.2 relacionado con la utilización del ABPt se ha abordado desarrollando un método para el diseño de actividades que siguen la metodología de ABPt. Utilizamos el término “actividades” puesto que la metodología de ABPt no tiene por qué limitarse a su uso dentro de una sola asignatura. Lo que es más, el desarrollo de proyectos multidisciplinares que van más allá de la impartición de una determinada materia permite obtener más ventajas de esta metodología. Como se puede ver en la figura 3, este segundo modelo se apoya en la información obtenida de:

- Los principios, la efectividad y la adecuación del ABPt vistos en el capítulo 1
- El alcance y las carencias de la utilización del ABPt en las universidades españolas, analizados en el capítulo 2
- Los estudios preliminares que analizan el uso de esta metodología en las titulaciones de grado de Ingeniería del Software e Ingeniería de Computadores de la ETSISI.
- Los resultados obtenidos del análisis del contexto educativo visto en el capítulo 1, en concreto la necesidad de una enseñanza centrada en el estudiante.
- La coordinación con el modelo de integración de competencias genéricas.

Lo que se propone con este método es obtener mejores resultados en la aplicación de ABPt, facilitar el desarrollo de las competencias genéricas y rentabilizar el esfuerzo que supone esta metodología a los docentes. Para ello, el método guía al docente en las diferentes fases que requiere el diseño de una actividad basada en el ABPt, haciendo especial hincapié en la aplicación de teorías de la enseñanza que ayudan a mejorar los resultados.

Este modelo se ha utilizado para el diseño de varias actividades. Por un lado en asignaturas de Sistemas Operativos, Sistemas de Tiempo Real y Taller de Programación. Más recientemente se ha utilizado en un proyecto multidisciplinar dentro del Máster en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados.

1.3.4 Herramienta TIC

Por último, se ha desarrollado una herramienta TIC para apoyar el modelo de diseño de actividades basadas en ABPt. Consiste en una aplicación que permite el trabajo colaborativo entre profesores para desarrollar el diseño de una actividad, cubriendo la propuesta de proyecto y el soporte proporcionado por los profesores.

Posteriormente, esa misma herramienta es utilizada por los estudiantes para planificar e implementar el proyecto.

1.4 Organización de la memoria

En el capítulo 2 se realiza un estudio sobre el estado del arte en cuanto a los dos ámbitos de este trabajo: La integración de las competencias transversales en las universidades españolas y la utilización del ABPt. En el capítulo 3 se describen los objetivos y las conclusiones principales que se han obtenido de los estudios preliminares. Estas conclusiones serán muy importantes para los dos métodos desarrollados a continuación. El método para introducir las competencias genéricas se desarrolla en el capítulo 4 y el método para el diseño de actividades basadas en ABPt en el capítulo 5. En el capítulo 6 se explican la herramienta desarrollada para dar soporte a éste último método. Por último, los resultados y las conclusiones se presentan en el capítulo.

1.5 Difusión de resultados

En esta sección se listan las publicaciones relacionadas con la tesis en las que ha participado el autor. Se identifican 6 temáticas con el fin de facilitar la identificación de la parte de la tesis con la que está relacionada cada publicación:

(a) Estudios preliminares sobre desarrollo de competencias genéricas y metodologías de aprendizaje activo
(b) Estudios preliminares sobre organización y aplicación de ABP
(c) Definición del método para introducción de competencias genéricas
(d) Definición del método para el diseño de actividades organizadas mediante ABPt
(e) Desarrollo de herramientas TIC
(f) Puesta en práctica y validación

En resumen, se presentan

- 6 revistas internacionales y nacionales, de ellas 4 indexadas en el JCR
- 15 congresos internacionales/nacionales de ellos 2 de tipo Core A
- 3 ponencias invitadas, de las cuales el autor ha sido ponente en 2
- 2 capítulos de libro

Artículos en revistas nacionales e internacionales	Índices	Tema
Jorge Pérez, Carmen Vizcarro, Javier García, Aurelio Bermúdez, and Ruth Cobos (2016). **Development of Procedures to Assess Problem-Solving Competence in Computing Engineering**. IEEE Transactions on Education, vol. xx No. 99, pp. x-x. Print ISSN: 0018-9359. Online ISSN: 1557-9638	JCR Q2 (en 2015)	d
Jorge Enrique Pérez-Martínez, Javier García, Isabel Muñoz y Almudena Sierra-Alonso (2010). **Active Learning and Generic Competences in an Operating Systems Course**. International Journal of Engineering Education, 26 (6), 1484-1492. ISSN: 0949-149X. http://www.ijee.ie/contents/c260610.html	JCR Q3 SJR Q1	a
Jorge E. Pérez Martínez, Javier García Martín, Ana Isabel Lías Quintero (2014). **Integrating generic competences into engineering curricula**. International Journal of Engineering Education (IJEE), 30(6), 1636-1644. ISSN: 0949-149X	JCR Q3 SJR Q1	f
Garcia Martín J, Pérez Martínez J.E. (2016). **Method to Guide the Design of Project Based Learning Activities Based on Educational Theories**. International Journal of Engineering Education (IJEE). In press. (Aceptado y revisado. Pendiente de publicación en Dic. 2016 o principios de 2017)	JCR Q3 (en 2015) SJR Q1 (en 2015)	d, f
Javier García Martín, Jorge E. Pérez Martínez, Almudena Sierra Alonso (2015). **Teamwork, Motivational Profiles and Academic Performance in Computer Science Engineering.** IEEE Journal of Latin-American Learning Technologies (IEEE-RITA), 10(2), 77 – 84. DOI: 10.1109/RITA.2015.2418012	DBLP Ulrichs Scopus	a
Jorge E. Pérez Martínez, Javier García Martín & Almudena Sierra Alonso (2013). **Desarrollo y evaluación de competencias genéricas en los títulos de grado**. Red Estatal de Docencia Universitaria (RED-U): Revista de Docencia Universitaria, volumen 11 Número especial (Engineering Education), pp. 175-196. Disponible en http://red-u.net/redu/index.php/REDU	CIRC, ERA, ERIH Plus, DICE, IN-RECS, RESH	c

Congresos nacionales e internacionales	Índices	Tema
Jorge E. Pérez, Javier García Martín, Isabel Muñoz Fernández (2008). Cooperative Learning in Operating Systems Laboratory. The 13th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2008). Madrid, Spain. ACM Special Interest Group in Computer Science Education (SIGCSE). ISBN: 978-1-60558-078-4	CORE2008 A, CORE 2013 A, CORE2014 A, ERA 2010 A	a
García Martín, J. (2009) Cooperative Learning to Support the Lacks of PBL**.** ITiCSE: 14th ACM-SIGCSE Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. París, Francia. Edited by Association for Computing Machinery (ACM). ISBN: 978-1-60558-729-5	CORE2008 A, CORE2013 A, CORE2014 A, ERA 2010 A	d
Javier García Martín, Carlos López López & Jorge Enrique Pérez Martínez (2014). Supporting the design and development of Project Based Learning courses. *The 44rd Annual Frontiers in Education Conference (FIE-IEEE).* Madrid, Spain. ISBN: 978-1-4799-3921-3. IEEE Catalog Number: CFP14FIE-USB	Core2008 B, Core2013 B, Core2014 B, ERA2010 A, IEEEXplore, Scopus	e, f
Javier Garcia and Jorge E. Pérez (2011). Measuring the influence of cooperative learning and project based learning on problem solving skill. 2011 Research in Engineering Education Symposium (REES 2011). Madrid, Spain. ISBN: 978-84-695-2615-6	ERA2010 A	a

Jorge E. Pérez Martínez, Javier García Martín, Almudena Sierra Alonso (2014). Teamwork competence and academic motivation in computer science engineering studies. *IEEE Educon 2014 Conference.* Istanbul, Turky. USB handed out at the conference: 978-1-4799-3190-3. IEEE Xplore®: 978-1-4799-3191-0	IEEEXplore Scopus dblp	a
Jorge E. Pérez, Javier García, Isabel Muñoz, Almudena Sierra Alonso, Pilar López Puche (2010). Cooperative Learning vs. Project Based Learning. IEEE Educon 2010 Conference. Madrid, Spain. Published by IEEE Education Society. ISBN: 978-84-96737-70-9	IEEEXplore Scopus dblp	a
García Martín, J., Muñoz Fernández, I. y Pérez Martínez, J.E. (2008). La influencia de las metodologías de aprendizaje activo en el aprendizaje significativo de nuestros alumnos. INECE'08, II Jornadas Internacionales UPM sobre Innovación Educativa y Convergencia Europea 2008 (INECE'08)		a
J. E. Pérez, J. García, I. Muñoz, M. T. Coello, D. Pérez (2009). Evaluación de competencias genéricas instrumentales en la asignatura de Sistemas Operativos I. Sexto Simposium Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática: SIECI 2009. Comunicación en la sesión invitada: Aprendizaje y Evaluación por competencias en las Enseñanzas Técnicas. Orlando, Florida. ISBN: 978-1-934272-65-7		a
Javier García, Pilar Manzano, Jorge. E. Pérez, Fernando Rodríguez, Carlos María Alcover (2010). Measuring the influence of active learning (CL and PBL) in students' generics competences. International Conference: Visions, challenges and strategies for problem based learning. Aalborg, Denmark.		a
García Martín J., Manzano García P., Pérez Martínez J.E. y Muñoz Fernández I. (2007). The application of educational methodologies to overcome critical issues in a project based learning**.** International Technology, Education and Development Conference. Valencia, España. Published by International Association of Technology, Education and Development. ISBN:978-84-611-4517-1		b
García Martín, J., Pérez Martínez, J.E. y Muñoz Fernández, I. (2007). Créditos ECTS para una evaluación continuada en aprendizaje por proyecto. XIII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa. San Sebastián, España. ISBN:978-84-9746-382-9		b
García Martín, J., Pérez Martínez, J.E., Muñoz Fernández, I. y Manzano García, P. (2008) An Experience with the Application of Project Based Learning Supported by Different Educational Methodologies. Results on a Real Time Systems Course. Research Symposium on PBL 2008. Aalborg, Denmark. Published by European Society for Engineering Education. ISBN: 978-87-991994-5-7		b
Javier Garcia , Manuel Bollain and Arancha del Corral (2011). Applying Problem-Based Project-Organized Learning in a traditional system . 3rd International Research Symposium on PBL. Coventry University, UK, 28-29 November 2011. Proceedings: *PBL across the disciplines: research into best practice.* Edited by John Davies, Erik de Graaff, Anette Kolmos. Aalborg University Press. Denmark. 2011. Páginas 674-686. ISBN 978-87-7112-025-7		b
Javier García Martín, Jorge E. Pérez Martínez, (2015). Integration of three instructional design models within the organization of PBL activities. 5TH INTERNATIONAL RESEARCH SYMPOSIUM ON PBL (IRSPBL) San Sebastián, Spain.		d
García Martín, J., Sierra Alonso, A (2009). Approach to a Method to Organize PBL Courses. 2nd International Research Symposium on PBL'09. Melbourne, Australia. ISBN: 978-1-86272-688-8		d

Ponencias invitadas	Índices	Tema
Javier García Martín, Jorge E.Pérez Martínez, Ana Isabel Lías Quintero (2013). **Proyecto para el desarrollo y evaluación de competencias transversales: Diseño de patrones de actuación**. *VII Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Burgos. Burgos, Spain.*		c
Javier García Martín, Jorge E. Pérez Martínez (2013). **Integración de competencias genéricas en los títulos de grado. Experiencia en la E.U. Informática de la UPM**. V Jornadas sobre evaluación de competencias en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior en la Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, Spain.		f
Ana Isabel Lías Quintero, Jorge E. Pérez Martínez, Javier García Martín (2013). **Implementación de un plan piloto para el desarrollo y evaluación de competencias transversales en las titulaciones de grado de la E.U. de Informática.** VII Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Burgos. Burgos, Spain		f

Capítulos de libros	Índices	Tema
Javier García, Jorge E. Pérez, Fernando Rodrígez, Carlos M. Alcover (2013). **Measuring the influence of active learning - cooperative learning and project-based learning - in two types of students´generic competences.** "Visions,Challenges, and Strategies: PBL Principles and Methodologies in a Danish and Global Perspective ", Lone Krogh & Annie Aarup Jensen (Eds.), Aalborg University Press, pp. 281-297. ISBN: 978-87-7112-099-8	tipo C en el SENSE RANKING OF ACADEMIC PUBLISHERS	a
Javier Garcia, Jorge E. Pérez (2009). **A PBL Application Experience Supported by Different Educational Methodologies**. Chapter 12 of the book: "Research on PBL Practice in Engineering Education", Xiangyun Du, Erik de Graaff and Anette Kolmos (Eds.), Sense Publisher, Rotterdam. ISBN: 978-90-8790-930-7 (paperback). ISBN: 978-90-8790-931-4 (hardback). ISBN: 978-90-8790-932-1 (e-book)	7,4 de ICEE en el SPI general (puesto 88 de 208)	d

Capítulo 2

Estado de la cuestión

2.1 Integración de competencias genéricas en las actividades académicas

2.1.1 Definición de la situación

Como hemos visto en el capítulo anterior, la declaración de Bolonia, el proyecto Tuning, el Ministerio de Educación y Ciencia y ANECA establecen el nuevo contexto universitario que incluye novedades con respecto a las competencias genéricas (o transversales). Como consecuencia, los Rectorados daban indicaciones sobre las competencias relevantes para el "marchamo competencial" de su Universidad. Estas listas de competencias se basaban en los libros blancos de las titulaciones, acuerdos del Consejo de Universidades, propuestas de los colegios profesionales, el citado RD o, últimamente, las descritas por el MECES del Ministerio de Educación [2]. A su vez, los Centros (Escuelas y Facultades) incluían las competencias genéricas en los planes de estudio, tanto de grados como de máster, en cumplimiento de los requisitos para la aprobación del título por la ANECA.

Todo este proceso culmina con las guías docentes y la implementación en el aula de las actividades previstas en dichas guías. Con respecto a las competencias genéricas, los docentes optaron por marcar las competencias que "de alguna manera" tenían relación con las actividades llevadas a cabo en la asignatura y ellos suponían que los alumnos adquirían por el hecho de cursar la asignatura. Como caso llamativo recordamos que algunos profesores marcaron la competencia de Trabajo en Equipo con la explicación de que las prácticas de laboratorio se realizaban por parejas. En un caso similar, muchas asignaturas marcaba la competencia de Resolución de Problemas justificado por la realización de ejercicios en los exámenes. Esta estrategia llevó a una situación en la que las asignaturas marcaron un gran número de competencias genéricas con unos niveles de logro que no seguían ningún baremo. Pero en esta situación cabe preguntar: ¿Los alumnos recibían algún tipo de formación u orientación con respecto a las competencias genéricas que iban a desarrollar?¿Los alumnos desarrollaban realmente dichas competencias?¿Se realizaba algún tipo de evaluación de las competencias genéricas? Deducimos que cuando los profesores indicábamos que nuestra asignatura iba a desarrollar una competencia, realmente no estábamos entendiendo el significado y las implicaciones. Esta situación era previsible dada la falta de formación e información de los docentes y se agravó por la presión del poco tiempo para realizarlo.

El resultado es que se generaron unos planes de estudio de Grado que, a nuestro entender, con respecto a las competencias genéricas es deficiente por los siguientes motivos:

- Es difícil que una asignatura pueda trabajar con suficiente profundidad más de una o dos de dichas competencias (salvo en el caso de asignaturas de tipo proyecto) mientras que la generalidad es que una asignatura indique que va a incidir sobre más de tres. Prueba de ello es lo que se refleja en la Tabla 2.1. Se han escogido al azar cinco títulos de grado de cinco universidades (una para cada una de las ramas de conocimiento). La última columna de dicha tabla expresa la relación porcentual entre el número medio de competencias por asignatura y el total de éstas en el título de grado.
- Se ha omitido en las memorias de los títulos y en las guías de las asignaturas cómo se van a desarrollar y evaluar dichas competencias. Esto ocurre así en las titulaciones analizadas en la Tabla 2.1.
- No se ha tenido en cuenta la propia transversalidad de dichas competencias en espacio (varias asignaturas del mismo semestre) y tiempo (varias asignaturas de diferentes semestres). En este sentido se percibe una falta de coordinación entre las asignaturas que van a trabajar una misma competencia en la misma titulación.
- Nadie, y sobre todo las instituciones, ha indicado cómo se incardina el proceso de desarrollo y evaluación de competencias en la práctica académica actual.

- Nadie se pronuncia sobre las consecuencias de que un estudiante sea brillante en las materias específicas de sus estudios pero no lo sea tanto en algunas competencias como liderazgo o creatividad; en esta situación y supuesto que esas dos competencias formen parte del marchamo competencial de la Universidad, ¿este estudiante puede alcanzar el grado?

Universidad	**Rama de conocimiento**	**Titulación de grado**	**Número total de competencias transversales**	**Número medio de competencias por asignatura**	**%**
Alicante	Ciencias	Biología	14	9,17	68.5%
Granada	Arte y Humanidades	Historia y Ciencias de la Música	21	12,03	57.28%
Politécnica de Madrid	Ingeniería y Arquitectura	Ingeniería de Computadores	16	8,8	55%
A Coruña	Ciencias Sociales y Jurídicas	Derecho	8	3,63	45.37%
Navarra	Ciencias de la Salud	Farmacia	28	14,44	51,57%

Tabla 2.1: Competencias implicadas por asignatura

La suma de estos factores genera un cierto caos en el tratamiento de las competencias transversales. Prueba de ello es que cada Universidad está estableciendo sus propios mecanismos para tratar este tema y es por ello que elementos inherentes al proceso de Bolonia, como lo es la movilidad, están en serio peligro de no ser una realidad a corto plazo. Es por tanto necesario proponer y ejecutar estrategias que faciliten la introducción de las competencias transversales en los planes de estudio de manera organizada, efectiva y eficiente, que además sean válidas para cualquier titulación universitaria de grado.

Las competencias transversales no están ligadas de manera instrumental a las áreas disciplinares o limitadas a un ámbito específico. Como competencias comunes que son para todos los niveles y áreas curriculares, su aprendizaje tendrá que ser responsabilidad de todos los docentes, no tanto por el contenido que enseñan como por la forma de trabajar los contenidos, como indica Rey [49]. Precisamente, por ser labor de todos pero de nadie específicamente, tienen el grave peligro de quedarse en una declaración de intenciones, sin traslación real a la práctica del aula y, lo que es más grave, sin incidir en el aprendizaje por parte del alumnado. Por eso, es responsabilidad del Centro cuidar cómo articularlas, diseñando la planificación y dando soporte a los docentes y alumnos para la práctica en el aula.

Por último, las competencias no solo hay que desarrollarlas sino también evaluarlas. La evaluación de competencias (o resultados de aprendizaje) es una cuestión clave en la implantación del ECTS puesto que, como indica la Guía del Usuario del ECTS [8] los créditos se reconocen cuando la evaluación demuestra que las competencias que se esperaba desarrollar se han adquirido. Así pues, la evaluación de dichas competencias es el criterio para el reconocimiento de créditos.

2.1.2 Trabajos anteriores

En el panorama nacional hemos identificado pocos trabajos que hayan documentado un proceso de implantación de competencias genéricas como el que describe en este trabajo. Cabe mencionar a dos de ellos. Por una parte, en Sánchez Fermín [50] se ilustra una propuesta que se está implantando en los estudios de Grado en Ingeniería Informática de la Facultad de Informática de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). En ella se propone definir cada competencia genérica en términos de dimensiones. Los autores sostienen que: “Cada una de las dimensiones (aspectos de la competencia) se define en términos de objetivos a tres niveles, y son los objetivos de un determinado nivel de cada dimensión lo que se encarga a las asignaturas. De esta forma, una misma asignatura puede trabajar distintas dimensiones de una competencia genérica, cada una de ellas a un nivel diferente” (p. 185).

Esta propuesta difiere de la formulada en este trabajo en varios aspectos. En este trabajo definimos dos niveles de madurez por competencia, cada uno de los cuales denota un grado de consecución de dicha competencia. En Sánchez Fermín [50] se propone establecer una jerarquía de tres niveles, semejantes a la taxonomía de Bloom. El nivel más bajo se asigna a asignaturas de primer curso y se reservan los dos niveles más altos para asignaturas de cursos posteriores. En nuestro caso proponemos otra alternativa que consiste en utilizar una misma rúbrica para cada competencia en todas las asignaturas que trabajen dicha competencia a lo largo de toda la carrera. No obstante las asignaturas de los primeros cursos pueden prescindir de alguna faceta concreta o limitar la valoración máxima de alguna de las facetas. Además, la propuesta de Sánchez Fermín no especifican aspectos como: ordenación de las competencias en el tiempo, criterios de asignación de competencias (dimensiones) a asignaturas, las actividades para desarrollar estas competencias en los estudiantes o las actuaciones sobre la formación del profesorado. Estos aspectos sí serán incluidos en nuestra propuesta. Esta propuesta tampoco incluye un plan de calidad sobre este proceso.

La otra propuesta que cabe mencionar se ha desarrollado en la Universidad de Deusto, Jacob [51]. Plantea un mapa de competencias generales que recoge (a) las asignaturas que desarrollan cada competencia, (b) la metodología docente propuesta y (c) el sistema de evaluación de cada competencia. Existen algunas diferencias importantes entre esta propuesta y la que se describe en este trabajo. Entre otras, el modelo presentado en este trabajo:

- Realiza una diferenciación clara entre el proceso de implantación, los productos generados por dicho modelo y el plan de calidad para controlar tanto el proceso como los productos.
- Incluye un plan de formación para los estudiantes en las competencias a desarrollar. En Jacob, no se explicita tal plan. Lo mismo puede indicarse para los docentes.
- Asegura que las competencias enunciadas en el RD se satisfacen, cosa que no concurre en la propuesta de Deusto.
- Incluye un plan de calidad para gestionar el proceso de implantación de las competencias genéricas en los títulos de grado, cosa que no se explicita en Jacob.
- Mientras que en Jacob, la elaboración de dicho mapa supone que el desarrollo de competencias generales debe hacerse preferentemente en los últimos cursos, nuestra propuesta no impone esta restricción en el entendimiento de que en los primeros cursos pueden y deben adquirirse competencias transversales en su nivele inicial. Además, en el modelo de Deusto se impone la restricción de que el desarrollo de una competencia dada quede circunscrita al ámbito de, como máximo, 3 asignaturas. Este no es el caso de la propuesta descrita en este trabajo.

También merece una mención el trabajo descrito por Sicilia [52]. En dicho trabajo se esboza un procedimiento sistemático para seleccionar e introducir competencias genéricas en asignaturas relacionadas con ingeniería del software mediante el análisis de las conexiones entre las competencias transversales y actividades realizadas en las competencias específicas. Para ello toma como referencia las prácticas profesionales en dicho ámbito. No obstante, este trabajo no aborda una implantación organizada en todo el plan de estudios.

Por último, cabe mencionar algunos trabajos que si bien hacen propuestas en torno a la implantación de competencias transversales en los currículum, o bien se refieren a asignaturas individuales [53][54][55][56] o bien éstas quedan subsumidas en el diseño global de un plan de estudios sin que exista un plan específico para su implantación, Sánchez [57].

En el contexto internacional no hemos localizado ninguna experiencia reseñable relacionada con el proceso de implantación de competencias en el currículum. Los trabajos publicados hacen referencia a competencias pero en el ámbito de una o pocas asignaturas como es el caso de Friss de Kereki [58] o el descrito por Cajander [59].

2.2 Aplicación del ABPt

2.2.1 Modelos para implementar ABPt

Antes de analizar la situación de la utilización del ABPt en España consideramos importante revisar los modelos que se han definido para la implementación del ABPm y que pueden ser aplicados al ABPt. En concreto analizaremos dos. El primero, propuesto por Kolmos [60] describe tres niveles para la implantación del ABPm y el ABPt desde el punto de vista del impacto académico que alcanzan las metodologías. En la misma línea, Maggie Savin-Baden [61] describe 7 modos de organizar la metodología de ABP en un curriculum. Estos modelos nos servirán para analizar posteriormente el alcance de las implementaciones del ABPt en España.

Niveles de implementación de APBm y ABPt (Anette Kolmos)

Kolmos [60] define tres niveles de implementación del ABPm y ABPt dentro de un curriculum de acuerdo a su alcance: *The add-on strategy, the integration strategy* y *the re-building strategy*.

The ***add-on strategy*** está enfocada a la aplicación del ABP dentro de una asignatura individual y es llevada a cabo por un solo profesor o un equipo pequeño de profesores. Es una estrategia que modifica o añade un componente sin modificar la estructura existente. Supone añadir nuevas actividades de aprendizaje dentro de los cursos ya existentes, o bien puede estar organizada como actividades co-curriculares. Tiene la ventaja de poder adoptar los cambios y comenzar las actividades sin involucrar a la escuela o departamento. Sin duda, esta es la estrategia más extendida y se ve a menudo como una estrategia individual.

The ***integration strategy*** va un paso más allá coordinando varias asignaturas e integrando aspectos de empleabilidad, tales como habilidades para gestionar proyectos o emprendimiento. En la *integration-strategy* se coordinan varias asignaturas para implementar actividades de ABP multidisciplinares. Adicionalmente, en las actividades se incluyen competencias genéricas como gestión de proyectos o emprendimiento. Los cambios en la estructura del curriculum son limitados, pero los cambios en las asignaturas individuales pueden ser significativos. El nivel de coordinación y la visión de conjunto del curriculum se incrementan significativamente y estos cambios necesitan generalmente estar respaldados por los gestores académicos (coordinadores, directores, decanos etc.). Muchas agencias de acreditación esperan actualmente al menos este nivel de integración (whle-of-program integration).

The ***re-building strategy*** es la estrategia más compleja, ya que requiere más cambios en la organización y en la visión académica. El cambio fundamental de la visión académica consiste en enlazar la universidad con el contexto social y sus necesidades. Requiere un conjunto de valores compartidos, identidad y compromisos, junto con un fuerte soporte institucional, a menudo de las instancias más altas de la universidad. El inicio o arranque de una nueva universidad es el mejor momento para implementar todos estos aspectos alrededor de la idea del ABP.

Según vamos ascendiendo de nivel, el impacto en el contexto académico es mayor y se va requiriendo una mayor coordinación entre los docentes y las materias involucradas. Un aspecto muy importante es que también se va requiriendo una mayor implicación de las instituciones.

Modos de organizar un Curriculum en Aprendizaje Basado en Problemas (Savin-Baden)

De forma similar Savin-Baden [61] describe 7 aproximaciones para implementar ABPm en un curriculum, yendo desde la simple implementación individual en algunas asignaturas hasta la implementación integral del curriculum utilizando el ABPm como filosofía. A continuación resumimos estas 7 aproximaciones.

Modo 1 - *Single Module Approach* (Modulos independientes)
ABP se implementa en uno o dos módulos de los últimos cursos del programa

Modo 2 - *Problem-based Learning on a shoestring* (ABP con presupuesto muy reducido)
Los profesores interesados en ABP lo implementan en sus módulos. El resultado es que la metodología se utiliza en diversos módulos a lo largo del curriculum pero de una forma aislada e intercalados con módulos

basados en clases magistrales. Hay poca o nula relación entre módulos. Los problemas planteados son específicos de cada material, transcendiendo en pocas ocasiones los límites de las asignaturas.

Mode 3 - *The Funnel Approach* (El embudo)
Se diseña un curriculum en el que los estudiantes son canalizados gradualmente hacia el ABPm. En el primer curso se utiliza un aprendizaje basado en clases magistrales, en segundo curso se basa en la resolución de problemas y finalmente, en tercer curso se utiliza el ABPm.

Mode 4 - *The Foundational Approach* (Los fundamentos)
La idea principal de este método es que antes de llevar a cabo el ABPm, los estudiantes necesitan un conocimiento de algunos fundamentos. De esta forma los conceptos básicos son aprendidos fuera del contexto de un problema concreto y su utilización se puede transferir mejor a muchos tipos de problemas. Por lo tanto, se utilizan las clases magistrales en el primer curso y ABPm en el resto.

Mode 5 - *The Two-Strand Approach* (Las dos corrientes)
Aunque el ABPm se ve como un aspecto vital, el curriculum mantiene dos corrientes: el ABPm y otros métodos de aprendizaje. En muchas implementaciones se establecen relaciones entre los temas tratados en los módulos que siguen las distintas metodologías, de forma que los conocimientos de la aproximación de "otros métodos de aprendizaje" alimenta los módulos que siguen el ABPm.

Mode 6 - *Patchwork Problem-based Learning (*Parcheado)
El curriculum completo se diseña siguiendo el ABPm, pero los módulos no se llevan a cabo de forma consecutiva si no simultánea. Los alumnos cursan 2 ó 3 problemas simultáneamente en asignaturas diferentes pero no relacionadas. Esta aproximación suele generar cierta confusión en los estudiantes.

Mode 7 - *The Integrated Approach* (Integrado)
En esta aproximación el ABPm no es simplemente una estrategia si no la filosofía del curriculum. El curriculum se diseña de una forma integral, todos los problemas son secuenciales, están relacionados y transcienden los límites de las materias. Los estudiantes reciben formación acerca de la metodología seguida y las actividades a desarrollar en equipo.

El modelo de Aalborg

El modelo de Aalborg, explicado en Barge [62], describe un contexto en el que el ABP es el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Especifica las características que debe tener en cuenta una organización para seguir una aproximación al ABPm y ABPt similar al modelo de Aalborg. La especificación del modelo está dividida en nueve áreas que cubren las dimensiones clave de una universidad. Para no extender excesivamente la presentación, vamos a resaltar algunos de los aspectos más relevantes de seis de las nueve áreas que nos parecen más significativas. Claramente este modelo está alineado con el nivel 3 de los modelos de implementación especificados por A. Kolmos.

Visión académica (Educational Vision)

- Se debe tener un marco sistemático para ABP y un compromiso con los principios básicos.
- Debe existir una orientación al problema
- Realización de proyectos multidisciplinares
- Los estudiantes toman decisiones relevantes para completar los proyectos
- Integración de teoría y prácticas
- La institución adopta objetivos de aprendizaje específicos para la aproximación al ABP
- El aprendizaje se basa en el trabajo en equipo
- Los alumnos demuestran tener conocimiento del marco académico y están preparados para identificar y explicar sus fortalezas

Curriculum

- Se dedican créditos para introducir a los estudiantes en el ABP y dar soporte a las competencias o habilidades necesarias
- Hay un equilibrio entre asignaturas de orientación, asignaturas de estudio y asignaturas relacionadas con proyectos
- El trabajo que los estudiantes dedican al desarrollo de proyectos representa al menos el 50% de los créditos académicos

Evaluación (Assessment)

- El principal método de evaluación se centra en el trabajo desarrollado en equipo por los estudiantes
- Se utilizan tanto la evaluación formativa como sumativa
- La evaluación del trabajo de los estudiantes se realiza de acuerdo a normas, procedimientos y objetivos de aprendizaje claramente documentados
- Los estudiantes reciben calificaciones individuales de acuerdo a su contribución al proyecto

Personal academico (Faculty)

- El personal docente demuestra tener un conocimiento claro del modelo y un compromiso con el mismo
- El personal docente ha recibido una formación sobre el marco académico
- El personal docente está directamente involucrado en el desarrollo y el mantenimiento del programa curricular
- El personal docente demuestran habilidad para incorporar buenas prácticas para supervisar y guiar los proyectos de los equipos de estudiantes
- La institución establece el máximo de grupos que un profesor es capaz de atender de forma efectiva

Estudiantes (Students)

- Los estudiantes identifican la forma en que el ABP encauza su trabajo académico
- Los estudiantes demuestran fuertes habilidades para gestionar proyectos y trabajo colaborativo
- Los estudiantes juegan un papel importante en la administración de los programas de grado. Participan en el desarrollo y la implementación del curriculum, los temas de los cuatrimestres y los cursos ofrecidos.

Recursos (Resources)

- La institución despliega recursos de forma que soportan de forma consistente la aproximación del ABP en la enseñanza
- Cada equipo de estudiantes dispone de su propio espacio de trabajo privado o semiprivado para trabajar
- Las aulas y los laboratorios disponen de los recursos requeridos por los cursos de estudio y los cursos de proyecto (study courses and project courses)
- Se facilita a los estudiantes los materiales requeridos para completar los proyectos
- La institución mantiene un conjunto de recursos tecnológicos apropiados y modernos. Los recursos que facilitan el trabajo colaborativo en los proyectos son de gran importancia

En el symposium "Visions, Challenges and Strategies for Problem Based Learning", celebrado en 2010 en la ciudad de Aaalborg, Berge [63] presentó el "*Standars for Certification, The Aalborg Model for Problem- and Project- Based Learning*" con la idea de convertir el modelo de Aalborg en estándar con certificación. Después de la ponencia *The knowledge, the value and the use component of standards for problem-Based Project -Organized Learning*de la profesora Kathrine Krogstrup se organizó un workshop para debatir en grupos la conveniencia del proceso de estandarización del modelo. En este sentido cabe destacar alguna opinión contraria significativa, como es la de la profesora Anette Kolmos quien aboga por la diversidad en la implementación de esta metodología y en la construcción de una comunidad que se enriquezca de dicha diversidad. La autora es partidaria de que la Universidad de Aalborg lidere un proceso de reunión de instituciones para la discusión de las mejores prácticas y el desarrollo de los principios del ABPm y ABPt del Modelo de Aalborg [64]. Finalmente se descartó la creación de un estándar y el Modelo de Aalborg figura como una referencia en la implementación del ABPm y ABPt.

CDIO

La organización CDIO [65] define un nuevo marco educativo para la formación de las nuevas generaciones de ingenieros. La idea principal es formar a los estudiantes en el contexto de Concebir-Diseñar-Implementar-Operar (CDIO) productos y sistemas del mundo real. Se basa en los siguientes principios:

- Organiza los currículum mediante cursos que se apoyan simultáneamente, con actividades CDIO muy relacionadas.

- Los estudiantes desarrollan proyectos de diseño, construcción y pruebas.
- Integra el aprendizaje de habilidades profesionales como el trabajo en equipo o la comunicación
- Ofrece aprendizaje active y experimental.
- Mejora constantemente a través de un proceso de calidad con objetivos de acreditación.

Para ello ha definido un modelo que se compone de 12 estándares, 7 de los cuales son obligatorios para poder obtener la homologación de un plan de estudios (marcados mediante un asterisco):

STANDARD 1: The Context*
STANDARD 2: Learning Outcomes*
STANDARD 3: Integrated Curriculum*
STANDARD 4: Introduction to Engineering
STANDARD 5: Design-Implement Experiences*
STANDARD 6: Engineering Workspaces
STANDARD 7: Integrated Learning Experiences*
STANDARD 8: Active Learning
STANDARD 9: Enhancement of Faculty Competence*
STANDARD 10: Enhancement of Faculty Teaching Competence
STANDARD 11: Learning Assessment*
STANDARD 12: Program Evaluation

Tipos de proyectos

Graaff y Kolmos [23] definen tres tipos de proyectos en base a quién se encarga de realizar cada tarea. En primer lugar, en el ***Task Project*** el profesor es quien define tanto el problema a resolver como el método necesitado para resolverlo. Además, hay un alto grado de planificación y dirección por parte del profesor. En segundo lugar, en los ***Discipline Project*** los requisitos del programa establecen la disciplina y los métodos llevados a cabo por los estudiantes. Los estudiantes, por su parte, pueden identificar y definir la formulación del problema dentro de algunas directrices. Finalmente, el ***Problem Project*** requiere el nivel más alto de autonomía de los estudiantes. Inicialmente se propone un tema para orientar el problema y los estudiantes se encargan de elegir las disciplinas y los métodos que necesitan para resolver el problema. Aunque el último tipo ofrece importantes ventajas desde el punto de vista de la metodología de ABPt, los docentes deben evaluar cual es el tipo de proyecto más adecuado, teniendo en cuenta varios aspectos del contexto académico.

2.2.2 Situación del ABPt en España

Una vez vistas las diferentes posibilidades para implementar el ABPt, revisaremos las experiencias llevadas a cabo en España, donde esta metodología ha ido atrayendo a muchos docentes en el ámbito de la ingeniería. Prestaremos atención al número de experiencias y su alcance de acuerdo a los modelos presentados en la sección anterior.

En España las clases magistrales han constituido tradicionalmente el principal recurso de enseñanza. Otra característica en el ámbito de las ingenierías es el alto grado de fracaso académico. Como afirma el profesor Alcober [66] p. 2: “los métodos docentes basados en PBL acostumbran a ser más motivadores para los estudiantes, lo cual repercute en aspectos tales como el rendimiento académico, y la persistencia en los estudios. No en vano, el objetivo fundamental de la introducción generalizada de PBL en algunas universidades ha sido el mejorar ostensiblemente el bajo rendimiento académico de los estudiantes.”.

No obstante, el alcance del ABPt en las universidades españolas se puede calificar de limitado. Considerando los tres niveles de implementación del ABPt descritos anteriormente, la mayoría de las experiencias pertenecen al primer nivel, donde un reducido número de profesores aplican la metodología en una asignatura individual. Probablemente, las dificultades encontradas en las estructuras tradicionales y las normativas académicas en las universidades tienen relación con esta circunstancia.

Aplicación del ABPt en las ingenierías de informática en España

Las iniciativas llevadas a cabo en España sobre la aplicación de la metodología de ABPt pueden clasificarse en tres niveles: (a) Asignaturas individuales en ABPt; (b) Conjunto de asignaturas en ABPt; y (c) Titulación

completa en ABPt. Podemos establecer una correlación entre estos niveles y los modelos de A. Kolmos y Savin-Baden. El nivel (a) se correspondería con la estrategia ***Add-On*** de A. Kolmos y con los niveles 1 y 2 de Savin-Baden. El nivel (b) se correspondería con la estrategia ***Integration*** de A. Kolmos y con el nivel 5 de Savin-Baden. Los niveles 3 y 4 de Savin-Baden no los identificamos específicamente con ninguno de los niveles (a), (b) o (c). Finalmente, el nivel (c) se correspondería con la estrategia ***Re-Building*** de A. Kolmos y con los niveles 6 y 7 de Savin-Baden.

Podemos encontrar un cierto número de experiencias llevadas a cabo desde hace alrededor de 10 años. Dos ejemplos son las exeperiencias de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid [67] y en la E.T.S. de Ingeniería de Telecomunicaciones, Macias-Guarasa [68]. En el primer caso los estudiantes tienen que desarrollar un proyecto que se divide en seis tareas orientadas a la construcción de herramientas de programación de sistemas. En esta experiencia queremos resaltar que no hay sesiones de clase teóricas iniciales, por el contrario se organizan sesiones de aprendizaje cooperativo mediante la dinámica de puzle. Para la evaluación se tienen en cuenta los trabajos realizados, el informe final y una presentación oral, además de una coevaluación entre grupos. También hay un examen final que solo representa el 10% de la nota final. La segunda es una experiencia de seis años en el laboratorio de una asignatura de electrónica. Su principal novedad es el alto número de estudiantes con el que trabaja (alrededor de 400) si lo comparamos con otras experiencias similares. En cuanto a los resultados, los autores destacan: (a) el alto número de estudiantes que aprobaron el curso y (b) la obtención de una nota media más alta. La evaluación se basa en un informe escrito y un examen oral de 30 minutos.

En Lantada [69] se presenta una experiencia más amplia, en la que inicialmente se utiliza el ABPt para impartir dos cursos de Ingeniería Civil: Diseño de Maquinaria I y Diseño de Maquinaria II. La reciente adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) motivó la ampliación de la experiencia hasta cubrir ocho asignaturas. Sin embargo, en todos los casos el ABPt se aplica individualmente a cada curso sin ir más allá de los límites de la materia.

Las implementaciones multidisciplinares, enmarcadas en el nivel b, son menos numerosas. No obstante, el número se ha incrementado durante los últimos años. Mientras que en 2010 a penas podíamos encontrar unos pocos ejemplos, tales como Arques [70] o Hernández [71], recientemente diferentes profesores han implementado ABPt cubriendo diferentes asignaturas y disciplinas. En [70] se propone el desarrollo de un proyecto en el que participan cuatro asignaturas optativas. El principal objetivo de esta experiencia es determinar la relevancia del ABPt y utilizar apropiadamente las herramientas tecnológicas disponibles. El mecanismo de evaluación está basado en la colección de documentos del equipo de estudiantes, presentaciones orales e informes escritos. Además se tienen en cuenta mecanismos de evaluación entre equipos, auto-evaluación mediante tests y la evaluación de la actitud de los estudiantes. En [71] los estudiantes llevan a cabo un proyecto multidisciplinar en que cubre tres asignaturas de áreas diferentes (Estrategias y Sistemas de Información, Comercio Electrónico e Interfaces de Usuario). Con respecto a la evaluación, el 50% de la nota final está basada en la evaluación del proyecto final y el otro 50% se basa en la evaluación individual de los estudiantes en cada una de las tres asignaturas. Los estudiantes consideran que tienen que realizar un esfuerzo mayor, pero por el contrario aceptan que aprenden más que con el método tradicional. Basándose en los resultados, los autores afirman que las principales dificultades que han encontrado son debidas a la falta de experiencia tanto de los profesores como de los alumnos. Entre las experiencias más recientes destacamos la de Pérez [72], en la que se desarrolla un proyecto que cubre vaias asignaturas en la Universidad de Sevilla. No obstante, en esta experiencia solo participan asignaturas optativas. Ponsa [73] presenta un esquema más sofisticado coordinando varias asignaturas dentro del currículum.

En cuanto al tercer nivel de implementación, las experiencias encontradas están principalmente relacionadas con los grados de Máster [74][75][76][77], donde se trabaja con un número reducido de estudiantes experimentados. Por ejemplo, en 2006-2007 comenzó el Master of Science in Telecommunication Engineering & Management de la Universidad Politécnica de Cataluña [78]. En esta titulación el programa completo se organiza mediante el modelo de ABPt. Los profesores participantes explican algunas de las dificultades encontradas, Valero en [79] y Machado en [80]. Entre ellas, se menciona la dificultad de impartir todos los contenidos y la resistencia de algunos alumnos y profesores a una metodología completamente nueva.

Por el contrario, a penas podemos encontrar titulaciones de grado completas organizadas mediante ABPt. Cabe destacar la experiencia llevada a cabo por Alcober [81] en la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels (EPSC) de la UPC, donde en 2001 organizaron el plan de estudios del segundo ciclo de la Ingeniería de Telecomunicaciones siguiendo un esquema de ABPt. En concreto, cada semestre consistía en dos módulos presenciales y un módulo de proyecto. Éste último servía para desarrollar un proyecto que se apoyaba en las teorías impartidas en los módulos presenciales. Se aseguraba el carácter multidisciplinar del proyecto con la participación de diferentes departamentos en cada cuatrimestre. Más recientemente y en la misma titulación, Ingeniería de Telecomunicación, la Universidad de Mondragón propone la aplicación del ABPt en los cursos 4º y 5º. Los estudiantes desarrollan un proyecto semestral en el que aplican los conocimientos cursados en las asignaturas del semestre [82]. En esta experiencia, aunque se puede considerar de innovadora en España, el ABPt es un complemento al currículum de la titulación, no llegando a los niveles más altos definidos por A. Kolmos y Savin-Baden. Finalmente, no tenemos conocimiento de casos en los que el modelo completo de universidad esté enfocado a ABP.

Para concluir, resaltamos la baja participación general de universidades españolas en congresos y publicaciones especializadas en el tema de ABPt. En una revisión llevada a cabo en 2008 [83] concluimos que en 2007 alrededor de diez universidades españolas presentaron ponencias en conferencias y congresos nacionales e internacionales. En 2006, solo dos presentaron resultados relacionados con el ABPt. El hecho de que solo 15 de las 73 (20%) de las universidades españolas trabajen en ABPt es significativo. Dentro de la UPM había 80 Grupos de Innovación Educativa reconocidos que incluyen a 597 profesores. Sólo dos de estos grupos hacen referencia la APBt entre sus objetivos.

Otro dato importante lo obtenemos de la participación de las universidades españolas en congresos dedicados al ABPt. El International Research Symposium on PBL es un claro ejemplo. Cabe destacar que solo tres universidades españolas asistieron en las cuatro primeras ediciones (Universidad de Mondragón, Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Autónoma de Barcelona). La ponencia de ésta última no pertenecía al ámbito de la ingeniería si no que estaba relacionada con la disciplina de Derecho. La quinta edición estuvo organizada por la Universidad de Mondragón, por lo que el número de universidades españolas creció hasta cinco, las tres mencionadas anteriormente más la Universidad de La Laguna y la Universidad de Salamanca. Sin embargo, las principales universidades de ingeniería de España no participan en este tipo de congresos.

Basándonos en este análisis, podemos deducir que hay un número significativo de casos de aplicación de ABPt en el ámbito de la ingeniería en España, y particularmente en ingenierías informáticas. Sin embargo, la mayoría de ellas son recientes y están en una fase de aprendizaje o adaptación. Podemos concluir que los profesores ven el ABPt como una metodología atractiva, lo que demuestra la cantidad de experiencias a nivel de asignaturas individuales, pero no logra un impacto alto a nivel de diseño de curriculum. Esta situación es similar en otros países. Esta difusión desequilibrada del ABPt se puede percibir en la organización CDIO, donde las experiencias se concentran claramente en el norte de Europa, Reino Unido, EEUU y algunas áreas de Asia y Australia, mientras que la participación es mucho menor en el sur de Europa y Sudamérica (figura 2.1).

Fig. 2.1. Países participantes en la organización CDIO. (www.cdio.org)

2.3 Modelos para el diseño de actividades organizadas mediante ABP

El desarrollo de una guía que indique los pasos a seguir para diseñar una actividad basada en ABPm o ABPt ha sido una inquietud desde hace mucho tiempo. En esta sección revisamos algunos de los modelos más significativos propuestos en la bibliografía. En primer lugar describimos los pasos indicados por Jonassen para diseñar problemas en el contexto del ABPm. Este caso nos parece importante por el enfoque pedagógico y por servir como referencia en el desarrollo de esta tesis. A continuación resumimos tres propuestas que nos parecen interesantes por ser específicas para el ABPt: EDUTOPIA, BIE Institute y los pasos propuestos por Juan J. Navarro y M. Valero. Hay que destacar que esta última está desarrollada en el ámbito de la universidad española. Finalmente resumimos dos modelos desarrollados en el contexto del ABPm pero que aportan puntos de vista útiles para nuestro trabajo: PennState y 3C3R

2.3.1. Diseño de un problema *Ill-Structured* (Jonassen)

Jonassen [25] presenta un análisis detallado de los problemas llamados *Ill-Structured*. Este estudio incluye su definición, caracterización y diferencias con los problemas *Well-Structured*. Además desarrolla las fases que los estudiantes deben seguir para su resolución y, lo que nos interesa en este punto, los pasos que los profesores deben seguir para el diseño de una actividad basada en un problema *Ill-Structured*. A este respecto Jonassen propone siete pasos:

1- Articular el problema.
Analizar la información del contexto: estudiar la naturaleza del problema y sus restricciones. Discutir qué es lo que hace la gente en este contexto. Ver las destrezas que se requieren.

2- Introducir las restricciones del problema.
Identificar los requisitos que es razonable especificar para restringir la solución de los estudiantes.

3- Localizar, seleccionar y desarrollar casos para los estudiantes.
Seleccionar casos que favorezcan las destrezas que se necesitan. Diseñar casos que representen problemas del mundo real, que sean interesantes y supongan un reto.

4- Dar soporte a la construcción del conocimiento base.
Identificar diferentes perspectivas del problema. Proporcionar un conocimiento base que esté estructurado. Éste conocimiento debe servir como soporte a los estudiantes para realizar su búsqueda de información.

5- Dar soporte a la construcción de la argumentación.
Hacer que los estudiantes hagan juicios reflexivos, bien proporcionando modelos o facilitando cuestionarios que provoquen la reflexión. La argumentación proporcionará la mejor evidencia del dominio que se tiene del conocimiento adquirido.

6- Evaluar las soluciones del problema
Las soluciones serán divergentes. El profesor tendrá que evaluar las soluciones propuestas y sus argumentos. Hay que evaluar los dos aspectos: el proceso y la solución.

2.3.2 EDUTOPIA

La fundación EDUTOPIA [84] describe un modelo llamado "The Seven Phases of a Project Cycle." Este modelo está enfocado específicamente al ABPt y se centra en el diseño de “unidades de enseñanza”. Las fases se resumen a continuación

1- Introducir la pregunta “motriz”
La pregunta debe ser convincente, abierta y significativa. Debe ser una pregunta de alto nivel en la escala de niveles de conocimiento, de forma que haga reflexionar a los estudiantes. Pedir que los estudiantes intenten responder a esta pregunta.

2- Introducir el reto final
El reto final debe ser “auténtico”, tal y como vimos en la definición de Jonassen [85]. A través de su resolución los estudiantes deben poder demostrar su aprendizaje.

3- Desarrollar la pericia en la materia
Crear una tareas, tanto individuales como en equipo, que conduzcan a los estudiantes hacia el éxito, tanto en el reto final como en la evaluación sumativa.

4- Realización del reto final
Los estudiantes tienen que demostrar su capacidad de aprendizaje. Conviene involucrar a otros profesionales externos al profesorado de la asignatura (expertos locales, otros profesores etc.). Una perspectiva externa aumentará la importancia y la confianza.
5- Presentar el reto final
A veces se pasa por alto el momento de defender el trabajo realizado, debido a la falta de tiempo. La presentación puede ser oral o escrita, pero una discusión sobre su trabajo favorece el desarrollo de los estudiantes. Si se puede, es beneficioso invitar a expertos, los estudiantes podrán tener su feedback inmediato.
6- Reponder a la pregunta motriz.
Pedir a los estudiantes que respondan a la pregunta motriz nuevamente. Los estudiantes deberían tener un nuevo vocabulario y demostrar un conocimiento más profundo de la materia. Hacer que los estudiantes comparen esta respuesta con la que dieron inicialmente en la Fase 1.
7- Evaluación sumativa.
Sea cual sea el mecanismo de valuación empleado, conviene que la evaluación sea sumativa. Esta evaluación debe cubrir la competencia de los estudiantes tanto en los conceptos como en las habilidades.

2.3.3 Buck Institute for Education (BIE)

Este instituto para la educación [86] ha desarrollado una guía muy completa para el diseño y planificación de un proyecto. Además, facilita una gran cantidad de material para ayudar al trabajo del docente. La guía está estructurada en cinco actividades.

1.- Comenzar con el final en mente
BIE afirma que los grandes proyectos comienzan con la planificación para alcanzar los resultados finales. Los estudiantes que entienden el significado de lo que van a aprender retienen más información. Los primeros pasos que proponen dar en esta actividad son:

a) Desarrollar una idea de proyecto
b) Decidir el ámbito del proyecto en cuanto a las actividades que van a realizar los estudiantes
c) Seleccionar los estándares u objetivos de aprendizaje que deseamos que aprendan los estudiantes
d) Incorporar resultados simultáneos a los objetivos académicos de aprendizaje, como hábitos, habilidades o competencias genéricas.
e) Seguir unos criterios de diseño del proyecto, como la autenticidad, rigor académico, aprendizaje aplicado, exploración activa, conexión con profesionalidad y prácticas de evaluación meditadas.
f) Crear el entorno óptimo de aprendizaje, como establecer conexiones más allá del aula, estudiar el "todo" antes que la "parte" o aplicar los contenidos a problemas auténticos.

2.- Modelar la pregunta motriz.
La pregunta motriz tiene que hacer que el proyecto resulte intrigante, complejo y problemático. Debe requerir además múltiples actividades y la síntesis de varios tipos de información antes de poder dar una respuesta. Se describen además las siguientes características: provocativa, abierta (open-ended), dirigirse a los esencial de la disciplina, que suponga un reto, relacionados con dilemas del mundo real que resulten interesantes y consistente con el marco curricular.

3.- Planificar la evaluación
El proyecto debe estar dirigido por un conjunto explícito de resultados que engloba los conocimientos clave y las habilidades que se espera que adquieran los estudiantes. BIE recomienda alinear los productos con los resultados, conocer de antemano qué evaluar y utilizar rúbricas como herramienta de evaluación. El instituto ofrece en su web rúbricas para evaluar múltiples aspectos del proyecto como la capacidad de trabajo en equipo, la capacidad para gestionar el tiempo y la capacidad de comunicación oral y escrita.

4.- Trazar el mapa del proyecto
Analizar las necesidades de enseñanza, las actividades, el tiempo estimado y preparar los recursos necesarios. Se establecen los siguientes pasos clave:

a) Organizar las tareas
b) Decidir cómo lanzar el proyecto
c) Recopilar recursos

d) Diseñar un "storyboard"

5.- Gestionar el proyecto
Preparar el rol que va a tener el profesor en el desarrollo del proyecto. Las tareas críticas para gestionar el proyecto son:

a) Orientar a los estudiantes hacia los objetivos del proyecto
b) Agrupar a los estudiantes de forma apropiada y facilitar la colaboración
c) Organizar el día-a-día del proyecto: cuestiones propuestas, tareas de los estudiantes, caminos potenciales para resolver el problema, revisar resultados parciales, facilitar *feedback* etc.
d) Clarificar las dudas de los estudiantes
e) Hacer seguimiento y regular el funcionamiento y de los estudiantes
f) Gestionar el trabajo de los estudiantes: recoger entregables, vigilar el progreso del proyecto.
g) Evaluar el proyecto final y ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre lo que han aprendido

Establece además cuatro pasos clave:

a) Compartir los objetivos del proyecto con los estudiantes
b) Utilizar herramientas para resolver problemas
c) Utilizar *checkpoints* e hitos
d) Planificar la evaluación y la reflexión

2.3.4 Pasos para el ABPt de Juan J. Navarro y Miguel Valero

Juan J. Navarro y Miguel Valero [87] resaltan inicialmente la importancia de la pregunta motriz. Ésta debe ser intrigante, desafiante, compleja (integrar varias actividades, síntesis de información múltiple), conectada con la realidad, tiene diferentes soluciones posibles y requiere discusión y toma de decisiones.

En cuanto a la formulación del proyecto, coincide con algunos aspectos resaltados en BIE. El proyecto debe alcanzar los objetivos académicos y debe integrar diferentes conocimientos. Se tienen en cuenta las habilidades a desarrollar tales como el aprendizaje independiente o capacidad de búsqueda de información. El proyecto debe resultar relevante al estudiante. Se debe considerar el grado adecuado de estructuración del planteamiento dado a los estudiantes. Se debe valorar la carga de trabajo, la cual debe ajustarse a los ECTS asignados. Contar con audiencia externa para el proyecto y la presentación de resultados añade valor al proyecto.

Los autores sintetizan el proceso de diseño de un proyecto en doce pasos:

1. Establecer el contexto
2. Establecer el tema y los objetivos del proyecto
3. Explicar el tema del proyecto
4. Establecer la lista de entregables
5. Establecer los criterios de calidad, el proceso de evaluación y cómo se obtendrá la nota final
6. Preparar anticipadamente la lista de actividades
7. Establecer cómo se van a introducir los principios del aprendizaje cooperativo
8. Elaborar un plan semanal
9. Preparar los materiales necesarios
10. Revisar la asignatura y los objetivos
11. Establecer un plan de evaluación
12. Escribir la guía del proyecto

2.3.5 PennState

Jill L. Lane [88] afirma que el proceso para diseñar un curso incluye cinco fases fundamentales: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. En la fase de Análisis hay que examinar diferentes cuestiones del contexto del curso, tales como la ubicación del curso en el curriuculum, el tipo de alumnos a los que va dirigido, el tamaño de los grupos o la tecnología disponible. Así mismo hay que identificar los objetivos del curso. En la fase de Diseño se determinan los objetivos de aprendizaje, se establece un plan de métodos y actividades que implementen las estrategias adecuadas para ayudar a los alumnos a alcanzar los objetivos y se diseña el plan de evaluación del aprendizaje alcanzado por los alumnos. En la fase de Desarrollo se elaboran los materiales necesarios y los instrumentos de evaluación. En la fase de

Implementación se implementa el plan de actuación, teniendo en cuenta cuáles son las barreras que se pueden encontrar o aspectos de infraestructura, como el acceso al equipamiento. Finalmente, en la fase de Evaluación se diseña la evaluación del diseño, el desarrollo y la implementación del propio curso. Esto se puede realizar a través de observaciones en el aula, pretest-postests o encuestas de opinión.

2.3.6 Modelo 3C3R

Woei Hung [89] presenta el modelo 3C3R, un marco conceptual para el diseño sistemático de problemas en la metodología de ABPm. El modelo incluye tres Componentes Centrales (Core Components) y tres Componentes de Proceso (Procesing Components).

Los Componentes Centrales son los siguientes:

El Contenido, donde se discuten los conocimientos del dominio y las habilidades que se quieren alcanzar. Los contenidos deben estar alineados con el curriculum y el problema no se debe resolverse con facilidad.

El Contexto: El contenido se debe aprender en un contexto similar al contexto en el que luego se aplican dichos conocimientos. No obstante, una sobrecontextualización puede desbordar a los estudiantes con información o consideraciones innecesarias.

Conexión: Los problemas que se planteen deben estar explícitamente interconectados, creando una red efectiva de conocimiento.

Por otra parte, los Componentes de Proceso son Investigación, Razonamiento y Reflexión. Los autores aseguran que involucrar a los estudiantes en actividades "con las manos en la masa" (hand-on activities) no es suficiente para asegurar los resultados de aprendizaje. Los componentes de Proceso incorporan la parte dinámica para guiar a los estudiantes con el fin de aprovechar el diseño proporcionado en los Componentes Centrales. Más concretamente, guían el aprendizaje de los estudiantes, ajustan su nivel de conocimiento y suavizan (alliviate) la falta de familiaridad o la desconfianza iniciales de los estudiantes ocn el ABPm.

2.3.7 Valoración de los modelos y justificación del método propuesto

Jonassen propone un método muy general para problemas *Ill-Structured*. Ya hemos explicado en el capítulo 1 la importante relación entre el ABPt y este tipo de problemas, por lo que nos parece muy útil el enfoque que da este autor. Los 6 pasos propuestos están además respaldados por otros estudios del propio Jonassen que profundizan en las teorías de educación que soportan el ABPm y el ABPt. Esta propuesta y algunos de los estudios que la respaldan nos han servido para configurar la línea general del método que se propone en esta tesis y para diseñar el soporte que se facilita a los estudiantes. De esta propuesta destacamos especialmente la relevancia que da a analizar el contexto del problema antes de definir el proyecto y la importancia de diseñar de una forma meditada el soporte que se va a proporcionar a los estudiantes para facilitar el éxito, tanto en el desarrollo como en la argumentación del trabajo llevado a cabo.

Tanto el modelo de EDUTOPIA como el de BIE destacan la importancia de la pregunta motriz, la necesidad de proporcionar soporte a los alumnos, la presentación de trabajo final realizado por los estudiantes y basar la evaluación tanto en los conocimientos como en las habilidades. En el caso de BIE nos ha sido de gran ayuda la propuesta de analizar las necesidades de los estudiantes y pensar en las tareas que debe llevar a cabo el profesor para gestionar el proyecto desde su rol de guía-facilitador.

Juan J. Navarro y Miguel Valero hacen una propuesta más estructurada. Los pasos propuestos son más concretos que en las propuestas anteriores. Destaca como pasos del proceso algunos aspectos que en las otras propuestas aparecen como apartados de un paso más general, como por ejemplo establecer la lista de entregables o elaborar un plan semanal, que BIE incluía de una forma menos concreta en el paso 5. Por otra parte, resaltamos como novedades la incorporación de aspectos de aprendizaje cooperativo y el desarrollo de una guía del proyecto. Esta propuesta incide en establecer el contexto del proyecto y la preparación de los materiales necesarios.

En cuanto a los dos últimos modelos, PennState cubre los mismos aspectos que los modelos anteriores pero agrupándolos en 5 fases más generales. El modelo 3C3R incide en la necesidad del análisis del contexto y de

los contenidos del proyecto (Componentes Centrales), y en la necesidad de guiar a los estudiantes para asegurar su éxito (Componentes de Proceso).

Podríamos definir unas fases generales que tienen en común los métodos revisados y que marcan las líneas generales del proceso de diseño de actividades de ABPt:

1. En primer lugar se aborda el **Desarrollo de la idea del proyecto**, esto incluye el análisis del contexto y la pregunta motriz (puntos 1 y 2 de EDUTOPIA; 1 y 2 de BIE; 1 y 2 de Jonassen; 1, 2 y 3 de Navarro).
2. A continuación se tendría que abordar la **Preparación del soporte** que van a necesitar los estudiantes, incluyendo la previsión de dificultades y la preparación de materiales (pasos 3 de EDUTOPIA; 4 de BIE; 3 y 4 de Jonassen; 6 y 9 de Navarro).
3. Sigue la **Planificación de las actividades** a llevar a cabo en el curso (pasos 4 de EDUTOPIA y 5 de BIE; 4 y 8 de Navarro).
4. Finalizaríamos con la parte de la **Presentación final del proyecto y la evaluación** (pasos 5, 6 y 7 de EDUTOPIA; 3 de BIE; 5 Y 6 de Jonassen; 5 y 11 de Navarro).

Consideramos que los métodos descritos son útiles para guiar al docente en el diseño de actividades basadas en el ABP. Además, en la revisión realizada hemos detectado muchas coincidencias que nos ayudan a identificar los puntos fundamentales a tener en cuenta para el diseño de actividades de ABP. No obstante, pensamos que su puesta en práctica puede presentar algunas dificultades. Excepto la propuesta de Navarro, los métodos describen los pasos de una forma muy general. Indican unas directrices del objetivo de cada paso, pero no reflejan los fundamentos que hay detrás. Muchos docentes del ámbito de la ingeniería, aunque valoran positivamente el ABPt, no cuentan con una formación pedagógica previa y no tienen un bagaje en ABPt. Esto provoca que algunos profesores se puedan encontrar algo perdidos o tomen decisiones erróneas en algunos pasos.

En este trabajo proponemos un método que sigue las mismas fases generales que acabamos de revisar: Desarrollo de la idea de proyecto, Preparación del soporte, Planificación de actividades y Presentación final del proyecto y Evaluación. No obstante, profundizamos en los siguientes aspectos:

- Respaldar cada uno de los pasos con teorías de la formación que orienten al profesor sobre qué es lo que tiene que hacer en cada paso y justificar por qué tiene que hacerlo. Esto daría más seguridad al profesor que se inicia en esta metodología y le guiaría en la utilización de buenas prácticas docentes.
- Incluir el diseño de medidas para favorecer la motivación del estudiante. Consideramos que la motivación es un aspecto fundamental de la enseñanza que no está explícitamente incluido en los métodos descritos.
- Incluir explícitamente el desarrollo de competencias genéricas. Esto permite coordinar el diseño de actividades de ABPt con el método de integración de competencias en el plan de estudios.

2.4 Herramientas de apoyo al diseño de cursos PBL

Badia [90] describe seis tipos de herramientas para dar soporte al ABP en función de quién es el receptor de dicho soporte: (a) los profesores, (b) los estudiantes o (c) los contenidos. Esta clasificación tiene en cuenta además la interrelación entre: (d) profesores y contenidos, (e) profesores y estudiantes y (f) estudiantes y contenidos. Hay muchos trabajos que se centran en dar soporte al estudiante y a los contenidos. Con este enfoque Ellis [91] hace una clasificación de los recursos de acuerdo a las funciones y actividades educacionales para las cuales van a ser usados esos recursos. Además, este trabajo estudia los diferentes patrones de comunicación y evaluación. Cheng [92] analiza las herramientas de comunicación que utilizan los estudiantes en un entorno de ABP distribuido. En el mismo contexto, algunos Sistemas de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System), como la plataforma Moodle, son utilizadas para dar soporte a los contenidos y las actividades de cursos basados en el ABP.

Por otro lado, los estudios que se centran en dar soporte al trabajo del profesor están enfocados a proporcionar guías o recursos educativos, tales como rúbricas, planificadores de proyectos o ejemplos de proyectos, como es el caso de BIE [86].

La herramienta desarrollada en este trabajo pretende dar soporte tanto a profesores como a alumnos. Inicialmente servirá de guía al profesor en el diseño de las actividades docentes, siguiendo el método anteriormente descrito. La aportación más novedosa es que los estudiantes utilizarán esta misma herramienta para desarrollar la actividad que ha diseñado el profesor, sirviendo de "puente" entre ambos. Por su parte, el equipo docente puede especificar el proyecto con el grado de detalle deseado, estando más cerca de un problema *ill-structured* o *well-structured*. A partir de esa especificación los estudiantes arrancarán su implementación.

Capítulo 3

Estudios preliminares

3.1 Introducción

En este capítulo presentamos los trabajos que constituyen los estudios preliminares y sus conclusiones principales. Algunos de ellos se han realizado en colaboración con los miembros del grupo de innovación educativa DMAE-DIA o del grupo de investigación CALEE, en los que ha participado el autor de este trabajo. Las líneas de actuación prioritarias de estos grupos son la evaluación de competencias transversales y el desarrollo de metodologías de aprendizaje activo. Otros estudios han sido llevados a cabo por el autor y forman parte directa de la tesis doctoral.

Estos estudios han tenido dos utilidades. En primer lugar han servido para conocer de primera mano algunos aspectos de los estudiantes de la ETSISI, principalmente relacionados con la adquisición de competencias y su respuesta ante las metodologías de aprendizaje activo. En este sentido hemos comprobado si las conclusiones de otros autores, revisadas en los capítulos 1 y 2, se cumplen también en nuestro contexto. En segundo lugar, hemos obtenido unas conclusiones generales que han sentado las bases para desarrollar los dos métodos propuestos: el de integración de competencias genéricas y el de diseño de actividades basadas en ABPt.

Hemos dividido los estudios en dos grupos. El objetivo general de los cinco estudios que componen el primer grupo es analizar la influencia de las metodologías de aprendizaje activo en el desarrollo de competencias genéricas. En concreto, se llevaron a cabo los siguientes análisis:

- En [93] se estudió la influencia de las metodologías de Aprendizaje Activo en la capacidad de "Organización y planificación del estudio (Estrategias Primarias)".
- En [94] se estudió la influencia del Aprendizaje Cooperativo y el ABPm en el "Trabajo en Equipo" y en la "Organización y planificación del estudio (Estrategias Primarias)". Las dos metodologías se utilizaron de forma combinada en un mismo curso.
- En [95] se estudió la influencia del Aprendizaje Cooperativo y el ABPt en el "Trabajo en Equipo" y en las "Organización y planificación del estudio (Estrategias Primarias)". Cada metodología se utilizó en un grupo distinto y se llevó a cabo una comparativa de los resultados obtenidos en los dos grupos.
- En [96] se estudió la influencia del Aprendizaje Cooperativo y el ABPm en la capacidad para "Resolver Problemas".
- En [97] y [98] se estudió el desarrollo del "Trabajo en equipo" después de aplicar una formación específica y el desarrollo de actividades relacionadas más intensamente con la competencia. Además este estudio incluía un análisis sobre el rendimiento académico y la motivación.

El segundo grupo se compone de tres trabajos en los que se realizaron las primeras experiencias en la aplicación del ABPt. De ellos se obtuvieron conclusiones relacionadas con las dificultades y las necesidades al trabajar con esta metodología. De forma resumida, los trabajos abordaron los siguientes temas:

- En [99] y [100] se elaboró una propuesta para utilizar el Aprendizaje Cooperativo en algunas de las fases de un curso organizado mediante ABPt.
- En [101] se llevó a cabo una comparativa entre el Aprendizaje Cooperatvio y el ABPt en grupos de alumnos de los primeros años. En concreto se comparó el rendimiento académico de los estudiantes, dependiendo de la metodología que había seguido.
- En [102] se analizaron las dificultades encontradas al implementar un proyecto multidisciplinar, siguiendo el ABPt, en un contexto educativo tradicional.

En la tabla 3.1 se incluye un resumen esquemático de estos estudios.

Título	Objetivos	Fecha	Principales Conclusiones	Autoría
Evaluación de competencias genéricas instrumentales en la asignatura de Sistemas Operativos I	Medición de la capacidad de organización y planificación del estudio	2009	Necesidad de programar actividades específicas para las CG	Trabajo del Grupo DMAE
Active Learning and Generic Competences in an Operating Systems Course	Medir la influencia del AC y el ABPm en las competencias de "trabajo en equipo" y "Organización y planificación del estudio"	2010	Se confirman conclusiones de estudios anteriores en cuanto a rendimiento en ABPt Un cuatrimestre es poco tiempo Hace falta formación específica para las CG	Parte del trabajo de la tesis
Measuring the influence of active learning (cooperative learning and project-based learning) in two types of students´generic competences	Comparar la influencia que tiene el AC y el ABPt en las competencias de "trabajo en equipo" y "Organización y planificación del estudio"	2013	Un cuatrimestre es poco tiempo Hace falta formación específica para las CG	Parte del trabajo de la tesis
Measuring the influence of cooperative learning and project based learning on problem solving skill	Medir la influencia que tiene el AC y el ABPt en la competencia de "resolución de problemas"	2011	Un cuatrimestre es poco tiempo Hace falta formación específica para las CG Se deben organizar seminarios para las CG	Parte del trabajo de la tesis
Teamwork, motivational profiles and academic performance in computer science engineering	Estudiar el desarrollo de la capacidad de "trabajo en equipo" después de recibir una formación específica. Analizar distintos aspectos de la motivación de los estudiantes	2014-2015	Correlación entre la motivación y la adquisición de CG Correlación entre algún tipo de motivación y los resultados académicos Importancia de la motivación, hay que dedicar atención a este aspecto al organizar el plan docente y aplicar medidas específicas para mejorarla	Parte del trabajo de la tesis
Cooperative Learning to Support the Lacks of PBL	Utilización del AC en algunas sesiones dentro de un curso organizado mediante ABPt con el fin de superar algunas dificultades de esta metodología	2009	Utilizar otras metodologías docentes para dar soporte al ABPt	Parte del trabajo de la tesis
Cooperative Learning vs. Project Based Learning	Comprobar si estudiantes de los primeros años de carrera obtienen mayor éxito académico al utilizar AC que cuando se aplica ABPt	2010	Alumnos más motivados con ABPt. Coincide con estudios anteriores Hay que estudiar en más detalle la relación entre distintos perfiles motivacionales y los resultados académicos	Trabajo del Grupo DMAE
Applying Problem-Based Project-Organized Learning in a traditional system	Identificar los principales obstáculos que se encuentran en un sistema tradicional al implementar un ABPt multidisciplinar	2011	Se propone la introducción "suave" de las competencias genéricas en el curriculum Se esbozan las ideas generales el plan de integración de competencias genéricas en los planes de estudio que se desarrolló posteriormente	Parte del trabajo de la tesis

Tabla 3.1 Resumen de los estudios preliminares

3.2 Medidas e Instrumentos

Para llevar a cabo los análisis descritos se utilizaron los test que se indican a continuación.

3.2.1 Capacidad de organización y planificación del estudio (Estrategias Primarias).

Para medir esta competencia transversal se utilizó el Diagnóstico Integral del Estudio (DIE-3) [103]. Esta prueba consta de tres escalas, en nuestro caso utilizamos la escala 2 que consta de 12 ítems con tres posibles respuestas y mide la conducta de estudio personal a través de las opiniones de los propios estudiantes. Se evalúa la conducta en las tres fases del estudio: "antes", "durante", "después" además de en otra serie de actividades que inciden en el estudio personal. Las distintas estrategias del estudio personal se evalúan mediante cuatro subescalas: las Estrategias de Apoyo –EA (lugar, motivación, concentración, etc.), en el "antes", las Estrategias Primarias-EP (prelectura, subrayado, esquemas, etc.) en el "durante", las Estrategias de Seguimiento-ES (memoria, repasos, notas, etc.) en el "después" y las Estrategias Complementarias-EC (trabajo en grupo, uso de biblioteca, tomar apuntes en clase, etc.) en las demás actividades complementarias. La prueba permite obtener puntuaciones separadas para cada una de estas Estrategias y una puntuación global de todas ellas, lo cual permite comparar y detectar en qué momento del proceso se observan deficiencias en la conducta de estudio. Cada pregunta define una afirmación relacionada con el comportamiento en el estudio, como por ejemplo, "Realizo esquemas o resúmenes de cada lección o tema". Cada ítem tiene tres posibles respuestas: "Sí" (me sucede siempre o casi siempre), "No" (no me sucede nunca o casi nunca) y "?" (ni Sí ni No, a veces).

3.2.2 Trabajo en Equipo

El Trabajo en Equipo fue evaluado mediante el test Team Work Behaviour Questionnaire (TWBQ) [104]. El comportamiento en el trabajo en equipo se refiere a las actividades del individua que contribuyen al proceso del equipo. El test evalúa tanto el comportamiento interpersonal (resolución de problemas y conflictos, colaboración, comunicación) como la gestión (asumir liderazgo, establecer objetivos, planificar tareas, coordinar a los miembros del grupo). El TWBQ consta de dos partes. En la primera los estudiantes tienen que valorar sus propias habilidades personales, TWBQ (Self). En la segunda valoran las habilidades del grupo, TWBQ (Others). En cada ítem se define una habilidad de trabajo en equipo y los estudiantes tienen que evaluar si su comportamiento es apropiado dentro de una escala Likert de 7 puntos (1= nada en absoluto; 7 = mucho). El test facilita una puntuación a cada una de las dos partes. Aunque el test está basado en la valoración que los estudiantes hacen de sí mismos, el autor afirma que la opinión acerca de su propio comportamiento en el equipo predice la actitud que esa persona va a tener como miembro del grupo.

3.2.3 Resolución de Problemas PSI

El instrumento utilizado para medir la competencia de Resolución de Problemas es el Problem Solving Inventory test (PSI) [105] desarrollado por Heppner. Al igual que el TWQ propone evaluar la precepción de los propios estudiantes sobre sus actitudes frente a la resolución deproblemas. Consiste en 35 ítems que están divididos en tres escalas: Problem-Solving Confidence (CON), Approach-Avoidance Style (AA) and Personal Control (PC). Se pueden analizar las puntuaciones individuals de cada escala o analizar una valoración general de todo el test. En cada ítem, en forma de afirmación, los participantes tienen que evaluar su propia percepción siguiendo una escala Likert de 6 puntos (1 = Absolutamente de acuerdo; 6 = Absolutamente en desacuerdo). De esta forma, las puntuaciones más bajas representan una mejor valoración sobre la actitud para resolver problemas.

3.2.4 Motivación AGQ

La motivación por el logro de objetivos se evaluó mediante el test Achievement Goal Questionnair AGQ [106][107]. El AGQ diferencia cuatro tipos de motivación, agrupados de dos en dos. Por un lado el Mastery (los objetivos se dirigen al desarrollo de las competencias a través de la calidad en la realización de las tareas) y Performance (los objetivos se dirigen hacia la demostración a los demás de las competencias propias). El

primero se corresponderíacon una motivación por aprender y el segundo con una motivación por los resutlados. Por otro lado están el Approach (los objetivos se dirigen a lograr el éxito) y Avoidance (los objetivos se dirigen a evitar el fracaso). De esta manera, se genera un marco de 2 x 2: performance-approach (PeAp), performance-avoidance (PeAv), mastery-approach (MaAp), and mastery-avoidance (MaAv) goals. Para cada tipo de logro se establecen tres ítems en una escala Likert de 7 puntos (1 = no en absoluto para mí, 7 = muy cierto para mí).

3.3 Estudios sobre evaluación de competencias

3.3.1 Primer estudio sobre la evaluación de la capacidad de organización y planificación del estudio

El objetivo de este primer estudio [93] fue medir de una manera objetiva la capacidad que tienen nuestros estudiantes con respecto a la "capacidad de organización y planificación del estudio". Este trabajo se llevó a cabo en colaboración con dos profesoras del Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid.

El estudio se realizó en el curso 2006/2007 con 188 estudiantes de la asignatura de Sistemas Operativos I (SOI) distribuidos en 4 grupos. Era una asignatura obligatoria impartida en segundo curso de la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas de la Escuela Universitaria de Informática de Madrid.

En cuanto a la metodología empleada, se combinaron clases magistrales con otras técnicas de aprendizaje activo, en concreto, realización de trabajos en equipo y exposiciones orales y aprendizaje cooperativo (AC). Ésta última técnica se utilizó para impartir los créditos prácticos basándose en la técnica de *jigsaw* [108] [109], con bastante aceptación por parte de los alumnos. Aparte de estas actividades evaluables, se realizaron los tests individuales al finalizar cada tema y se aplicó un examen final obligatorio compuesto de un test y dos problemas.

En el estudio se analizaron tanto el rendimiento académico como la "capacidad de organización y planificación del estudio". Para el desarrollo de esta tesis nos centramos en este segundo aspecto. Para evaluar esta competencia transversal se utilizó el mencionado test Diagnóstico Integral del Estudio (DIE-3). En concreto, se examina el efecto que presenta el aprendizaje activo sobre la adquisición de la competencia genérica. Este análisis se realiza comparando la media obtenida antes y después de la aplicación de los métodos de aprendizaje activo, para lo cual se usó el test t-Student para medidas relacionadas.

Se compararon las medias de las cuatro subescalas del DIE-3 así como la puntuación global de la escala 2. No se observaron diferencias significativas en ninguna de ellas entre el "antes" y el "después" de la aplicación de las metodologías de aprendizaje activo. Con estos resultados se cuestionaba la utilidad de estas metodologías para el desarrollo de la competencia genérica analizada. Este estudio concluía que la posible causa de estos resultados fue la forma en que se había aplicado el aprendizaje activo: "*Las tareas que se les ha pedido a los alumnos han sido siempre muy concretas y dirigidas, a desarrollar en dos o tres días, lo que no promueve o requiere por parte del alumno una planificación detallada a largo plazo ni un intenso trabajo en grupo*" (p.3).

Como trabajos futuros se indicaba que "*en cursos próximos debería planificarse tareas que requieran por parte del alumno y de su grupo un trabajo más autónomo que le obligara necesariamente a poner en práctica estrategias de estudio y planificación. Además, dicho proceso debería controlarse periódicamente asistiendo, por ejemplo, a las tutorías semanales*" (p.3).

La principal conclusión que obtuvimos para el trabajo desarrollado en esta tesis fue la necesidad de programar actividades específicas para que los estudiantes pongan en práctica la competencia genérica y así obtener mejoras significativas. Aplicar únicamente ciertas metodologías docentes no parece ser suficiente para desarrollar la competencia.

3.3.2 Estudios sobre la influencia de las metodologías de aprendizaje activo en el desarrollo de competencias

Apoyándonos en los resultados descritos en la primera experiencia se llevaron a cabo dos estudios para medir el desarrollo de dos competencias: capacidad de "trabajo en equipo" y de "organización y planificación del estudio". Teniendo en cuenta las conclusiones del estudio anterior se programaron actividades que requiriesen un mayor trabajo autónomo por parte de los estudiantes. En particular se utilizaron las metodologías de Aprendizaje Cooperativo, ABPm y ABPt.

Utilización de AC y ABPm de una forma combinada en un mismo curso. Influencia en la capacidad de trabajo en equipo y en la organización y planificación del estudio

El primer estudio [94] presenta la experiencia de aplicar el AC y el ABPm de forma combinada en un mismo curso de la asignatura de Sistemas Operativos. El objetivo del estudio es evaluar el efecto que tienen estas metodologías en: 1) el rendimiento académico y 2) el desarrollo de las competencias genéricas de "trabajo en equipo" y "organización y planificación del estudio". En concreto el estudio formula dos hipótesis:

> *Hipótesis 1*. El éxito académico alcanzado por los estudiantes que han seguido las metodologías de aprendizaje activo, como AC y APBm, es significativamente mayor que el alcanzado por los estudiantes que han seguido el método de clase tradicional.
>
> *Hipótesis 2*. Cuando se aplican métodos de aprendizaje activo (AC y ABPm) los estudiantes muestran una mejora en las competencias genéricas relacionadas con los hábitos de estudio ("organización y planificación del estudio") y el "trabajo en equipo".

Para el desarrollo de esta tesis nos centramos en la hipótesis 2.

Procedimiento

El estudio se lleva a cabo en el curso 2007/2008. Al igual que el estudio anterior, se lleva a cabo con estudiantes de la asignatura de Sistemas Operativos I (SOI), asignatura obligatoria impartida en el tercer trimestre de la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas de la Escuela Universitaria de Informática de Madrid. Del total de 316 estudiantes matriculados en la asignatura, 159 estudiantes divididos en 4 grupos recibieron las clases que seguían las metodologías de aprendizaje activo (AC y ABPm). Los 157 restantes cursaron la asignatura mediante clases tradicionales.

En los grupos de aprendizaje activo, los dos primeros temas se impartieron siguiendo la metodología de AC, mientras que los otros 3 temas siguieron un ABPm. El curso se desarrolla durante 15 semanas, con 2 horas de aula y 2 de laboratorio. Además de las horas presenciales los estudiantes tienen que emplear 80 horas de trabajo individual y en grupo para el estudio y la resolución de los problemas planteados por el profesor.

Se analizaron tres tipos de medidas: los resultados académicos de las pruebas teóricas, los tests psicométricos para las competencias genéricas y una encuesta de opinión cumplimentada por los estudiantes. Para esta tesis nos centramos en el anáisis de las dos competencias genéricas, para las cuales se utilizaron los test: Diagnóstico Integral del Estudio (DIE-3) y Team Work Behaviour Questionnaire (TWBQ), anteriormente descritos.

Resultados

Con el fin de evaluar la hipótesis 2 se tomaron medidas con los dos test, DIE-3 y TWQ, en dos ocasiones: al inicio y al final del cuatrimestre. Es decir, antes y después de utilizar las metodologías de aprendizaje activo. La tabla 3.2 muestra las medias y desviaciones estándar obtenidas. Con respecto al DIE-3, no se obtuvieron diferencias significativas entre el inicio (13.41) y el final del curso (13.51) ($t\,[78] = -.277$, $p=0.782$).

En la valoración de la capacidad de trabajo en equipo que los estudiantes hacen sobre sí mismos, TWBQ (Self), se observa un incremento al final del cuatrimestre (56.34) con respecto al inicio (54.65). Sin embargo, esta diferencia no se puede considerar significativa ($t\,[78] = -1.201$, $p = 0.233$). Sí se encuentra diferencia significativa en la valoración que los estudiantes hacen de sus compañeros de equipo, TWBQ (Others), siendo

la media al inicio de (51.55) y al final de (56.78), con un intervalo de confianza del 95% (t [76] = -3.220, p =0.002).

Tabla 3.2. Media y Desviación estándar al inicio y final del cuatrimestre

Competencias Genéricas	Inicio Media (DS)	Final Media (DS)
DIE-3 (Hábitos de estdudio)	13.41 (3.719)	13.51 (4.260)
TWBQ (Self)	54.65 (12.501)	56.34 (13.566)
TWBQ (Others)	51.55 (11.085)	56.78 (11.657)

Adicionalmente comparamos la valoración que hacen los alumnos de sí mismos y de los otros compañeros de equipo, es decir, la diferencia entre TWBQ (Self) y TWBQ (Others). En este caso observamos una diferencia significativa al inicio (t [93] = -3.170, p = 0.002), pero esta diferencia desaparece al final del cuatrimestre (t [91] = -.092, p = 0.927).

Conclusiones

Aunque no es objeto de esta tesis, cabe mencionar que una de las conclusiones fue que las metodologías de aprendizaje activo mejoraban los resultados académicos. En lo que respecta a la competencia de "trabajo en equipo", las metodologías parecen mejorar la percepción que los estudiantes tienen de sus compañeros, pero no la percepción que tienen de sí mismos. Por otro lado, el aprendizaje activo no produce ningún cambio significativo en la capacidad de "organización y planificación del estudio".

El estudio concluye explicando las posibles razones de estos resultados: "*First, a semester may be a very short time between the measures before and after using the methodologies. Second, it is possible that the methodologies alone do not improve the generic competences that we studied. We conclude that students need some specific preparation on "study techniques" and "team work" before using them for active learning methodologies*" (p. 7).

La propuesta para los próximos años es valorar la posibilidad de incluir seminarios que guían a los estudiantes en el desarrollo de las competencias genéricas. Adicionalmente, se deberían planificar medidas de las competencias genéricas para valorar el progreso de los estudiantes en periodos más largos de tiempo, incluso varios años.

Comparación de la influencia del AC y el ABPt en el desarrollo de la capacidad de trabajo en equipo y en la organización y planificación del estudio

En [95] se vuelven a analizar las competencias de "trabajo en equipo" y "organización y planificación del estudio" mediante los tests DIE-3 y TWQ. Sin embargo, en esta ocasión se utilizó cada una de las dos metodologías (AC y ABPt) a grupos distintos de una misma asignatura, de forma que permitiese comparar los resultados de cada una de ellas. Al igual que en el estudio anterior los estudiantes cumplimentaron los tests al inicio y al final del cuatrimestre.

La hipótesis de trabajo es que la mejora alcanzada por los estudiantes en las competencias genéricas es mayor en el caso en el que se ha utilizado el ABPt (con problemas ill-structured y trabajo autónomo) que en los casos en los que se ha aplicado el AC y las clases tradicionales (trabajo más dirigido).

Procedimiento

Este trabajo se llevó a cabo en la Universidad Politécnica de Madrid durante el curso académica 2008-2009 en las asignaturas de Sistemas Operativos I de las titulaciones de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas (OSIS) y de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión (OSIM). La asignatura se imparte de forma equivalente en ambas titulaciones, con los mismos créditos, el mismo temario y los mismos objetivos. Los profesores a cargo de las asignaturas tienen una larga experiencia en la materia y en la aplicación de las metodologías de aprendizaje activo.

El grupo OSIM se impartió aplicando ABPt a un grupo de 30 estudiantes, mientras que OSIS se impartió mediante AC a un grupo de 130 estudiantes divididos en dos grupos. Lamentablemente, solo se pudieron recoger 15 tests válidos en OSIM y 55 en OSIS.

En la asignatura de OSIM las tareas que constituían el proyecto se llevaron a cabo en grupos de 4 ó 5 alumnos. El proyecto tenía como objetivo hacer una comparación entre los sistemas operativos Windows XP y Linux lo largo del curso, en relación con los aspectos incluidos en el programa de la asignatura. Al final del período, los estudiantes deberían ser capaces de explicar una serie de diferencias esenciales y similitudes entre los sistemas operativos, tanto en sus interfaces, aplicación y rendimiento. El proyecto se dividió en 4 tareas. Cada grupo abordaba un tema (topic) diferente en cada una de las tareas, siempre relacionados con los contenidos del programa. El profesor sugería una serie de temas, sin embargo, cualquier grupo podía trabajar en otro tema sugerido por ellos mismos, lo que tenía que ser acordado previamente con el profesor. El desarrollo de cada tema constaba de tres fases. En primer lugar, los estudiantes llevaban a cabo una búsqueda y estudio de la información. A continuación, tenían que diseñar un experimento enfocado a la comparativa entre Linux y Windows XP. Finalmente, presentaban un informe con todo el trabajo llevado a cabo, incluyendo los resultados obtenidos en el experimento, y hacían una presentación oral. Al final del cuatrimestre, se establecía un debate centrado en todos los proyectos desarrollados por los estudiantes con el fin de responder a una serie de preguntas abiertas: ¿son Linux y Windows XP en realidad tan diferente? ¿Hay alguna diferencia significativa en cuanto a su rendimiento? ¿Alguno de los sistemas operativos ofrecen más ventajas desde el punto de vista de la programación?

Por otro lado, en las quince sesiones de OSIS se utilizó el AC. Al inicio del curso, se formaron grupos permanentes de cuatro estudiantes (grupos base). Siguiendo la dinámica del AC, cada miembro de un grupo tenía que convertirse en experto en algunos conceptos básicos del tema durante cada sesión. De esta forma, el trabajo que los estudiantes tenían que realizar fuera del aula dependía del tipo de experto. Había cuatro tipos de tareas, una dirigida a cada experto. Cada tarea se estructuraba en tres partes: la primera describía los objetivos y las habilidades de aprendizaje que deben adquirirse con la tarea; la segunda indicaba la información que se debía estudiar y en la tercera parte debería resolver los problemas básicos, el desarrollo de un programa simple o responder a algunas preguntas. Tanto para la segunda como para la tercera parte se les dio una cantidad específica de tiempo para llevarla a cabo. La tarea tenía que ser entregada al profesor al inicio de la sesión en el aula. A lo largo de cada sesión en aula se puso en práctica el método de AC y todos los grupos base tenían que resolver un problema que requería el conocimiento de los cuatro expertos. Al final de la sesión había una discusión global sobre las dificultades encontradas y las diferentes maneras de resolver los problemas.

Análisis de datos

En el estudio se utiliza el test de Shapiro-Wilk para determinar si los datos siguen una distribución normal y el test de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre ambos grupos, OSIM and OSIS. Inicialmente se compararon el estado inicial de ambas asignaturas mediante el test t-Student con m+n-2 grados de libertad para decidir si se podía aceptar la igualdad de medias. A continuación se utilizó el test t con variables relacionadas para analizar las diferencias entre el “antes” y el “después” de aplicar las dos metodologías. Finalmente, se llevó a cabo el estudio del tamaño del efecto para determinar cómo es de grande la diferencia de medias entre ambas poblaciones.

Resultados. Análisis del “trabajo en equipo”

La tabla 3.3 muestra los datos exploratorios del Team Work Behaviour Questionnaire. Las columnas muestran los resultados obtenidos para cada uno de los grupos, OSIS donde se utilizó AC y OSIM donde se siguió el ABPt. Para cada uno de los grupos se indica los resultados obtenidos al inicio y al final del cuatrimestre.

Para comprobar si ambos grupos siguen la distribución normal se utiliza en test de Shapiro–Wilk. El p-valor obtenido en 3 de las 4 variables es mayor que el valor alpha (0.05). Respecto a la TWBQ (Self) inicio, aunque el p-valor está por debajo del nivel alpha en el grupo OSIM, consideramos que está muy próximo al límite. Por lo tanto, no rechazamos la hipótesis nula de que los datos siguen la distribución normal.

Tabla 3.3. Media y Desviación estándar del trabajo en equipo

Test de Trabajo en Equipo	OSIS (AC) N= 55		OSIM (ABPt) N = 15	
	Inicio	Final	Inicio	Final
	Means (SD) Min. and max.	Means (SD) Min. and max.	Means (SD) Min. and max.	Means (SD) Min. and max.
TWBQ (Self)	4.86 (0.810) Min. 2.58 Max. 6.42	4.61 (0.968) Min. 2.33 Max. 6.33	4.98 (1.095) Min. 2.25 Max. 6.08	5.14 (1.17) Min. 2.75 Max. 6.92
TWBQ (Others)	4.55 (0.897) Min. 2.42 Max. 6.33	4.71 (0.895) Min. 3.08 Max. 6.83	4.51 (0.864) Min. 2.75 Max. 5.75	4.71 (1.322) Min. 2.08 Max. 7.00

Tabla 3.4. Test de Shapiro-Wilk

	OSIS			OSIM		
	Statistic	Df	P-value	Statistic	Df	P-value
TWBQ (Self) inicio	0.976	55	0.326	0.881	15	0.049
TWBQ (Others) inicio	0.985	55	0.737	0.931	15	0.281
TWBQ (Self) final	0.972	55	0.220	0.944	15	0.429
TWBQ (Others) final	0.964	55	0.098	0.975	15	0.919

A continuación analizamos la diferencia existente en la situación inicial de ambos grupos. Para ello aplicamos la t de student para comprobar la hipótesis nula de igualdad de medias entre las variables TWBQ (Self)-inicio y TWBQ (Others)-inicio de ambos grupos. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos. EL p-valor es mayor que 0.05 en ambos casos por lo que no se rechaza la hipótesis nula. Previamente, el test de Leven confirma la homogeneidad de varianzas, al obtener un p-valor mayor que 0.05 en ambos casos.

Tabla 3.5. t-student para comparar las medias iniciales de los grupos OSIS and OSIM

Trabajo en equipo	Levene test		T-student test						
	F	P-value	T	Df	P-value	Difference of means	Standard error	95% Conficence interval	
								Upper	Lower
TWBQ (Self) inicio	2.085	0.153	-0.481	68	0.632	-0.12273	0.25538	-0.63233	0.38687
TWBQ (Others) final	0.023	0.879	0.154	68	0.878	0.03990	0.25924	-0.47740	0.55720

Para comprobar la primera parte de la hipótesis inicial, el efecto del aprendizaje activo en el "trabajo en equipo", se lleva a cabo una comparación de medias para muestras relacionadas mediante el test t-student. Este test se aplica individualmente a los dos grupos OSIS (con AC) y OSIM (con ABPt) para comparar en cada uno de ellos los valores obtenidos al inicio y al final del cuatrimestre con el test TWQ. Las tablas 3.6 y 3.7 muestran los resultados obtenidos. En el grupo OSIS no se encuentran diferencias significativas al comparar las variables TWBQ (Self)-inicio con TWBQ (Self)-final, ni al comparar TWBQ (Others)-inicio con TWBQ (Others)-final ($t = 1.8433$, $p = 0.071$; y $t = -1.099$, $p = 0.277$). Resultados similares se obtuvieron para el grupo OSIM en el caso de TWBQ(Self) ($t = -0.730$, $p = 0.477$) y TWBQ(Others) ($t = -0.708$, $p = 0.491$).

Tabla 3.6. T-student de muestras relacionadas para el grupo OSIS

OSIS	Paired differences					T-student test		
	Means	Standard deviation	Standard error	95% Conficence interval		T	Df	P-value
				Upper	Lower			
TWBQ (Self) before – TWBQ (Self) after	0.24752	0.99598	0.13430	-0.02173	0.51677	1.843	54	0.071
TWBQ (Others) before – TWBQ (Others) after	-0.16061	1.08413	0.14618	-0.45369	0.13248	-1.099	54	0.277

Tabla 3.7. T-student de muestras relacionadas para el grupo OSIM

OSIM	Paired differences					T-student test		
	Means	Standard deviation	Standard error	95% Conficence interval		T	Df	P-value
				Upper	Lower			
TWBQ (Self) before – TWBQ (Self) after	-0.15556	0.82488	0.21298	-0.61236	0.30125	-0.730	14	0.477
TWBQ (Others) before – TWBQ (Others) after	-0.19697	1.07798	0.27833	-0.79394	0.40000	-0.708	14	0.491

Resultados. Análisis del test DIE

La tabla 3.8 muestra un análisis exploratorio de los resultados del test DIE-3. Las columnas muestran las medias y las desviaciones estándar del inicio y el final para cada uno de los dos grupos, OSIS y OSIM. En [110] se proporcionan datos acerca de los estudiantes españoles pertenecientes a tercer curso de universidad. Entre estos datos resaltamos que el percentil 50 es 15 y el percentil 40 es 14. Con estos datos comprobamos que nuestros estudiantes están situados un poco por debajo del percentil 50.

Tabla 3.8. Media y Desviación estándar del test DIE-3

DIE-3	**OSIS (AC) N= 55**		**OSIM (ABPt) N = 15**	
	Inicio	**Final**	**Inicio**	**Final**
	Means (SD)	**Means (SD)**	**Means (SD)**	**Means (SD)**
DIE	14.98 (3.567)	14.77 (5.433)	14.27 (4.217)	14.8 (4.23)

El test de Shapiro-Wilk confirma que ambas medidas del DIE-3 (al inicio y al final) siguen una distribución normal en el grupo OSIM (W=0.938 al inicio y W=0.941 al final, p=0.359 al inicio y p=0.393al final). Sin embargo, en el grupo OSIS el estadístico W es 0.967 (al inicio) y 0.916 (al final) y el p-valor es 0.151 (al inicio) y 0.001 (al final). Por lo tanto, rechazamos la hipótesis de que los datos siguen una distribución normal en el segundo caso. Por su parte, el test de Levene muestra que no hay diferencia de varianzas al inicio del cuatrimestre entre ambos grupos (F=0.639, p-value=0.427) y el test t-student determinó que no hay diferencias significativas entre las medias (t=0.644, p-value=0.521). Finalmente, ni en OSIM ni en OSIS se detectaron diferencias significativas al comparar los resultados del inicio y el final del test DIE-3.

Análisis del tamaño del efecto

Aunque los resultados de la t-student muestran que no hay diferencias significativas entre las medias de ambos grupos (OSIM y OSIS), ni entre las variables TWBQ (self) y TWBQ (others), hemos considerado interesante calcular el tamaño del efecto. El reducido tamaño de la muestra hace más difícil obtener diferencias significativas.

Ambas muestras se pueden modelar con una distribución normal, tienen igualdad de varianzas, distinto tamaño de población y el programa estadístico empleado trabaja con la cuasi-varianza. Por ello hemos utilizado la fórmula propuesta por Hedges [111]

$$g = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma} \qquad \text{donde } \sigma = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)\sigma^2_{n-1(1)} + (N_2 - 1)\sigma^2_{n-1(2)}}{N_1 + N_2 - 2}}$$

La tabla 3.9 muestra el tamaño del efecto entre los dos grupos, considerando que OSIM es la muestra 1 y OSIS es la muestra 2. Se muestran los resultados obtenidos al inicio y al final de cuatrimestre. Se observa un valor significativo, aunque moderado, en TWBQ (self) al final del cuatrimestre. Podemos deducir que al final del cuatrimestre un estudiante medio de OSIM tiene una valoración de su propia capacidad de trabajo en equipo que está por encima del 69% de los estudiantes del grupo OSIS.

Tabla 3.9. Tamaño del efecto entre ambos grupos

	Inicio	Final
TWBQ (self)	0.14	0.52
TWBQ (others)	-0.04	0.0

Se ha calculado además el efecto del tamaño dentro de cada grupo, considerando el inicio y el final del cuatrimestre. La tabla 3.10 muestra los resultados de las variables TWBQ(self) y TWBQ (others) para cada uno de los grupos. La fórmula empleada es

$$d = \frac{\overline{X}_{post\text{ - }test} - \overline{X}_{pre\text{ - }test}}{\sigma_{post\text{ - }test}}$$

ya que se trata de muestras relacionadas sin grupo de control. Podemos observar que el tamaño del efecto no es significativo.

Tabla 3.10. Tamaño del efecto dentro de cada grupo

	OSIS	OSIM
TWBQ (self)	-0.26	0.14
TWBQ (others)	0.18	0.15

Considerando el valor de g=0.52 de la tabla 3.9 para la variable TWBQ (self) después del cuatrimestre, se calculó la potencia estadística para este caso. La potencia de un test estadístico es la probabilidad de que la hipótesis nula sea rechazada siendo realmente falsa. Cohen [112] lo define como: "T*he statistical power of significance test is the probability, given the long-term to population is, α and N of rejecting H0*". Para casos prácticos, la potencia se calcula como 1 –β, donde β es el valor del error tipo II. Para calcular la potencia se utiliza la herramienta G*Power 3.1 [113]. En la figura 3.1 se muestran los datos de entrada.

[9] -- *Tuesday, March 13, 2012 -- 13:08:56*

t tests - Means: Difference between two independent means (two groups)

Analysis:	Post hoc: Compute achieved power		
Input:	Tail(s)	=	One
	Effect size d	=	0.52
	α err prob	=	0.05
	Sample size group 1	=	55
	Sample size group 2	=	15
Output:	Noncentrality parameter δ	=	1.7851771
	Critical t	=	1.6675723
	Df	=	68
	Power (1-β err prob)	=	0.5487575

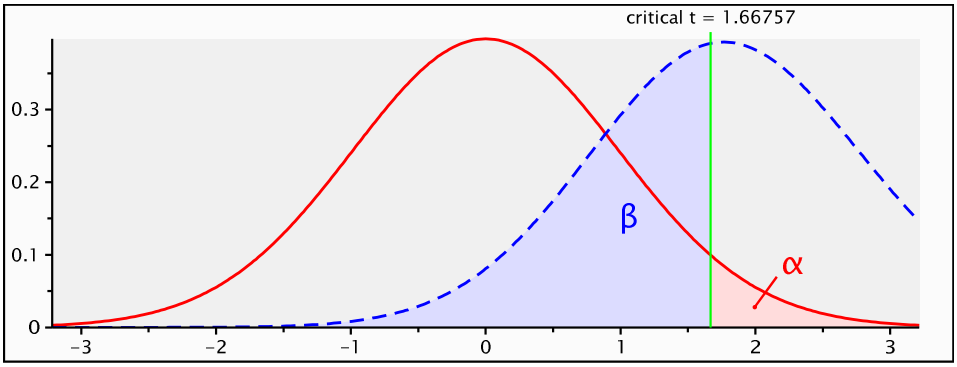

Figura 3.1. G*Power

Estos resultados muestran que la potencia obtenida (0.5487575) está muy por debajo de 0.80, que es el valor mínimo recomendado. Estos datos indican que posiblemente la muestra sea muy pequeña. La figura 3.2 muestra la potencia obtenida dependiendo del tamaño de la muestra, suponiendo que el resto de parámetros es constante).

Con los resultados obtenidos con el test de t-student y los valores del tamaño del efecto indicados en la tabla 3.9 no podemos rechazar la aleatoriedad y podemos aceptar la hipótesis nula. Sin embargo, el valor de 0.52 obtenido para la variable TWBQ (self, final) permite aceptar la hipótesis alternativa que debería ser validada

con una muestra mayor. Obtenemos la misma conclusión para la potencia estadística. De acuerdo a la figura 3.2, necesitaríamos una muestra de 140 sujetos para obtener una potencia del 0.80, el doble de los utilizados para este estudio.

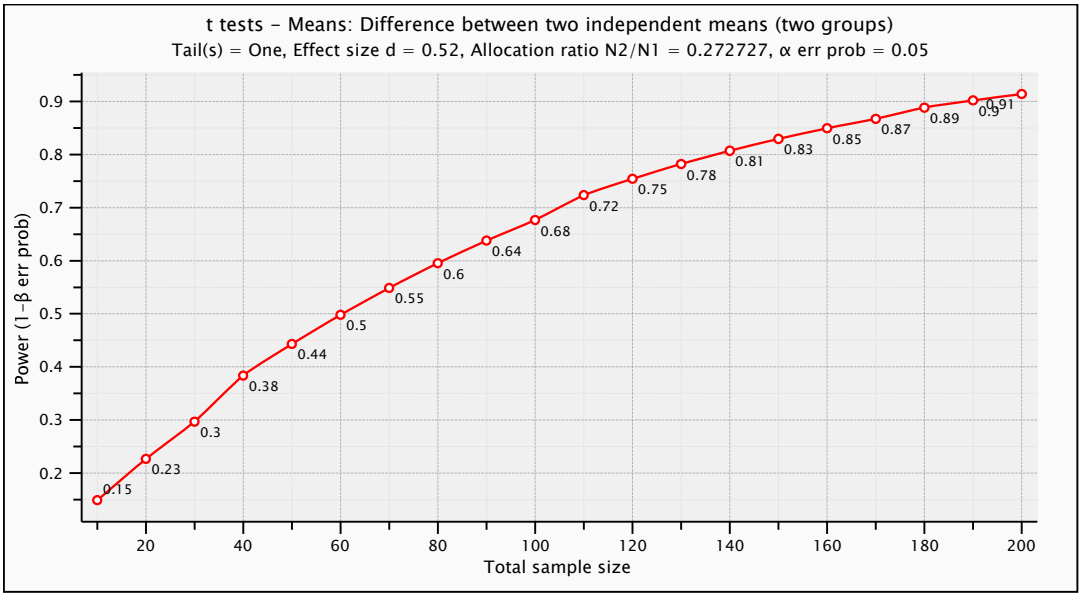

Figura 3.2. Potencia estadística dependiendo del tamaño de la muestra

Conclusiones

El estudio concluye que la utilización de las dos metodologías no produce un progreso importante en las competencias genéricas estudiadas. Tampoco se observan diferencias significativas entre las dos metodologías. Estos resultados contradicen algunos de los trabajos revisados en el capítulo 1.

En este trabajo no cuestionamos la validez de los tests empleados y encontramos dos posibles razones que explican los resultados. En primer lugar, un cuatrimestre puede ser un periodo de tiempo muy corto para observar progresos importantes en las competencias analizadas. En segundo lugar, es posible que el mero hecho de utilizar las metodologías no sea suficiente para desarrollar las competencias genéricas. En este sentido, los estudiantes necesitan algún tipo de formación específica en "técnicas de estudio" y "trabajo en equipo" antes de ponerlas en práctica en el aprendizaje activo. Por último, el reducido tamaño de la muestra puede haber influenciado en los resultados.

Como trabajos futuros se propone planificar seminarios al inicio del semestre para que los estudiantes reciban formación específica de las competencias que van a trabajar durante el curso. Así mismo, se sugiere desarrollar las competencias durante periodos más largos que un cuatrimestre y realizar las correspondientes mediciones al inicio y final de dicho periodo.

Como limitaciones de este estudio, cabe señalar el reducido tamaño de la muestra, tal y como se ha discutido anteriormente y la falta de un grupo de control en el que se aplicarían las clases magistrales tradicionales. Esto permitiría estudiar las diferencias significativas con el uso de las metodologías de aprendizaje activo.

Comparación de la influencia del AC y el ABPt en el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas

En [96] se lleva a cabo un experimento muy similar al presentado en la sección anterior pero analizando el desarrollo de la competencia de "resolución de problemas". Al igual que en el estudio anterior se impartió un grupo con la metodología de AC y otro mediante ABPt. El trabajo realizado por los estudiante en el AC es más dirigido por el profesor y tienen que enfrentarse a problemas *well-defined*, mientras que en ABPt se enfrentan de una forma más autónoma con problemas *ill-structured*.

El objetivo del estudio es evaluar el efecto que tienen estas dos metodologías en el desarrollo de la competencia de resolución de problemas. En concreto se formulan dos hipótesis:

> Hipótesis 1: "La mejoría alcanzada por los estudiantes en la capacidad de resolución de problemas es mayor cuando se utiliza el ABPt (con problemas *ill-structured* y trabajo autónomo) que en los casos en los que se utiliza AC (con un trabajo del alumno más dirigido)"
>
> Hipótesis 2: "Los estudiantes con mayor nivel en la competencia de resolución de problemas obtienen mejores resultados en el rendimiento académico".

Procedimiento

Al igual que en la experiencia anterior las dos metodologías se aplicaron en dos grupos de la asignatura de Sistemas Operativos. En este caso el ABPt se utilizó en un grupo de 40 alumnos de la Ingeniería Técnica Informática durante el segundo cuatrimestre del curso 2010 (OS-PBL). El AC se utilizó en el primer cuatrimestre de 2011 para impartir la asignatura equivalente en la titulación de Grado en Ingeniería de Computadores a un grupo de 19 estudiantes (OS-CL). En ambos grupos se impartió el mismo temario, con los mismos objetivos, compartiendo el mismo material docente, trabajando en grupos de 4 estudiantes y con las mismas horas lectivas.

Las metodologías de ABPt y AC se utilizaron de la misma forma que la descrita en el trabajo anterior. Mientras que para medir la competencia de "resolución de problemas" se utilizó en test Problem Solving Inventory (PSI) [105], descrito en el aparatado 2.

Análisis de datos

Para evaluar la primera hipótesis, el efecto del AC y del ABPt en la competencia de resolución de problemas, se comparan las medias obtenidas al inicio y al final con el test PSI. Esta comparación se llevó a cabo individualmente para cada uno de los dos grupos: OS-CL y OS_PBL. El test de Kolmogorov-Smirnov se utiliza para confirmar que las muestras siguen una distribución normal y el test t-Student, con un nivel de confianza del 95% para decidir si se debe considerar la igualdad de medias entre las muestras del inicio y el final del cuatrimestre.

La segunda hipótesis fue evaluada mediante el estudio de la correlación entre los resultados del test PSI y las notas obtenidas en las pruebas escritas individuales. Se utilizó el Coeficiente de Correlación de Pearson con un nivel de confianza del 95%. En concreto, se analizó la correlación entre los resultados del test PSI y las notas obtenidas en cuatro pruebas escritas individuales: MT (nota media de los tests). MQ (nota media de cuestionario teórico), MP (nota media en resolución de problemas) y MI (nota media total individual).

Resultados

La tabla 3.11 muestra la media y la desviación estándar de cada una de las escalas del test PSI. Todas las muestras siguen una distribución normal. Para evaluar la hipótesis 1 se comparan los valores del inicio y final del PSI mediante el test t-Student para muestras relacionadas con un nivel de confianza del 95%.

Table 3.11. Media y desviación estándar del test PSI

Resolución de Problemas	**OS-CL**		**OS-PBL**	
	inicio	**final**	**inicio**	**final**
	Mean (SD)	**Mean (SD)**	**Mean (SD)**	**Mean (SD)**
Approach-Avoidance Style (AA)	48.63 (8.831)	45.19 (8.248)	45.81 (10.381)	45.57 (10.433)
Problem-Solving Confidence (CON)	27.19 (7.432)	28.56 (6.572)	25.24 (8.197)	26.67 (10.012)
Personal Control (PC)	15.94 (3.021)	15.81 (3.311)	14.43 (4.411)	15.19 (4.106)
Total PSI score (PSI)	91.63 (16.633)	89.56 (15.077)	85.38 (20.250)	87.43 (23.329)

En ninguno de los dos grupos se obtuvieron diferencias significativas entre el inicio y el final. En el caso de OS-CL se obtiene t [15] = 1.226 y p=0.243, mientras que en OS-PBL los resultados son t[33] = -0.156 y p=0.877. Si analizamos las subescalas individualmente, el único caso en el que se obtienen diferencias significativas es la escala AA en el grupo OS-CL (t [15] = 2.539, p=0.023). Las demás escalas del grupo OS-CL y todas las escalas del grupo OS-PBL obtuvieron valores de p altos.

En cuanto a la hipótesis 2, la tabla 3.12 muestra el coeficiente de Pearson y el nivel de confianza para cada correlación de variables. Las correlaciones significativas se indican con un asterisco: (*) si el nivel de confianza es 0.05 y (**) si el nivel es 0.01. Tal y como hemos explicado anteriormente, valores bajos representan valoraciones positivas de las habilidades para resolver problemas. Por lo tanto, hay que destacar las correlaciones negativas, ya que indican que cuanto mayor es la valoración que los estudiantes tienen de su habilidad para resolver problemas mejores calificaciones individuales obtienen.

Aunque la correlación más fuerte se ha obtenido entre la variable PC y las notas individuales del grupo OS-CL, la única escala que muestra correlación con las notas individuales de los dos cursos es Problem-Solving Confidence (CON). En particular, tiene correlación con la nota global individual (MI) con un nivel de confianza de 0.05. si comparamos ambos cursos, observamos una correlación más fuerte en OS-CL.

Tabla 3.12. Coeficiente de correlación de Pearson entre PSI y las calificaciones individuales

	OS-CL				OS-PBL			
	MI	**MT**	**MQ**	**MP**	**MI**	**MT**	**MQ**	**MP**
Approach-Avoidance Style (AA)	-,410 ,057	-,509(*) ,022	-,390 ,068	,082 ,382	,184 ,149	,178 ,157	-,007 ,485	,166 ,174
Problem-Solving Confidence (CON)	-,479(*) ,030	-,399 ,063	-,410 ,057	-,223 ,204	-,347(*) ,022	,027 ,440	-,385(*) ,012	-,440(**) ,005
Personal Control (PC)	-,601(**) ,007	-,349 ,092	-,729(**) ,001	-,217 ,210	,112 ,265	,402 ,009	-,157 ,188	-,083 ,321
Total PSI score (PSI)	-,553(*) ,013	-,524(*) ,019	-,536(*) ,016	-,094 ,365	,014 ,468	,229 ,096	-,192 ,138	-,083 ,321

Discusión de resultados

En lo que respecta a la primera hipótesis, el estudio concluye que la utilización de AC y de ABPt no supone una mejoría significativa en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas cuando se mide al inicio y final del cuatrimestre en el que se ha utilizado la metodología. Estos resultados contradicen las conclusiones de estudios anteriores revisados en el capítulo 1.

El test PSI ha sido validado por diferentes estudios [105][114]. Los resultados negativos obtenidos en este estudio se pueden explicar por dos razones. Una vez más, un cuatrimestre resulta un tiempo muy corto para obtener resultados significativos en la mejoría de la competencia.

En segundo lugar, puede ser que el uso de las metodologías por sí solo no sea suficiente para mejorar la competencia. Pensamos que los estudiantes necesitan una formación específica y más extensa sobre "resolución de problemas" para luego aplicarlo junto a las metodologías. En próximos cursos, se propone incluir seminarios para guiar a los estudiantes en el desarrollo de competencias genéricas. Además, se programarán mediciones de la competencia para observar el progreso de los estudiantes durante periodos más largos de varios cursos. Finalmente, resaltamos la conveniencia de tener un grupo de control basado en clases magistrales tradicionales, de tal forma que se puedan estudiar las diferencias significativas con las metodologías de aprendizaje activo.

En el análisis de la segunda hipótesis observamos algunas correlaciones entre la autovaloración de la capacidad para resolver problemas y las calificaciones individuales. Más concretamente, la escala Problem-Solving Confidence (CON) produce correlación en ambos cursos, por lo que parece las más fiable. La baja correlación obtenida en la escala Approach-Avoidance (AA) se podría explicar por el tipo de problemas resueltos individualmente por los estudiantes en los exámenes escritos individuales. Estos problemas son en general, cortos y *well-structured*, de forma que no requieren una estrategia importante para resolverlos.

En este estudio concluíamos con la siguiente afirmación: "*In future years we find greatly important the integration of a general competences training in current curricula. The proposal will consist in developing a map which distributes general competences among semesters in a balanced way. The subjects which constitute a semester will imply some practical credits so that the general competences selected for this semester could be taught. Then, subjects will foster the use of these skills and they will require that students show enough ability related to these skills according to the training they have received. The first terms will deal with basic competences, 'teamwork', 'problem solving', 'written expression' or 'time management' among them. Further terms will tackle more advanced competences*". Hay que hacer notar que estas son las ideas básicas sobre las que se definió el método para integrar las competencias en los planes de estudio que será descrito en el siguiente capítulo.

Principales conclusiones para el desarrollo de la tesis

- En general, los estudiantes obtienen mejor rendimiento académico con las metodologías de aprendizaje activo que con las metodologías tradicionales.
- En las encuestas de opinión se han observado ciertas dificultades con estudiantes de segundo curso. Se ven más seguros con AC que con ABPm, ya que es mucho más dirigido. Coincide con estudios anteriores vistos en el capítulo 1.
- En los exámenes escritos (adquisición de conceptos) se observan resultados algo peores en APBm. Esto confirma los estudios anteriores vistos en el capítulo 1.
- Según las encuestas, los alumnos en ABPm se ven más motivados. Confirma resultados analizados en la bibliografía.
- En ABPt los alumnos muestran mayor motivación. Esto confirma estudios anteriores revisados en el capítulo 1.
- En ABPt se observa una menor tasa de abandono. Este aspecto puede estar relacionado con la motivación.
- Un semestre parece poco tiempo para percibir mejoras en la competencia de trabajo en equipo. Hay que programar su formación en periodos más largos de tiempo.
- Hace falta una formación específica de las competencias genéricas en la que se dé a los alumnos unos principios y unas pautas.
- Se ve la necesidad de diseñar un plan de integración de competencias genéricas en los planes de estudio. Se describen lo que podrían ser las líneas generales de dicho plan.

3.3.3 Estudio sobre el desarrollo de la capacidad de trabajo en equipo después de una formación específica. Análisis de la motivación de los estudiantes

En [97] y [98] presentamos un estudio más amplio, en cuanto al tamaño de la muestra y al número de hipótesis planteadas. El trabajo se centra en la competencia de "trabajo en equipo" y en la "motivación" de los estudiantes. En lo que respecta al "trabajo en equipo" se tuvieron en cuenta las conclusiones de los trabajos anteriores para organizar un experimento más completo.

En los estudios anteriores ya destacamos la importancia de la competencia del "trabajo en equipo" en el contexto de la enseñanza de la ingeniería. Los estudiantes deben adquirir esta competencia a lo largo de su período académico, y esto debe hacerse de forma integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje, mediante la inclusión de actividades que mejoren esta capacidad. Además, debemos tener algunos mecanismos para comprobar si se ha alcanzado alguna mejora en esta competencia. Por otro lado, como indican estudios previos [115], la motivación académica tiene una influencia directa sobre las actitudes y hábitos de los estudiantes. Por esta razón consideramos que es necesario analizar la motivación del estudiante dependiendo de diferentes circunstancias (tipo de curso, metodología de enseñanza, distintos momentos del curso), así como su influencia en el rendimiento académico y en su actitud hacia el trabajo en equipo.

En este contexto proponemos cuatro hipótesis: (H1) Los alumnos mejoran su capacidad de trabajo en equipo mediante una formación específica y llevando a cabo un conjunto de actividades integradas en un proceso de aprendizaje activo; (H2) Los estudiantes con una mayor motivación por el aprendizaje tienen mejor actitud hacia el trabajo en equipo; (H3) Los estudiantes con diferentes tipos de motivación alcanzan diferente

rendimiento académico; y (H4) Los estudiantes muestran perfiles de motivación diferente en diferentes circunstancias: tipo de cursos, metodologías de enseñanza, diferentes momentos del proceso de aprendizaje.

El trabajo presentado en esta publicación tiene relevancia para esta tesis en dos sentidos. En primer lugar completa los experimentos anteriores con respecto al "trabajo en equipo", planteando un experimento con mayor duración y organizando una formación específica en la propia competencia para los estudiantes. En segundo lugar, la motivación va a ser un aspecto muy importante en el método que se propone para el diseño de actividades basadas en el ABPt. De hecho, una de los pasos del proceso aborda específicamente cómo mejorar la motivación de los alumnos que van a participar en la actividad de ABPt.

Se han realizado tres experimentos para confirmar o rechazar estas hipótesis. El primero de ellos se centra en la hipótesis H1. En trabajos vistos en la sección anterior se estudió la mejora de los estudiantes en la competencia "trabajo en equipo" por medio de cuestionario TWBQ, sin obtener resultados significativos en las habilidades de los estudiantes. Se indicaba que los estudiantes necesitan alguna preparación específica sobre "trabajo en equipo" antes de usar las metodologías de aprendizaje activo y que la mejora podría necesitar más tiempo que un cuatrimestre.

Para llevar a cabo el primer experimento se utilizó la misma prueba (TWBQ) para medir la mejora de un grupo de 20 alumnos. Los estudiantes recibieron una formación específica en trabajo en equipo y tuvieron que ejecutar algunas actividades directamente relacionadas con esta competencia. Estas actividades fueron supervisadas por el profesor y se integraron en el contexto de dos cursos organizados por ABPt.

Las hipótesis H2 y H3 fueron analizadas por el segundo experimento, en el que se utilizó el cuestionario AGQ para analizar los diferentes perfiles motivacionales de los estudiantes. En primer lugar, se examina la correlación entre los perfiles motivacionales de los estudiantes y su actitud hacia la competencia "trabajo en equipo", donde se observa una relación clara. En segundo lugar, desarrollamos un análisis de *clusters* para detectar grupos de estudiantes con diferentes perfiles motivacionales y a continuación se estudió la correlación entre estos perfiles motivacionales y el rendimiento académico. En este caso no se observó una correlación significativa de la motivación en las calificaciones. Por el contrario, una mayor motivación para evitar el fracaso demuestra una fuerte correlación con un rendimiento académico más bajo. Por último, se realizó el tercer experimento para estudiar las hipótesis H4. En este caso se utilizó la prueba AGQ en diferentes cursos de diferentes universidades, diferentes años, diferentes tipos de asignaturas (obligatorias y optativas), diferentes metodologías de enseñanza y en momentos diferentes del cuatrimestre. Se han detectado diferentes perfiles académicos dependiendo de los diferentes contextos analizados.

Participantes

Para realizar este estudio hemos tomado muestras de los siguientes cursos:

- Estudiantes recién matriculados en el grado de Ingeniería del Software en el año 2012. Específicamente, se estudian sus notas medias de entrada a la Universidad (NE2012) junto con las notas obtenidas en cuatro asignaturas impartidas en el primer año: Álgebra (AL2012), Principios de Programación (PP2012), Estructura de datos (DS2012) y Estructura de computadores (CS2012).
- Ampliación de Ingeniería de Software en el año 2009 (ESE2009).
- Administración de Sistemas Operativos en el año 2009 (AOS2009)
- Sistemas Operativos en el año 2009 (OS2009)
- Sistemas Operativos en el año 2011 (OS2011)

Las muestras se tomaron utilizando los dos tests antes mencionados: TWBQ para la evaluación del trabajo en equipo y AGQ para la motivación académica. La tabla 3.13 muestra los datos de cada curso.

Tabla 3.13 Grupos participantes en el estudio

Grupo	N	Universidad	Tipo	curso
NE2012	90	UPM		1
AL2012	45	UPM	obligatoria	1
PP2012	71	UPM	obligatoria	1
DS2012	72	UPM	obligatoria	1
CS2012	55	UPM	obligatoria	1

ESE2009	44	URJC	optativa	3
AOS2009	52	UPM	optativa	3
OS2009	43 pre, 49 post	UPM	obligatoria	2
OS2011	20	UPM	obligatoria	2

Procedimiento

En el grupo NE2012 el primer día del curso se cumplimentaron los tests AGQ y TWQB, antes de impartir los cursos del primer semestre. Las asignaturas AL2012, PP2012, DS2012 y CS2012 se imparten principalmente mediante el uso de clases magistrales tradicionales, alternando clases en el aula y en el laboratorio, aunque se aplican algunas actividades relacionadas con el aprendizaje activo durante el cuatrimestre. ESE2009 utiliza una combinación de clases magistrales junto con el desarrollo de un proyecto de programación (orientado al ABPt). AOS2009 siguió una enseñanza tradicional, basado en clases teóricas y prácticas muy guiadas en el laboratorio. OS2009 utiliza ABPt junto con clases en el aula para apoyar el desarrollo del proyecto. OS2011 usa el aprendizaje cooperativo (AC) junto con ABPt. En este caso se llevó a cabo una formación específica para desarrollar la competencia de "trabajo en equipo". Esta formación consistió en un breve seminario, la planificación de las tareas que los estudiantes tenían que realizar mediante el trabajo en equipo y la supervisión del profesor.

En algunos casos, las muestras han sido tomadas al principio y al final del semestre (pre y post), lo que ha permitido comparar los resultados entre el antes y después de aplicar un método de enseñanza durante un semestre. En otros casos sólo se tienen disponible una muestra inicial. En estos casos hemos podido estudiar la correlación entre las pruebas TWQ y AGQ dentro del grupo y la comparación con otras asignaturas.

Como comentamos anteriormente, para este estudio se han utilizado los test AGQ y TWBQ, descritos en la sección 3.2. Para el análisis estadístico se han utilizado las siguientes técnicas:

- Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para determinar si los datos se pueden modelar adecuadamente mediante una distribución normal.
- t de Student con m+n-2 grados de libertad para decidir si se puede considerar la igualdad de medias en aquellos casos que se pueden modelar mediante una distribución normal.
- test de Wilcoxon para muestras dependientes para analizar la igualdad de las medias entre el "antes" y el "después" en aquellos casos que no se pueden modelar mediante una distribución normal
- prueba de Mann-Whitney para contrastar muestras independientes de dos grupos diferentes.
- coeficiente de correlación de Pearson para analizar la correlación entre variables en los casos que siguen la distribución normal y Rho de Spearman cuando las variables no siguen esta distribución.
- Análisis de conglomerados, en particular, la agrupación jerárquica para decidir el número de grupos y agrupación *k-medias* para clasificar los casos.

Más concretamente, para H1 se realiza una prueba t para variables dependientes para decidir si la igualdad de las medias podría considerarse entre el "inicio" y el "final" de los resultados de TWQ. Este análisis se llevó a cabo para ESE2009, OS2009 y OS2011. Para la hipótesis H2 se utilizó el coeficiente Rho de Spearman para estudiar la correlación entre las diferentes facetas de los tests AGQ y TWQ. Este análisis se realizó en todos los grupos. El contraste de la hipótesis H3 se llevó a cabo utilizando el coeficiente Rho de Spearman entre las diferentes facetas de la prueba AGQ y las notas individuales obtenidas en los grupos AOS2009, OS2009 y OS2011. En el caso del grupo NI2012 hemos tenido en cuenta la nota media de entrada de los estudiantes. Para la hipótesis H4 se desarrollaron varios experimentos. En primer lugar, hicimos un contraste de medias entre el "inicio" y "final" del test AGQ utilizando el test de Wilconox. Se pudo desarrollar este análisis para aquellos grupos que tenían estos datos (ESE2009, OS2009 y OS2011). En segundo lugar, se comparó la motivación académica entre los cursos obligatorios y optativos. En estos casos se utilizó la prueba de Mann-Whitney, comparando los resultados del AGQ obtenidos en ESE2009 (optativa) y OS009 (obligatoria) por un lado, y AOS2009 (optativa) y OS2009 (obligatoria) por el otro lado.

Análisis de datos y resultados

A. Análisis exploratorio de datos

En primer análisis exploratorio de los datos se llevó a cabo en cada uno de los grupos. Este análisis comprende el tamaño de la muestra, los valores mínimos y máximos, la media, la varianza, así como el test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para comprobar si cada una de las variables siguen la distribución normal.

B. Estudio de la hipótesis H1

La tabla 3.14 muestra los resultados de la prueba de la t de Student correspondientes al test TWBQ obtenidos a partir de los grupos ESE2009, OS2009 y OS2011. Únicamente se obtienen resultados significativos en la muestra OS2011, con un valor t = -2,618 y un valor de p de 0,017. Con este resultado podemos rechazar la hipótesis nula (igualdad de medias). Dado el bajo número de estudiantes en este grupo (OS2011), también se utiliza una prueba no paramétrica: el test Wilcoxon signed-rank. Se obtuvieron 3 rangos negativos, 16 positivos y 1 empate en el contrate TWBQ (final) - TWBQ (inicio). El estadístico tiene un valor Z = -2,801 con un nivel de significación de 0,005. En las otras dos muestras no se puede rechazar la hipótesis nula, ya que el valor de p es superior a 0,05.

Tabla 3.14. Test TEWQ

	Mean	Stand. Dev.	95% Confi-dence interval upper	95% Confi-dence interval lower	t	Sig.
ESE2009	-0,089	1,2335	-0,46402	0,28599	-0,479	0,635
OS2009	0,0053	0,8767	-0,26454	0,27511	0,040	0,969
OS2011	-0,4458	0,7615	-0,80223	-0,08944	-2,618	0,017

A continuación, se calcula el tamaño del efecto para los tres cursos. Utilizamos la fórmula para muestras relacionadas con pre y post-test sin grupo de control; en otras palabras, obtenemos la relación entre la diferencia de medias (post - pre) y la desviación estándar en el post. Para ESE2009 y OS2009, obtenemos un valor de d mucho menor que 0,2, que de acuerdo con [116] no es significativo. Para OS2011, d tiene el valor de 0,4049, que es un valor moderado. Esto indica que ha habido un avance significativo en la capacidad de trabajo en equipo en los individuos del grupo OS2011. Esto se debe sin duda a la formación específica que los estudiantes reciben sobre el trabajo en equipo.

C. Estudio de la hipótesis H2

Para esta hipótesis hemos tenido en cuenta solamente la variable Mastery Approach (MaAp) de la prueba AGQ. La tabla 3.15 muestra el coeficiente de correlación de Spearman para el curso ESE2009 con un intervalo de confianza del 95%. Observamos que se obtienen resultados significativos con respecto a la correlación del equipo de trabajo al final del semestre (SET_END) y la motivación del tipo Mastery Approach, tanto al inicio y al final del semestre.

En el Grupo AOS2009 se llevó a cabo el análisis del coeficiente Rho de Spearman, obteniendo una correlación significativa entre las variables SET_INI y MaAp con un nivel de confianza del 1%. En el grupo OS2009, se observó una correlación positiva significativa con nivel de 0,01 entre el TWBQ y la motivación Mastery Approach, tanto al inicio como al final del semestre. En el Grupo OS2011 existe una correlación positiva con un nivel de significación de 0,05 entre el TWBQ y la motivación Mastery Approach tanto al inicio como al final del semestre. En el grupo NI2012, una vez más, se observó una correlación significativa entre el TWBQ y la motivación Mastery Approach con un nivel de 0,01.

Tabla 3.15. Spearman correlation for ESE2009

		ESE2009	
		AQ_MaAp_INI	AQ_MaAp_END
SET_INI	Correlation coefficient	0,144	-0,062
	Significance (unilateral)	0,176	0,343
	N	44	44
SET_END	Correlation coefficient	0,252(*)	0,299(*)
	Significance (unilateral)	0,049	0,024
	N	44	44

* Significance level 0,05.

D. Estudio de la hipótesis H3

En primer lugar realizamos un análisis exploratorio para detectar las principales correlaciones entre cada perfil de motivación, de acuerdo con el test AGQ, y la calificación final obtenida en cada curso. La Tabla 3.16 muestra el coeficiente de Pearson para las cuatro asignaturas de primer año, además de la nota de entrada de los estudiantes al entrar en la Universidad (NE2012). En este caso sólo se obtienen correlaciones significativas para Mastery-Avoidance (MaAv) y Performance Avoidance (PeAv). No encontramos ningún valor significativo para el Mastery-Approach (MaAp) ni Performance-Approach (PeAp). Destacamos que todas estas correlaciones son negativas, lo que significa que los estudiantes con alto nivel de motivación por evitar el fracaso obtienen notas más bajas.

Tabla 3.16. Correlación de Pearson para H3

		NE2012 Mark	AL2012 Mark	PP2012 Mark	DS2012 Mark	CS2012 Mark
AQ_ MaAp	Corr. Coef.	-0,043	0,065	-0,125	-0,127	-0,201
	Sig.	0,704	0,669	0,297	0,288	0,141
	N	80	45	71	72	55
AQ_ MaAv	Corr. Coef.	-0,173	-0,303 (*)	-0,247 (*)	-0,293 (*)	-0,101
	Sig.	0,124	0,043	0,038	0,013	0,464
	N	80	45	71	72	55
AQ_ PeAp	Corr. Coef.	-0,141	-0,251	0,219	-0,030	-0,151
	Sig.	0,213	0,096	0,066	0,801	0,272
	N	80	45	71	72	55
AQ_ PeAv	Corr. Coef.	-0,307 (**)	-0,279	-0,363 (**)	-0,287 (*)	-0,165
	Sig.	0,006	0,064	0,002	0,015	0,230
	N	80	45	71	72	55

* Significance level 0,05.
** Significance level 0,01.

La tabla 3.17 muestra el coeficiente Rho de Spearman para los otros grupos. Para las asignaturas AOS2009, OS2009 y OS2011 se tuvo en cuenta la nota individual obtenida en el semestre, se excluyeron aquellas notas obtenidas de trabajo en grupo. En este caso sólo mostramos las variables PeAv y MaAp, donde se obtuvieron los resultados más significativos. Una vez más tenemos correlaciones significativas en el perfil de Performance-Avoidance. En lo que se refiere a MaAp, sólo detectamos correlación en el grupo OS2009. Además, esta correlación es negativa, lo que no tiene mucho sentido, ya que significaría que los estudiantes cuanto mayor es la motivación por aprender en los estudiantes obtienen peores resultados académicos. Por otra parte, la variable de PeAv ofrece correlación negativa en AOS2009 con nivel de significación 0,05. Este resultado tiene más sentido, ya que indican que los estudiantes con mayor miedo al fracaso obtienen peores resultados.

Tabla 3.17. Spearman correlation para H3

		AOS2009 Marks	OS2009 Marks	OS2011 Marks
AQ_ PeAv_ INI	Correlation coefficient	-0,288 (*)	0,024	-0,260
	Significance (unilateral)	0,026	0,442	0,128
	N	46	40	20
AQ_ MaAp_ INI	Correlation coefficient	-0,096	-0,332 (*)	0,125
	Significance (unilateral)	0,262	0,018	0,466
	N	46	40	20

* Significance level 0,05.
** Significance level 0,01.

Una vez que se terminó el estudio exploratorio, se llevó a cabo un análisis de conglomerados. En primer lugar, hemos desarrollado una agrupación jerárquica para el grupo de estudiantes de nuevo ingreso (NE2012), para los que se estimó que el número óptimo de grupos es 2. A continuación, se realizó el agrupamiento *k-means* con dos grupos para describir sus características (tabla 3.18). Podemos observar que ambos grupos tienen un perfil Mastery-Approach (MaAp) similar y en ambos casos es el valor más alto.

Table 3.18. Centros de los agrupamientos finales

	Cluster 1	Cluster 2
AQ_PeAp	3,41	4,73
AQ_PeAv	2,49	4,77
AQ_MaAv	3,72	5,64
AQ_MaAp	6,18	6,46

Las otras variables explican las diferencias entre aquellos grupos de estudiantes en los que el Cluster 2 tiene valores más altos. Podemos interpretar que los estudiantes del Cluster 1, se centran más en la motivación Mastery-Approach, es decir, para alcanzar el éxito en el aprendizaje, prestando menos atención a los otros tipos de motivación. El Cluster 2 tiene valores más elevados en todos los perfiles. La mayor diferencia se obtiene en Performance-Avoidance. Mientras que el Cluster 1 no concede especial importancia a la misma, para los estudiantes del Cluster 2 es más importante. Por lo tanto, este grupo parece tener mayor miedo al fracaso.

Por último, realizamos la prueba t de Student para estudiar si existen diferencias significativas en las calificaciones obtenidas por los estudiantes de estos dos agrupamientos (clusters). En este análisis se incluyeron las cuatro asignaturas de primer año antes mencionadas. La tabla 3.19 muestra las estadísticas de ambos agrupamientos (clusters) y la tabla 3.20 muestra los resultados de la prueba t de Student.

Table 3.19. Media de las calificacioes (Cluster 1 and Cluster 2)

	Cluster	N	Mean	Standard deviation
AL2012	1	22	4,9000	2,87866
	2	23	2,6826	2,27589
PP2012	1	27	7,1852	1,88837
	2	44	4,4386	3,15559
DS2012	1	30	6,523	2,0175
	2	42	4,388	2,8771
CS2012	1	25	3,332	2,6389
	2	30	2,357	2,2933

Table 3.20. Diferencia entre las calificaciones (Cluster 1 – Cluster 2)

	Mean Diff.	95% Confidence interval upper	95% Confidence interval lower	t	Sig.
AL2012	2,2174	0,6610	3,7737	2,873	0,006
PP2012	2,7466	1,4066	4,0866	4,089	0,000
DS2012	2,1352	0,9165	3,3540	3,494	0,001
CS2012	0,9753	-0,3586	2,3092	1,467	0,148

La hipótesis nula establece la igualdad de medias entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes del Clúster1 y el Cluster2. De acuerdo con el nivel de significación obtenido de la prueba t-Student, rechazamos esta hipótesis nula en tres de los cuatro casos (AL2012, PP2012 y DS2012). Por lo tanto, podemos concluir que los estudiantes que pertenecen al Cluster 1 obtienen mejores notas en estas tres asignaturas. Para encontrar una explicación a estos resultados, realizamos un análisis de correlación de Pearson entre la escala de inteligencia de Trapnell [117] y los perfiles motivacionales (tabla 3.21). La escala de inteligencia de Trapnell consta de cuatro ítems con una escala Likert de 9 puntos y se centra en la medición de la autopercepción de los estudiantes sobre su propia capacidad académica. Esta prueba se identifica en este trabajo como CPT (Continuous Performance Test).

Tabla 3.21. Correlación de Pearson entre el test CPT y los perfiles motivacionales

		AQ_ MaAp	AQ_ MaAv	AQ_ PeAp	AQ_ PeAv
CPT	Corr. Coef.	0,166	-0,267 (*)	0,037	-0,236 (*)
	Sig.	0,120	0,011	0,727	0,026
	N	89	89	89	89

* Significance level 0,05.

Se obtuvo una correlación negativa significativa entre el CPT y los dos tipos de motivación: Performance-Avoidance y Mastery-Avoidance. Estos resultados significan claramente que los estudiantes con una autopercepción académica inferior tienen una mayor motivación por evitar el fracaso. Por otra parte, de acuerdo con los resultados anteriores, estos estudiantes obtienen notas más bajas.

E. Estudio de la hipótesis H4

En primer lugar, se ha estudiado la diferencia en la motivación entre el comienzo y el final del semestre en los grupos IS2009, SO2009 y SO2011. En los tres casos, se ha utilizado la prueba de Wilcoxon signed-rank, ya que la variable MaAp no sigue la distribución normal. La tabla 3.22 muestra la prueba de los rangos del grupo ESE2009, en el que obtuvimos 23 rangos negativos, 14 positivos y 7 empates en el contraste MaAp_END - MaAp_INI.

Table 3.22. Prueba de Wilcoxon signed-rank

	ESE2009	N	Average rank	Rank sum
AQ_MaAp_END - AQ_MaAp_INI	Negative ranks	23(a)	22,89	526,50
	Positive ranks	14(b)	12,61	176,50
	Draws	7(c)		
	Total	44		
AQ_PeAv_ END - AQ_PeAv_INI	Negative ranks	17(d)	15,44	262,50
	Positive ranks	22(e)	23,52	517,50
	Draws	5(f)		
	Total	44		

a AQ_MaAp_END < AQ_MaAp_INI
b AQ_MaAp_ END > AQ_MaAp_INI
c AQ_MaAp_ END = AQ_MaAp_INI
d AQ_PeAv_ END < AQ_PeAv_INI
e AQ_PeAv_ END > AQ_PeAv_INI
f AQ_PeAv_ END = AQ_PeAv_INI

El estadístico Z (Tabla 3.23) tiene un valor de -2,646 con un nivel de significación de 0,008. Estos resultados indican que la motivación MaAp al final del semestre es significativamente menor que al principio en el grupo ESE2009. Calculamos el tamaño del efecto para este caso, obteniendo un valor de d igual a 0,439, lo que de acuerdo con [112] es un valor moderado. En el caso de los grupos OS2009 y OS2011 no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 3.23. Contraste estadístico

	ESE2009 AQ_MaAp_END - AQ_MaAp_INI	OS2009 AQ_MaAp_END - AQ_MaAp_INI	OS2011 AQ_MaAp_END - AQ_MaAp_INI
Z	-2,646(a)	-,621(a)	-,469(a)
Signif.	,008	,534	,639

En segundo lugar, hemos comparado la motivación académica entre los cursos optativos y obligatorios. Con este fin hemos utilizado la prueba de Mann-Whitney para ESE2009 frente a OS2009 y OS2009 frente a AOS2009. En ningún caso encontramos diferencias significativas en la variable MaAp. Por el contrario, se observa una diferencia significativa en PaAp en ambas comparaciones. Para la comparación de ASO2019 con SO2009 también hay una diferencia significativa en PeAv. Específicamente, en el caso de AOS2009 contra OS2009, PeAv y PeAp tienen valores más altos en la materia obligatoria que en la optativa. PeAv es también mayor en el curso obligatorio OS2009 que en el optativo ESE2009. La Tabla 3.24 muestra este contraste estadístico.

Tabla 3.24. Contraste estadístico

		AQ_ PeAp _END	AQ_ PeAv _END	AQ_ MaAv _ END	AQ_ MaAp _ END
ESE2009 Vs. OS2009	U of Mann-Whitney	814	832	844	905
	W de Wilcoxon	1804	1822	1834	1895
	Z	-2,03	-1,897	-1,805	-1,339
	Significance (bilateral)	0,042	0,058	0,071	0,181
AOS2009 Vs. OS2009	U of Mann-Whitney	737,5	689	1239,5	1112
	W de Wilcoxon	2115	2067	2617,5	2337
	Z	-3,65	-3,984	-0,235	-1,111
	Significance (bilateral)	0	0	0,814	0,267

A continuación, calculamos el tamaño del efecto en aquellos casos en los que hay una diferencia significativa entre las medias aritméticas. Utilizamos la desviación estándar combinada, ya que las muestras son independientes (diferentes sujetos en cada muestra) y no tenemos grupo de control. Para ello se utilizó la fórmula de Cohen [112], que tiene en cuenta las varianzas, como se describe en la ecuación.

$$d = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sigma} \quad ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{(N_1)\sigma^2_{n(1)} + (N_2)\sigma^2_{n(2)}}{N_1 + N_2}}$$

Para la variable AQ_PeAp comparamos ESE2009 frente a OS2009 y OS2009 frente a AOS2009. La Tabla 3.25 muestra los datos más interesantes para el cálculo del tamaño del efecto de los tres cursos.

Tabla 3.25. Datos para calcular el tamaño del efecto de la variable AQ_PeAp_end

AQ_PeAp_END	Mean	variance	N
OS2009	4.2882	2.2468	43
ESE2009	3.5076	3.2273	44
AOS2009	3.0545	2.3786	52

El valor del tamaño del efecto se indica en la Tabla 3.26. Como podemos ver, la diferencia es mayor en el caso de AOS2009-OS2009. En este caso, un individuo promedio de OS2009 está más motivado por conseguir un buen resultado que el 84% de los individuos en el grupo AOS2009.

Tabla 3.26. Tamaño del efecto para la variable AQ_PeAp_end

Courses /effect size	d
ESE2009 vs. OS2009	0.443
AOS2009 vs. OS2009	1.015

Para la variable de AQ_PeAv comparamos el grupo AOS2009 frente a OS2009. La Tabla 3.27 muestra los datos más interesantes para el cálculo del tamaño del efecto.

Tabla 3.27. Datos para calcular el tamaño del efecto de la variable AQ_PeAv_end

AQ_PeAv_END	Mean	variance	N
OS2009	4.7287	2.9114	43
AOS2009	3.1026	2.1069	52

El valor de d es 1,034, que es muy significativo. Al igual que en el caso de la variable AQ_PeAp, este resultado indica que un individuo promedio de OS2009 está más motivado por el miedo al fracaso que el 84% de los estudiantes del grupo AOS2009.

Discusión de resultados

La hipótesis H1 se confirma: "los alumnos mejoran su capacidad de trabajo en equipo mediante una formación específica y llevando a cabo un conjunto de actividades integradas en un proceso de aprendizaje activo". Entre las tres asignaturas analizadas, percibimos una mejora de la competencia de trabajo en equipo sólo en OS2011. Este es precisamente el curso donde los estudiantes recibieron formación en esta competencia. También hay que destacar que, a pesar de tener una pequeña muestra (20 estudiantes), se ha detectado una diferencia entre las medidas pre y post. Esta diferencia se confirma con el cálculo de la magnitud del efecto que tiene un valor de 0.4049. En el caso del rendimiento académico o la investigación educación, por lo general se considera un valor de significación igual a 0,5, incluso valores algo menores (alrededor de 0,3).

La hipótesis H2 también se confirma: " Los estudiantes con una mayor motivación por el aprendizaje tienen mejor actitud hacia el equipo de trabajo". Como hemos demostrado en el análisis, existe una correlación positiva entre la motivación para el aprendizaje y la capacidad de trabajo en equipo en todos los grupos analizados: ESE2009, AOS2009, OS2009, OS011 y NE2012.

En cuanto a la hipótesis H3, " Los estudiantes con diferentes tipos de motivación alcanzan diferente rendimiento académico", se confirma parcialmente. En particular, hemos analizado cuatro perfiles motivacionales: Mastery-Approach, Mastery-Avoidance, Performance-Approach y Performance-Avoidance. Inicialmente, se esperaba que los estudiantes con mayor Mastery-Approach obtienen mejores resultados académicos. Sin embargo, no se obtuvieron estos resultados. Mediante el uso de análisis de conglomerados hemos clasificado los estudiantes en dos agrupamientos. El primero de ellos tiene claramente un perfil de Mastery-Approach. Por otra parte, el segundo grupo, aunque Mastery-Approach es la motivación más alta, se da también mucha importancia a los otros tipos de motivación. La diferencia es especialmente notable en el perfil Performance-Avoidance. El análisis demuestra que este segundo grupo de estudiantes obtiene notas más bajas en las asignaturas obligatorias que se enseñan en primer año. Además, este grupo muestra una baja auto-percepción académica de acuerdo con la prueba de CPT. Con estos resultados podemos confirmar que los estudiantes con baja autopercepción tienen mayor miedo al fracaso y alcanzan peor rendimiento académico.

Por otro lado, hemos encontrado una contra-hipótesis en el grupo OS2009. En este caso la correlación es inversa: un mayor interés por el aprendizaje se correlaciona con peores resultados académicos. No tenemos datos que pueden explicar este caso. El curso se llevó a cabo normalmente en un entorno de ABPt. La única explicación posible se basa en las calificaciones consideradas para explicar el rendimiento académico: sólo notas individuales y no las del grupo. Probablemente, algunas variables que no hemos tenido en cuenta en el estudio influyen en los resultados. Hay que tener en cuenta que este resultado se da en un solo grupo.

En cuanto a la hipótesis H4: "Los estudiantes muestran perfiles de motivación diferente en diferentes circunstancias: tipo de cursos, metodologías de enseñanza, diferentes momentos del proceso de aprendizaje" hemos analizado la motivación de los estudiantes según el tipo de asignatura (obligatoria frente a optativa). También se ha analizado la diferencia en la motivación de los estudiantes entre el principio y el final del semestre. Aunque los resultados no confirman la hipótesis, hay indicios de que en los cursos obligatorios los estudiantes tienen: (a) una mayor miedo al fracaso; (B) una mayor motivación por el éxito académico.

Conclusiones

En este trabajo, se han estudiado varios aspectos de la motivación académica de los estudiantes de acuerdo con los perfiles descritos en el test AGQ. Además hemos estudiado la percepción que los estudiantes tienen sobre su competencia trabajo en equipo, utilizando el test TWBQ.

Una de las primeras conclusiones de este estudio sugiere que los estudiantes mejoran sus capacidades de trabajo en equipo si reciben una formación específica sobre dicha competencia. No es suficiente únicamente que los alumnos trabajen en grupo para adquirir esta competencia. Es necesario incluir seminarios para dar formación a los estudiantes sobre aspectos como liderazgo, resolución de conflictos o planificación. Adicionalmente, es necesario programar dentro del curso actividades que ayuden a desarrollar esta competencia. Estas actividades deberían tener como objetivos no solo las materias de la asignatura, sino también el aprendizaje de las distintas facetas de la competencia de “trabajo en equipo”. Además, como se ha demostrado, la competencia de trabajo en equipo se ve reforzada si el estudiante tiene la motivación para el aprendizaje.

También podemos concluir que la motivación por los resultados es mayor en los cursos obligatorios que en cursos optativos. Esta motivación tiene una doble perspectiva: mejorar el rendimiento académico y evitar el fracaso. Sin embargo, no hemos detectado una mayor motivación por el aprendizaje (Mastery).

En cuanto a la relación entre los perfiles motivacionales y el rendimiento académico, la motivación por el aprendizaje (Mastery) no parece ser determinante para discriminar entre los estudiantes que obtienen un mejor o peor rendimiento académico. Por el contrario, evitar el fracaso (Avoidance) es la principal característica para predecir el rendimiento académico.

Principales conclusiones para el desarrollo de la tesis

- Los alumnos mejoran el trabajo en equipo si reciben una formación específica. Es necesario programar y monitorizar actividades dentro de las asignaturas.
- Se ha estudiado la correlación de 4 perfiles de motivación con el trabajo en equipo. Los alumnos que tienen mayor motivación por aprender muestran mejor disposición para el trabajo en equipo.
- Se observan distintos tipos de motivación en los estudiantes al inicio y al final del curso. La motivación por aprender disminuye al final del cuatrimestre.
- Se observa una correlación entre el tipo de asignatura (obligatoria u optativa) y la motivación por el resultado, así como con el miedo al fracaso.
- Se observa una correlación entre los resultados académicos y la motivación por el resultado, así como con el miedo al fracaso. En concreto, existe correlación entre el perfil de motivación de “miedo al fracaso” y la obtención de peores resultados académicos.
- Se observa la correlación entre la motivación y la adquisición de competencias.
- Se constata la importancia que tiene la motivación, es un elemento que debemos trabajar explícitamente aplicando técnicas docentes adecuadas.

3.4 Estudios sobre la aplicación de ABPt

En esta sección se resumen tres primeras experiencias que se realizaron con el ABPt. Estos trabajos sirvieron para empezar a conocer los problemas que plantea la metodología y las necesidades existentes en nuestro contexto académico.

3.4.1 Aplicación de AC como soporte al ABPt.

En [99] se realizaron las primeras experiencias en la utilización del Aprendizaje Cooperativo como metodología principal para la impartición de una parte importante de asignaturas obligatorias. A raíz de estas experiencias, en [100] se propone el uso de la metodología de aprendizaje cooperativo como soporte al ABPt. En concreto, Valero [79] señala que una de las desventajas es la dificultad de impartir todos los contenidos incluidos en los objetivos de una asignatura. Este inconveniente a veces lleva a los profesores a ofrecer resistencia al uso de la metodología. Este trabajo propone la organización de sesiones de Aprendizaje Cooperativo para completar aquellas partes de teoría que no quedan cubiertas por el proyecto.

La experiencia se llevó a cabo en la asignatura de Sistemas de Tiempo Real, materia optativa de la titulación de Ingeniería Técnica Informática Además de mejorar la habilidad para trabajo en equipo, estas sesiones resultaron muy útiles para completar los temas incluidos en el programa y los estudiantes demostraron suficiente conocimiento sobre los temas abordados. Además, esta metodología educativa tuvo una aceptación favorable por parte de los estudiantes. En una encuesta cumplimentada al final del cuatrimestre, el 60% se mostraron muy de acuerdo con la siguiente afirmación: "el aprendizaje cooperativo es una metodología útil para aprender los contenidos de la materia". El 27% simplemente estuvo de acuerdo con esta afirmación, y el 13% no estaba de acuerdo.

3.4.2 Comparación del rendimiento académico entre el AC y el ABPt

El trabajo desarrollado en [101] fue desarrollado por los miembros del grupo DMAE y tiene como objetivo la comparación de las metodologías de Aprendizaje Cooperativo (AC) y el ABPt. El estudio se lleva a cabo en la Universidad Politécnica de Madrid, donde ambas metodologías se aplicaron a la asignatura de Sistemas Operativos I. En la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas (IIS) se utilizó el AC para impartir docencia a un grupo de 107 estudiantes divididos en dos grupos. En la asignatura equivalente de Ingeniería Técnica en Informática gestión (OSIM) se siguió el ABPt en un grupo único de 60 estudiantes.

La hipótesis de trabajo es que el éxito académico alcanzado por los estudiantes es mayor en los grupos en los que se aplica AC que en aquellos casos en los que se aplica el ABPt. Esta idea está apoyada en dos razones: 1) La falta de madurez que se percibe en los estudiantes de primer año para organizar el aprendizaje por sí mismos; 2) El AC (en su modalidad de puzzle) implica un proceso de aprendizaje más dirigido que el ABPt, por lo que se espera un mejor rendimiento académico.

Para llevar a cabo el estudio se obtuvieron varias medidas. En primer lugar se analizaron las notas individuales obtenidas por los estudiantes en las pruebas escritas. También se analizaron las tasas de abandono producidas durante el curso. Finalmente se procesaron las encuestas de opinión cumplimentadas por los estudiantes al final del cuatrimestre. De los análisis estadísticos se puede concluir que el rendimiento académico de los estudiantes (con respecto a las calificaciones) fue mayor con ABPt que con AC. Para ser más específicos, la diferencia es de entre 0,5 y 1 punto para las pruebas individuales. Para los trabajos de grupo, esta diferencia está entre 2,5 y 3 puntos. Por lo tanto, este estudio rechaza la hipótesis formulada inicialmente.

La falta de madurez de los alumnos del tercer cuatrimestre fue una de las razones por las que nos hizo pensar en la idea de que el AC daría como resultado un mejor rendimiento académico. Sin embargo, observamos que el rendimiento de los estudiantes no se ve afectado por su falta de madurez cuando se utiliza la metodología de ABPt proporcionando un soporte de tutorías individuales para cada equipo de trabajo de estudiantes. Por otro lado, como se discutió en el capítulo 1, una de las ventajas de la metodología PBL es el aumento de la motivación de los estudiantes. Somos de la opinión de que este aspecto puede haber tenido una gran influencia en los resultados académicos obtenidos. Desde nuestro punto de vista, hay dos métodos posibles para verificar esta conclusión. En primer lugar, sería interesante llevar a cabo un experimento para calcular el diferente nivel

de motivación alcanzado por los estudiantes en ambas metodologías y establecer una relación con su rendimiento académico. En segundo lugar, creemos que el estudio llevado a cabo en este trabajo se debe aplicar a otras asignaturas y en diferentes contextos con el fin de corroborar los resultados obtenidos.

3.4.3 Dificultades en la aplicación del ABPt en un sistema tradicional

En el capítulo 1 revisamos las principales características del ABPt. En muchas ocasiones, los sistemas universitarios tradicionales (considerando planes de estudio, metodologías de enseñanza, evaluación, normativas académicas etc.) no ayudan a la implementación de estas características. El principal objetivo del trabajo presentado en [102] es la detección de los principales obstáculos que un sistema tradicional presenta a la aplicación del ABPt. En primer lugar se hace una revisión de las principales diferencias encontradas entre un sistema tradicional y el modelo de Aalborg, considerado como una referencia en el contexto del ABPt. A continuación, se lleva a cabo una experiencia multidisciplinar de ABPt que abarca tres materias diferentes. Esta experiencia nos lleva a analizar las dificultades encontradas, ordenarlas según su importancia y decidir cuáles deberían ser los primeros cambios para superar dichas dificultades. Por último, se propone la introducción de las competencias genéricas en los planes de estudio de forma que se facilite la implementación del ABPt.

En esta experiencia el ABPt se aplica en un contexto multidisciplinar donde los estudiantes llevan a cabo un proyecto *ill-structured* que cubre conocimientos de tres asignaturas muy distintas: Especificación de Requisitos Software, Sistemas Operativos y Estadística. El objetivo es alcanzar a un mayor beneficio del ABPt que en experiencias anteriores, en los que la aplicación de la metodología se limitaba a una sola asignatura. En particular, se establecen cuatro objetivos específicos para los estudiantes: a) hacer frente a problemas *ill-structured*, b) el desarrollo de un proyecto multidisciplinar, c) mejorar sus habilidades de trabajo en equipo, y d) alcanzar un trabajo más autónomo. Especificación de Requisitos Software, Sistemas Operativos y Estadística son tres materias obligatorias de las cinco que constituyen el tercer semestre de la titulación de Ingeniería de Software. Los estudiantes se matriculan de forma independiente en cada una de las tres asignaturas, por lo que solamente los estudiantes que se habían matriculado de forma simultánea en las tres podían participar en el desarrollo del proyecto. Estos estudiantes asistieron a un grupo específico de teoría en Sitemas Operativos y Especificación de Requisitos Software, donde las clases estaban dirigidas a apoyar el proyecto. Por el contrario, Estadística siguió las clases magistrales habituales.

Para desarrollar el trabajo se analizaron las siguientes fuentes de información:

(1) Al final del cuatrimestre se utilizó una encuesta con escala Likert de cinco puntos para obtener la opinión de los estudiantes sobre la utilidad de diferentes aspectos del proyecto, tales como la organización de las materias, el tipo de proyecto desarrollado, el método de evaluación o los recursos utilizados.

(2) El informe que los estudiantes deben entregar al final de cada fase del proyecto incluye varias cuestiones sobre el procedimiento seguido. Entre ellas, hemos analizado el número de horas de trabajo y una descripción de las principales dificultades que los estudiantes habían encontrado.

(3) Los profesores aprovecharon las reuniones individuales que se tenían con cada equipo de estudiantes para conocer directamente su opinión y la explicación de las decisiones que iban tomando.

(4) Para medir las competencias genéricas se utilizaron dos test ya descritos anteriormente: el cuestionario de trabajo en equipo TWBQ y el cuestionario para la capacidad de resolución de problemas PSI de Heppner. Estos cuestionarios fueron rellenados por los estudiantes al comienzo y al el final del cuatrimestre.

5) Al final del cuatrimestre, los estudiantes tienen que llenar una encuesta elaborada por la UPM que consta de 17 preguntas sobre los profesores y la asignatura. Para este estudio se han analizado 4 preguntas: "He mejorado mi nivel de partida, en relación con las competencias establecidas en el curso", "La ayuda del profesor es eficaz para aprender", "El volumen de contenidos y tareas incluidas en las actividades de aprendizaje es proporcional a los créditos asignados a esta asignatura"," el método de evaluación muestra relación con el tipo de tareas que se desarrollan". Esta encuesta sigue una escala de Likert de 6 puntos (1 = muy en desacuerdo, 6 = totalmente de acuerdo).

(6) Las cifras relativas a la participación de los profesores de la E.U. Informática, actualmente E.T.S. de Ingeniería de Sistemas Informáticos, en los Grupos de Innovación Educativa y en proyectos educativos.

(7) Opinión y conclusiones de los profesores que han participado en esta experiencia, expresadas en una reunión al final del cuatrimestre.

Los datos se analizaron de forma que se obtenían resultados en torno a cuatro aspectos: estudiantes, curriculum, métodos de evaluación, profesorado y visión de la educación. Estos son cinco de los ámbitos descritos por el modelo de Aalborg que nos parecen más significativos para los objetivos de la experiencia. Dentro del trabajo de esta tesis no nos parece especialmente interesante el análisis completo de los datos, por lo que pasamos a describir directamente la discusión de los resultados.

Discusión de resultados

Esta experiencia ha sido parte de un proyecto de innovación educativa con un apoyo institucional limitado. Los problemas en el proceso de matriculación producen algunos problemas de organización que han hecho más difícil la experiencia. Por otra parte, debido a la resistencia percibida a la introducción de nuevas metodologías de enseñanza, en algunos casos hubo una significativa falta de apoyo de algunos profesores implicados en los temas y departamentos relacionados. Estos hechos apuntan a la necesidad de un cambio de mentalidad y una participación directa de la institución, que representa uno de los inconvenientes más importantes.

En la ETSISI los estudiantes no están acostumbrados a tratar con problemas *ill-structured* y muestran cierta inseguridad cuando tienen que hacer frente a algunas decisiones importantes. Por otra parte, los profesores perciben ciertas ineficiencias relacionadas con trabajo en equipo y estrategias de resolución de problemas. Sin embargo, los estudios descritos en los puntos (1) y (5) indican que, a pesar de las dudas iniciales, la metodología ABPt es bien recibida por los estudiantes. Los resultados indican que asimilan de forma satisfactoria la nueva metodología. Por lo tanto, esta falta de experiencia no representa un inconveniente fuerte, pero apuntan a la necesidad de una formación específica. Además, alguna formación sobre el ABPt podría ser muy útil para un mejor rendimiento de los estudiantes.

La estructura curricular establece objetivos técnicos estrictos para cada asignatura y una gran parte de las asignaturas se evalúan de acuerdo a estos objetivos. Este hecho significa un importante inconveniente cuando los estudiantes tienen que hacer frente a un problema *ill-structured*, ya que tienden a prestar más atención a las pruebas escritas que la investigación de las actividades. Por lo tanto, se consideran necesarios algunos cambios en el método de evaluación y la normativa académica, ya que parecen ser muy estrictos y no se adaptan adecuadamente al aprendizaje activo. En relación con esto, el trabajo descoordinado de las asignaturas que componen un cuatrimestre, sus objetivos específicos estrictos y las normas de evaluación no ayudan al desarrollo de proyectos multidisciplinares. Estos inconvenientes relacionados con el plan de estudios, junto con la resistencia a las nuevas metodologías nos hacen llegar a la conclusión de que los cambios relacionados con las nuevas metodologías deben ser introducidos de una forma “suave” y gradual.

En resumen, los estudiantes, a pesar de su falta de experiencia, han demostrado suficiente capacidad de adaptarse a nuevos desafíos y no representan el principal obstáculo. Los cambios en la mentalidad del profesor parecen ser más difíciles y serían necesarios para vencer la resistencia actual. Por otro lado, la estructura estricta del plan de estudios y las normas de evaluación representan los inconvenientes más fuertes para implementar el curso multidisciplinar de ABPt. Estos aspectos deberían ser más flexibles de acuerdo a las metodologías de aprendizaje activo. En relación con esto, nos parece fundamental una mayor implicación institucional para lograr mejores resultados en la aplicación de metodologías como el ABPt.

Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se destacaban los cambios que, desde nuestro punto de vista, se debían tomar inicialmente para superar las principales dificultades encontradas en la introducción de una metodología como el ABPt. Indicábamos que en primer lugar, se deben introducir algunos cambios en la mentalidad de profesores y estudiantes acerca de las metodologías de aprendizaje. Esto permite posteriormente cambios en la normativa y las prácticas académicas. Al mismo tiempo, se deberían invertir algunos créditos a la formación en competencias genéricas, ya que actualmente no existe una formación específica sobre ellas y son fundamentales para lograr el éxito en la metodología de ABPt. Por otra parte, los estudiantes parecen tener algunas carencias importantes en habilidades básicas. En segundo lugar, se propone la introducción de nuevos métodos de evaluación en sintonía con el aprendizaje activo, ya que los tradicionales significan una barrera

importante para el éxito del ABPt la mayor parte de las veces. Los cambios en el plan de estudios podrían venir posteriormente, una vez que la institución y una mayoría de los profesores estén a favor de usar estas metodologías.

Sin duda, la mejor situación para introducir el modelo ABPt (con los mayores niveles de alcance) es el inicio de un nuevo centro o, al menos, un nuevo plan de estudios, ya que afecta a las dimensiones clave de la universidad. Por desgracia, esta no es la situación real de la mayoría de las escuelas, donde la única opción es aplicar esta metodología a las estructuras ya existentes. En estos casos, una aplicación a corto plazo del modelo Aalborg no es viable. Por lo tanto, en base a nuestra experiencia, hacemos una serie de propuestas para poder iniciar una introducción gradual de aprendizaje basado en problemas y proyectos en nuestra escuela. Sugerimos la integración de algunas competencias genéricas en los programas en curso. Esta integración se tiene que hacer de tal manera que afecte lo menos posible a la organización actual. La propuesta consistiría en la elaboración de un mapa que distribuye las competencias genéricas entre los semestres de una manera equilibrada. Las asignaturas que constituyen un cuatrimestre ofrecen algunos créditos prácticos con el fin de dar formación sobre las competencias genéricas seleccionadas para ese semestre. A continuación, las asignaturas requieren a los estudiantes que muestren la capacidad suficiente en relación con estas habilidades. En relación con esto, se sugieren algunos métodos de evaluación nuevos. Los primeros cuatrimestres se ocuparían de las competencias más básicas, entre ellas el trabajo en equipo, resolución de problemas, expresión escrita o la gestión del tiempo. Una vez que los estudiantes han adquirido estas competencias básicas, se podrá introducir el ABPt en semestres posteriores.

3.4.4 Principales conclusiones para el desarrollo de la tesis

A continuación se resumen las principales conclusiones obtenidas de los estudios presentados en la sección 3.4 para el desarrollo de la tesis.

- Se plantea la conveniencia de utilizar otras metodologías para dar soporte a ciertas etapas de una actividad organizada mediante ABPt. Esta idea se utilizó posteriormente para desarrollar algunas partes del método de diseño de actividades de ABPt.
- Se obtuvieron mejores resultados académicos con ABPt que con AC. No se aprecian problemas con la falta de madurez si se ofrecen tutorías individuales a los equipos de trabajo.
- Los alumnos están más motivados con ABPt, lo que ha podido influir en los resultados. Esto coincide con estudios anteriores discutidos en el capítulo 1.
- Hay que estudiar en más detalle la relación entre distintos perfiles motivacionales y los resultados académicos.
- Hace falta cambiar la mentalidad de los alumnos y sobre todo del profesorado para posibilitar la introducción de nuevas metodologías.
- Los alumnos tienen carencias en algunas competencias básicas, necesitan cierta formación específica en dichas competencias.
- Es necesario dedicar créditos a la formación de competencias genéricas.
- Se esbozan las ideas generales del plan de integración de competencias genéricas en los planes de estudio que se desarrolló posteriormente.

3.5 Resumen y valoración de los estudios preliminares y sus conclusiones

En este apartado hacemos un resumen y una valoración de las principales conclusiones obtenidas del conjunto de estudios preliminares realizados. Estas valoraciones marcan las líneas de actuación de la solución propuesta en esta tesis.

En primer lugar hemos detectado la necesidad de dedicar recursos específicos para poder desarrollar las competencias genéricas tal y como exige el contexto normativo actual en las universidades. Las competencias no mejoran por el mero hecho de aplicar una metodología docente más activa que las clases magistrales. Por el contrario requiere una formación específica, la realización de de actividades docentes que favorezcan su desarrollo y una evaluación apropiada. Esto implica la dedicación de tiempo y esfuerzo. La introducción de las competencias genéricas tiene que hacerse de una forma "suave", sin alterar significativamente la actividad docente que ya estaba funcionando en las asignaturas.

En este sentido, algunas metodologías como el ABPt ofrecen un contexto apropiado para introducir este tipo de actividades y por lo tanto favorecer el desarrollo de las competencias genéricas. No obstante, tanto la bibliografía como nuestras propias experiencias nos indican que es una metodología cuya aplicación no resulta sencilla. En lo que respecta al estudiante, es fundamental el diseño de un soporte adecuado a sus necesidades, de esta forma el estudiante sentirá más seguridad para enfrentarse al reto que se le presenta en el ABPt. Por parte del profesor, la principal dificultad se encuentra en aplicar correctamente los principios del ABPt.

Es importante resaltar la estrecha relación entre las competencias genéricas y el ABPt. Como ya hemos comentado, el ABPt puede favorecer el desarrollo de las competencias, pero una mayor destreza de los estudiantes en determinadas competencias también favorece su rendimiento en las actividades requeridas en el ABPt. Claros ejemplos serían el trabajo en equipo, la resolución de problemas o la comunicación oral y escrita.

Otra conclusión importante ha sido la correlación entre la motivación del estudiante y distintos aspectos académicos. Destacamos tres: a) Una mayor motivación del estudiante indica una mejor actitud frente al trabajo en equipo; b) Los alumnos muestran distinto tipo de motivación en las asignaturas obligatorias que en las optativas, en las primeras hay una mayor motivación por el resultado; y c) Los alumnos que muestran inicialmente mayor miedo al fracaso son los que tienden a obtener finalmente peores calificaciones. Hemos comprobado que las metodologías de aprendizaje activo y la evaluación continua tienden a mejorar los resultados académicos de los estudiantes. En este sentido, pensamos que su utilización puede paliar los puntos b) y c).

Particularizando en el ABPt, tanto la bibliografía como nuestros estudios apuntan a que tiende a aumentar la motivación de los estudiantes, por lo que también influiría positivamente en los puntos a), b) y c) indicados. En concreto, podría ayudar a mejorar la actitud de los estudiantes, incrementaría la motivación por el aprendizaje en las asignaturas obligatorias y podría reducir el miedo al fracaso. Sin embargo, dada la importancia que tiene la motivación en el rendimiento académico consideramos conveniente explorar algunas medidas específicas para motivar lo más posible a los estudiantes y no solo limitarnos a aplicar el ABPt.

Capítulo 4

Método para la formación y el desarrollo de competencias genéricas

4.1 Introducción. Necesidades y requisitos del método

Basándonos en las conclusiones explicadas en el capítulo anterior y como solución al problema de la integración de las competencias genéricas en la enseñanza de las ingenierías definido en el capítulo 1, en este capítulo se propone una estrategia para introducir la formación, desarrollo y evaluación de competencias transversales en la práctica académica universitaria habitual. Para ello se define un método de implantación [118] que contempla las necesidades detectadas en los estudios preliminares: periodos más largos que un cuatrimestre, impartir formación específica de las competencias e integrar dichas competencias en las actividades docentes sin alterar significativamente su funcionamiento.

Inicialmente, definimos unos requisitos que debe contemplar el modelo propuesto:

1. Debe cubrir suficientemente las competencias especificadas por los planes de estudio, por el marchamo competencial definido por la universidad y en particular las competencias genéricas especificadas por el RD 1393/2007 [2].
2. Debe ser flexible; es decir, que se adapte a las características del centro universitario donde se va aplicar.
3. Debe introducirse de una forma "suave"; es decir, alterando lo menos posible la organización de la docencia actual de las asignaturas.

Basado en este método, la ETSISI puso en marcha un plan piloto en los títulos de Grado en Ingeniería del Software (IS) y Grado en Ingeniería de Computadores (IC) de 2009. Posteriormente los nuevos planes de estudio elaborados en 2014 se diseñaron teniendo este plan de integración de competencias.

4.2 Definición del método

El método para implantar el desarrollo y evaluación de competencias transversales en estudios universitarios de grado tiene, desde nuestro punto de vista, tres componentes. Por un lado es necesario definir el proceso; es decir, el conjunto de actividades a realizar así como su secuencia temporal y fijar las dependencias entre éstas. Por otro, es necesario evaluar el producto generado por el proceso. En este caso el producto consiste fundamentalmente de tres partes: material de soporte para hacer posible la implantación (material para formación y evaluación, encuestas de opinión a los colectivos, cuaderno-guía de cada competencia, herramientas web), el conjunto de tareas elaboradas para medir las competencias y el conjunto de calificaciones sobre competencias transversales de los estudiantes. Por último, es preciso elaborar un protocolo que vigile la correcta ejecución del proceso y proponga mejoras sobre el mismo; es decir, es necesario elaborar un protocolo de control de calidad.

4.2.1 Descripción del proceso

En el método propuesto se han definido un conjunto de actividades para guiar la implantación del proceso de formación y evaluación de competencias transversales en estudios universitarios de grado. Las actividades propuestas son las siguientes:

1. Configuración de la lista de competencias genéricas que se van a trabajar. Esto implica hacer una análisis de las competencias especificadas en los planes de estudio para verificar que:

a. En el conjunto de las competencias indicadas aparecen todas las definidas en el marchamo competencial de la universidad.

b. Las competencias indicadas soportan, en su conjunto, las definidas por el RD 1393/2007 del Ministerio de Educación y Ciencia.

Para la elección de las competencias se sugiere, además, tener en cuenta las competencias "más votadas" en las asignaturas de la titulación. Por "más votadas" nos referimos a aquellas competencias que más asignaturas o materias han mencionado que van a trabajar.

2. Desarrollar un mapa de competencias que establezca el orden en que se van a trabajar en el plan de estudios. El orden se establece atendiendo a la complejidad de las competencias y a las dependencias que puedan existir entre ellas. Estas dependencias se tienen que interpretar como "las competencias en las que nos vamos a basar para desarrollar una nueva competencia". Dicho de otra forma, cuando se va a desarrollar una competencia, qué otras competencias se supone que el estudiante ya ha adquirido. Consideramos que desarrollar una competencia consiste en dar formación al alumno, en la asignatura o fuera de ella, ponerla en práctica durante el curso y evaluarla.

3. Para cada competencia se especifica la siguiente información:

   a. Plan de formación de los estudiantes y, previamente, de los profesores. Es necesario articular, de acuerdo con las autoridades académicas, una estrategia que permita formar a los estudiantes en las competencias transversales que demanda nuestra Universidad. Se considera imprescindible que los estudiantes reciban una formación específica, más o menos extensa, sobre la competencia que tienen que desarrollar y que se les va a evaluar. Esto permite al estudiante conocer en qué consisten las tareas que tiene que realizar.

   b. Diseño de uno o varios tipos de actividad con las que se va a desarrollar dicha competencia en las asignaturas. El objetivo del método es introducir las competencias en las asignaturas a través del desarrollo de actividades en su programación docente. Para ello, para cada competencia se diseñan unos modelos de actividades que favorecen su desarrollo y permiten su evaluación. Estos tipos de actividades se presentan como propuestas a las asignaturas, de manera que dichas asignaturas estudien la forma de incorporarlas a su programación docente, o bien adapten algunas de sus actividades ya previstas al tipo de actividad que se les propone. A este respecto Rué [119] afirma que "*Por el contrario, cuando la propuesta se enraíza en las características y requerimientos del contexto en el que se desarrolla, cuando se conoce su lógica, puede incrementar su solidez y el grado de relevancia de la formación propuesta*" (p. 9).

   c. Método de evaluación de dicha competencia. En la mayoría de los casos la evaluación de la competencia estará ligada a las actividades llevadas a cabo para desarrollarla. De esta forma se consigue una evaluación de la competencia integrada en la formación técnica que está adquiriendo el estudiante. La evaluación se puede realizar de diferentes formas: test, resolución de ejercicios específicos y en muchos casos a través de rúbricas. Este último caso, requiere la elaboración previa de dichas rúbricas comunes de manera que una misma competencia sea evaluada con una misma rúbrica en todas las asignaturas que trabajen dicha competencia.

4. Proyectar el mapa de competencias en los cuatrimestres del plan de estudios. El conjunto de competencias a trabajar en cada cuatrimestre es el conjunto resultante de la unión de los conjuntos de competencias definidas en cada una de las asignaturas que se imparten en ese cuatrimestre. El modelo propone que cada competencia se repita en varios cuatrimestres, al menos en dos. Esto nos dará una idea de la mejora en el desempeño de la competencia por parte de nuestros estudiantes.

5. Se asigna a cada asignatura las competencias a trabajar, de acuerdo al mapa establecido en el paso 4. Para la asignación se tiene en cuenta las competencias indicadas por cada asignatura en su guía docente y las preferencias de la asignatura entre las competencias indicadas teniendo en cuenta que todas las competencias deben quedar encuadradas en, al menos, un asignatura. Además, se considera conveniente que una misma competencia se trabaje en varias asignaturas de un mismo cuatrimestre.

De esta forma el estudiante experimenta cómo aplicar la competencia en diferentes contextos, lo que le permite hacerse una idea más precisa de la utilidad de dicha competencia. Cada asignatura puede trabajar una o dos competencias como máximo. Excepcionalmente podría intervenir en tres competencias si alguna de ellas está relacionada con la comunicación oral/escrita o es una asignatura tipo proyecto.

6. Estudio de viabilidad para la implantación del plan de competencias. Por motivos prácticos es necesario plantearse si, para una primera aproximación a la implantación del modelo, la institución está en condiciones de abordar todas y cada una de las competencias definidas en sus planes de estudio. Es preciso, en este punto, comprobar si se cuenta con la participación de un número suficiente de asignaturas. Además de poder contar con los recursos humanos suficientes, también es necesario contar con tiempo y con recursos económicos. Tiempo para que los profesores puedan formarse en dichas competencias para poder luego transmitirla a sus estudiantes; tiempo para poder elaborar un nuevo conjunto de actividades en sus asignaturas que contemplen las facetas definidas en las competencias transversales a tratar; y tiempo, por último, para evaluar y obtener las calificaciones de los estudiantes. Los recursos económicos son necesarios ya que nada es gratis. La formación a los profesores la podría impartir personal de algún organismo como pueden ser los del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE). Pero a veces es necesario recurrir a la contratación externa de especialistas para impartir dicha formación
7. Establecer un protocolo para la coordinación de las asignaturas que van a impartir una misma competencia (en un mismo cuatrimestre o en cuatrimestres distintos), o bien competencias dependientes en cuatrimestres distintos. Esto permite, unificar criterios antes del desarrollo de la competencia y compartir conclusiones al finalizar de cara a los próximos cursos.

4.3 Aplicación del método y validación. Experiencia en la ETSISI

El método descrito se ha puesto en práctica en la ETSISI. Este trabajo fue coordinado por dos subdirecciones: Subdirección de Ordenación Académica y Subdirección de Calidad. Los miembros del grupo DMAE que habían trabajado en el diseño del método colaboraron activamente en distintas comisiones encargadas de la organización e implementación del plan.

Distinguimos tres fases en la puesta en práctica. Inicialmente se llevó a cabo un plan piloto para integrar las competencias en los dos primeros años de los títulos de grado, las asignaturas participaban de forma voluntaria. Esta experiencia se publicó en [120] y se presentó en dos ponencias invitadas [121] [122]. Posteriormente, este plan piloto se extendió a todos los cuatrimestres y se aplicó a todas las asignaturas de los planes de estudio de 2009. Finalmente, el método se utilizó para definir la parte correspondiente a las competencias genéricas de los nuevos planes de estudio de 2014. Estas implementaciones han servido como validación del método.

4.3.1 Estructura organizativa

A continuación resumimos la estructura organizativa para llevar a cabo la aplicación del proceso en la ETSISI (figura 4.1). El principal trabajo de coordinación lo lleva a cabo la Comisión de Seguimiento formada por 7 personas procedentes de las subdirecciones de Ordenación Académica y Calidad, y miembros de los grupos CALEE y DMAE (http://gruposdia.eui.upm.es/). Esta comisión elabora estrategias a medio plazo relacionadas con la implantación progresiva de las competencias en el plan de estudios y planificando las fases y las tareas del proceso. Además, planifica y supervisa la elaboración del material necesario, tales como guías y recursos web, genera directrices para los planes de formación y coordina el plan de calidad de este proceso. Esta comisión fue la encargada de elaborar la propuesta de plan piloto que se presentó a la Junta de Escuela del centro. Por cada competencia existe una comisión formada por un coordinador y el conjunto de profesores que participan en el desarrollo de la competencia en distintas asignaturas. Esta comisión propone, a la Comisión de Seguimiento, actividades para el desarrollo y evaluación de la competencia así como para la coordinación entre dichas actividades. Al finalizar el curso académico la comisión de cada competencia hace una valoración de la experiencia, elaborando un informe final. Por último, la Coordinación General, ejercida por los

responsables últimos del proyecto, se encarga de mantener la perspectiva global del proyecto y de la prospectiva del mismo.

Figura 4.1. Comisiones, coordinadores, reuniones y tareas.

4.3.2 Proyecto piloto en los dos primeros cursos de los títulos de grado

Las competencias genéricas que figuran en los planes de estudios de las Titulaciones de Graduado en IS y Graduado en IC son, por un lado, las acordadas por la UPM, descritas en el documento elaborado por la Comisión Asesora para la Reforma de Planes de Estudio en la UPM (2008) y por otro, las competencias comunes a la Ingeniería Informática que han sido tomadas del Acuerdo del Consejo de Universidades por el que se establecen recomendaciones para la propuesta por las universidades de memorias de solicitud de títulos oficiales en los ámbitos de la Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Química [123].

El modelo propuesto se implantó, en forma de proyecto piloto durante el curso 2012/13 en el primer curso de los dos títulos de grado que en ese año impartía la Escuela Universitaria de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid: Grado en Ingeniería del Software y Grado en Ingeniería de Computadores. Posteriormente se planificó la implementación en las asignaturas de segundo año para el curso 2013-2014. En la Tabla 4.1 se muestra el conjunto de asignaturas que integran los dos primeros cuatrimestres en ambos títulos de grado. Detrás de cada asignatura, y entre paréntesis, figura el número de estudiantes matriculados en dicha asignatura. En total hay 558 estudiantes matriculados en IS (83,3% hombres; 16,7% mujeres) y 442 en IC (88% hombres; 12% mujeres).

Tabla 4.1. Población en las asignaturas de primer curso

Ingeniería del Software (IS)		**Ingeniería de Computadores (IC)**	
ct*	**Asignatura**	**ct***	**Asignatura**
1º	Álgebra (230)	1º	Análisis Matemático (203)
1º	Fundamentos de Economía y Empresa (244)	1º	Aspectos Sociales, Legales, Éticos y Profesionales (141)
1º	Fundamentos de la Programación (147)	1º	Fundamentos de la Programación (183)

1º	Fundamentos Físicos y Tecnológicos de la Informática (219)	1º	Fundamentos Físicos de la Informática (198)
1º	Matemática Discreta (203)	1º	Sistemas Digitales (182)
2º	Análisis Matemático (260)	2º	Álgebra (182)
2º	Aspectos Jurídicos, Profesionales, Éticos y Sociales (136)	2º	Estructura de Computadores (158)
2º	Estructura de Computadores (201)	2º	Estructura de Datos (183)
2º	Estructura de Datos (176)	2º	Matemática Discreta (184)
2º	Programación Orientada a Objetos (187)	2º	Tecnología de Computadores (193)

ct*: cuatrimestre

Los 7 pasos propuestos por el modelo se llevaron a cabo de forma que se explica a continuación.

1. Configuración de la lista de competencias genéricas que se van a trabajar. Para configurar esta lista seguimos los criterios indicados en el punto 1 del epígrafe Descripción del proceso. Analizamos, en ambos títulos de grado, las competencias "más votadas". A continuación comprobamos que entre ellas figuran las indicadas en el marchamo competencial de la UPM. Por último analizamos como las competencias seleccionas hasta ahora soportan a las definidas en el RD 1393/2007. El resultado se muestra en la Tabla n.3. Es necesario puntualizar que existen tres competencias que no son comunes a los dos grados, a saber: "Toma de decisiones" y "Trabajo en un contexto internacional" (en IC) y "Reconocimiento a la interculturalidad" (en IS). Por esta razón y dado que no aparecen entre las 9 competencias señaladas por la UPM en su "marchamo competencial" (UPM, 2013) no serán seleccionadas para este proyecto piloto. En cuanto a la competencia "Uso de la lengua inglesa" la UPM ya exige a sus egresados un nivel B2 emitido por una entidad certificadora. Por su parte, la competencia "Uso de las TIC" se entiende desarrollada y evaluada de manera implícita en ambos títulos de grado. Por tanto, estas dos últimas tampoco serán seleccionadas. Puede observarse en la Tabla 4.2 que tanto el trabajo en equipo como el liderazgo, una faceta del trabajo en equipo, soportan a las cinco competencias básicas. En el RD 1393/2007 no se indica si las tareas las realizan los estudiantes de manera individual o en grupo.

Tabla 4.2. Competencias y Competencias Básicas del RD 1393/2007

		CB1	CB2	CB3	CB4	CB5
1	Razonamiento crítico		■	■		
2	Análisis y síntesis	■				
3	Resolución de problemas		■			
4	Aprendizaje autónomo					■
5	Comunicación oral y escrita		■		■	
6	Creatividad		■			■
7	Motivación por la calidad y la mejora continua					■
8	Trabajo en equipo	▨	▨	▨	▨	▨
9	Organización y planificación			■		
10	Liderazgo	▨	▨	▨	▨	▨
11	Respeto al medio ambiente			■		

2. Desarrollar un mapa de competencias. El diagrama de la Figura 4.2 presenta las once competencias seleccionadas y las dependencias entre ellas. La competencia de "Comunicación oral y escrita" se ha dividido en dos. El motivo es facilitar su formación y evaluación, ya que una asignatura podría optar por desarrollar sólo una de ellas. Además, las competencias "Resolución de problemas" y "Expresión escrita" se han desglosado en dos partes, abordando en cada una de ellas diferentes objetivos o niveles dentro de la

misma competencia. Finalmente, se ha añadido la competencia "Expresión oral y escrita en lengua Inglesa".

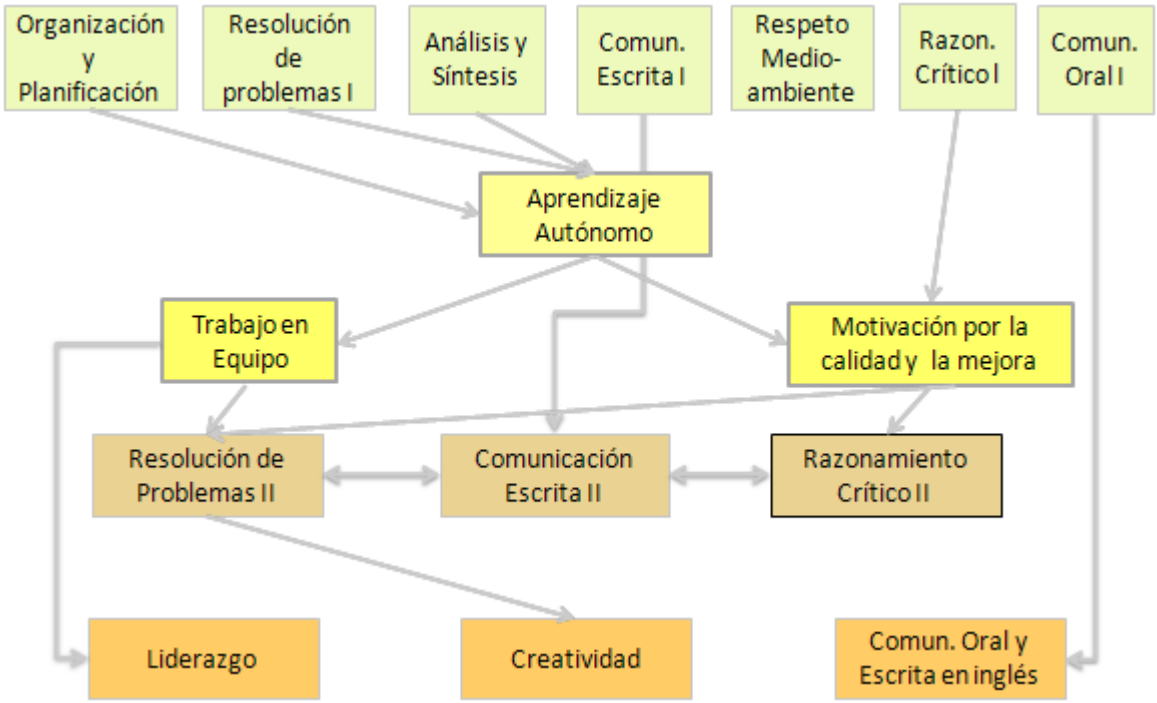

Figura 4.2. Relaciones entre las competencias transversales seleccionadas

3. Documentar cada competencia. De las tres dimensiones que tiene esta actividad, a modo de ejemplo, describiremos el aspecto de evaluación para la competencia resolución de problemas. La estrategia evaluadora es una rúbrica que tiene las siguientes facetas multivaloradas: (1) identificación del problema; (2) recopilación de información; (3) estrategia de resolución; (4) eficiencia del método elegido; (5) resultados; (6) conclusiones; y (7) tecnologías: uso de recursos. Por supuesto, existen otras estrategias evaluadoras que no están centradas en el uso de rúbricas y que, actualmente, estamos evaluando como complementos para una evaluación formativa, como es el caso de protocolos basados en la observación.

4. Proyectar el mapa de competencias en los cuatrimestres del plan de estudios. En la Tabla 4.3 se organizan las competencias por semestres, atendiendo a las dependencias indicadas en la Figura n.1. Los números entre paréntesis indican el número de veces que los alumnos trabajan la competencia.

Tabla 4.3. Mapa de Competencias

Semestre	**Competencias abordadas en el semestre**			
Primero	Expresión escrita (documentos básicos) (1)	Resolución de problemas dirigidos (1)	Análisis y Síntesis (1)	Respeto al medioambiente (1)
Segundo	Organización y Planificación (1)	Resolución de problemas (individuales-dirigidos) (2)	Expresión Oral (1)	Razonamiento Crítico (básico) (1)
Tercero	Organización y Planificación (2)	Aprendizaje Autónomo (1)	Expresión Escrita (2)	
Cuarto	Trabajo en Equipo (1)	Motivación por la mejora (1)	Análisis y Síntesis (2)	
Quinto	Expresión Escrita (documentos científico-técnicos) (3)	Resolución de problemas (grupos-abiertos) (3)	Trabajo en equipo (2)	Aprendizaje Autónomo (2)

Sexto	Liderazgo (1)	Creatividad (1)	Razonamiento Crítico (documentos científico-técnicos) (2)	Motivación por la mejora (2)
Séptimo	Expresión Oral (2)	Expresión oral y escrita en lengua inglesa (1)		

5. Asignar a cada asignatura las competencias a trabajar. A título ilustrativo, en la Tabla 4.4 se indica para el título de grado de IC y para los dos primeros cuatrimestres, el conjunto de asignaturas que se imparten y las competencias que dichas asignaturas han declarado en las guías docentes que van a tratar. Puede comprobarse, una vez más, el enorme número de competencias que cada asignatura ha declarado que iba a tratar. Después de celebrar reuniones con los coordinadores de las asignaturas, la asignación de competencias a asignaturas figura en la Tabla 4.4 con fondo oscuro.

Tabla 4.4. Competencias en asignaturas del título de grado de Ingeniería de Computadores

	Asignatura / Competencia	Razonamiento crítico	Análisis y síntesis	Resolución de problemas	Aprendizaje autónomo	Comunicación oral y escrita	Creatividad	Motivación por la calidad y la mejora continua	Trabajo en equipo	Organización y planificación	Liderazgo	Respeto al medio ambiente
1º	Análisis Matemático	X	X	X								
1º	Aspectos Sociales. Legales, Éticos y Profesionales	X	X	X		X	X		X	X	X	X
1º	Fundamentos de la Programación	X	X		X	X	X	X	X			
1º	Fundamentos Físicos de la Informática	X	X	X	X		X					
1º	Sistemas Digitales	X	X	X	X	X			X			
2º	Álgebra	X	X	X	X		X					
2º	Estructura de Computadores		X	X	X	X						
2º	Estructura de Datos	X	X		X	X	X	X	X			
2º	Matemática Discreta	X	X	X	X		X					
2º	Tecnología de computadores	X	X	X	X	X			X			

6. Viabilidad del plan. El plan trazado en el primer semestre de 2012 con respecto al primer semestre del curso 2012/13 ponía de manifiesto la reticencia a participar de algunas asignaturas en el plan general así como de desarrollar alguna de las competencias inicialmente asignadas. A pesar de estas reticencias, se ha contado con un número suficiente de asignaturas que ha hecho viable la implementación. Por otro lado, la formación del profesorado en la competencia con la que debían trabajar ha sido fundamental a la hora de asumir el desarrollo y evaluación de dicha competencia. En estos momentos ya se ha planificado la formación para los profesores con el objeto de encarar el tercer semestre del plan de estudios y las competencias asociadas.

7. Coordinación. La coordinación es un aspecto fundamental para la integración de competencias en un plan de estudios. Para el proyecto piloto que se ha descrito se crearon las estructuras organizativas explicadas en el apartado 4.3.1.

Productos generados por la ejecución del proceso

De la ejecución del proceso descrito en este trabajo se han generado multitud de productos. Entre ellos queremos destacar los siguientes:

- Sin duda, el producto más importante generado por la ejecución de este estudio es el acuerdo alcanzado a nivel de centro, departamentos y profesores sobre la necesidad de avanzar en la línea de las competencias transversales. Aún existiendo reticencias iniciales, hay un consenso suficiente que concurre en la necesidad de abordar este problema. Este consenso quedó reflejado en la aprobación del plan en acuerdo de la Junta de Escuela.
- Documentación elaborada. Se han generado documentos a nivel organizativo que describen el proceso de implantación, las estructuras de coordinación y gestión, plan de calidad y documentación de carácter general. También se han elaborado guías para cada una de las competencias con informaciones para orientar a los profesores en la implantación de dicha competencia en su asignatura. Al final del curso se elaborará un informe final por competencia donde se reflejen las conclusiones y los resultados de la evaluación. Todo ello está recogido en un portal web que permite el trabajo cooperativo de las personas involucradas en el proceso. La URL de dicho portal es: http://e-ducacion.eui.upm.es/.
- Se ha desarrollado una herramienta software cuyo objetivo es almacenar y procesar los resultados de evaluación de las competencias. La herramienta permite configurar las facetas de cada competencia, las rúbricas para evaluar las mismas y la asignación de competencias a asignaturas. Con esta herramienta cada profesor pueden introducir los resultados de evaluación de las competencias que ha trabajado en su asignatura. Es una aplicación web cuya URL es: https://competenciasdesa.eui.upm.es/.

Plan de calidad

Los planes de estudio impartidos en la ETSISI y verificados por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) incorporan un plan de calidad según las directrices de calidad emanadas de esa agencia y de la UPM. El documento que describe dicho plan se denomina "Proceso de Formación de Competencias.- PR/CL/2.5/001". El fin de este procedimiento es describir el proceso mediante el cual la ETSISI apoya la formación del estudiante en la adquisición de competencias transversales y el desarrollo de determinadas capacidades en los ámbitos personal, interpersonal, social y profesional, para dirigirles hacia una mejor preparación para la inserción laboral y social, facilitando la adquisición de las mismas. Este proceso también tiene por objeto que los profesores potencien la adquisición de dichas competencias y el desarrollo de determinadas capacidades en los ámbitos personal, interpersonal, social y profesional. La ejecución de estos procedimientos consiste en la adquisición de indicadores tanto sobre el desarrollo del proceso como sobre los productos generados por el mismo. Entre estos productos se pueden mencionar las calificaciones de las evaluaciones sobre competencias transversales obtenidas por los estudiantes, las tareas elaboradoras en diferentes asignaturas para el desarrollo de determinadas competencias y el análisis de las rúbricas utilizadas en la evaluación.

Plan de formación

Dentro de este plan piloto se ha organizado la impartición, por parte del ICE de la UPM, de cursos de formación a estudiantes de primer curso durante el mes de septiembre de 2012 sobre competencias en comunicación oral y escrita. Y de nuevo, en enero de 2013, se han repetido los cursos anteriores además de realizar un curso sobre trabajo en equipo destinado a estudiantes de segundo curso o superiores.

Con respecto a la formación de los profesores, el ICE de la UPM impartió durante los días 1 y 2 de julio de 2013 sendos cursos sobre "Resolución de problemas" y "Organización y planificación". Se estudió la posibilidad de implementar un plan integral de formación del profesorado de la ETSISI en las 11 competencias que se definen en sus planes de estudio.

Discusión de Resultados

Respecto al modelo, cabe destacar la constatación de las características que se ponían inicialmente como requisitos del método: que cubra suficientemente las competencias, que sea flexible y que permita una introducción suave. En cuanto a la flexibilidad cabe destacar la capacidad de adaptación frente a cambios de asignación de competencias a asignaturas. Además la decisión de trabajar todas (o casi todas) las facetas de una competencia en una asignatura se ha demostrado acertada. No hemos observado necesidad de una partición por niveles similar a la propuesta por Sánchez Fermín [50] en la UPC. También es notable que el material de soporte generado, en especial las rúbricas, se ha mostrado determinante a la hora de "reclutar" nuevos profesores para el proceso. Otro dato importante a destacar es la dificultad de elaborar tareas incardinadas en la práctica académica ordinaria de la asignatura y que contemple también las facetas de la competencia que los estudiantes deben desarrollar y, posteriormente, evaluar. Los profesores han comentado que han encontrado dificultades para transitar de las tareas elaboradas hasta ahora y que solo contemplaban competencias específicas de esa asignatura a tareas más complejas. Las reuniones de coordinación se han producido con la frecuencia programada aunque no siempre con los resultados esperados. En algunas reuniones fue imposible evitar el "descuelgue" de alguna asignatura del plan piloto.

4.3.3 Extensión a todas las asignaturas de los planes de estudio de 2009

Una vez obtenidas las conclusiones de la experiencia piloto se abordó la aplicación del plan a todos los cuatrimestres y asignaturas de las dos titulaciones. Cualquier asignatura obligatoria del plan de estudios debería abordar el desarrollo y evaluación de una o dos competencias genéricas previamente asignadas, de tal forma que todas las competencias del mapa quedasen cubiertas. En la tabla 4.5 se muestra la asignación que se realizó para el plan de estudios de 2009 en la titulación de Ingeniería de Computadores. Para cada competencia se definen dos niveles de logro, de forma que los alumnos deben alcanzar un primer nivel 1 de dominio de la competencia en los cursos más bajos y alcanzar un mayor nivel de madurez en los cursos más avanzados. La tabla 4.6 muestra la asignación de competencias de la titulación de Ingeniería del software.

4.3.4 Implementación en los planes de estudio de 2014

Finalmente, en la elaboración de los planes de estudio aprobados en 2014 se utilizó el mismo método y estructura organizativa para especificar la parte correspondiente a las competencias transversales. Los resultados se han visto reflejados en la definición de dichos planes [124] [125], así como en las guías docentes de las asignaturas [126]. En la guía de cada asignatura figuran las competencias asignadas, las actividades organizadas para desarrollar dichas competencias y los criterios de evaluación. Así mismo, las subdirecciones de la ETSISI han comenzado el proceso de recopilación de evidencias de cara a la próxima acreditación de las titulaciones por la ANECA.

4.4 Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se ha expuesto un método para la formación, desarrollo y evaluación de competencias genéricas. El método está pensado para integrar las competencias en un plan de estudios de una manera ordenada y coordinada entre las asignaturas del plan. El método se ha aplicado en tres fases. Inicialmente mediante un proyecto piloto que cubría los dos primeros cursos de los grados de Ingeniería de Computadores e Ingeniería del Software impartidos en la ETSISI. A continuación se extendió a los cuatro cursos que componen las titulaciones y finalmente se utilizó para confeccionar los nuevos planes de estudio de 2014.

El método propuesto ha demostrado empíricamente algunas bondades:

- Es flexible, puesto que se puede aplicar a cualquier conjunto de competencias genéricas y a cualquier titulación;
- Es integral (embedded approach), puesto que la formación, desarrollo y evaluación de las competencias se integra dentro de la dinámica de las propias asignaturas;
- Es económico, ya que cada asignatura se ocupa de un número reducido de competencias y no hay necesidad de diseñar actividades diferenciadas dentro de las asignaturas que requieran una gran cantidad de tiempo;

- Es completo, ya que permite cubrir todas las competencias requeridas en el plan de estudios.

Por otro lado, se han detectado algunas dificultades en su aplicación

- Requieren un esfuerzo a los docentes al tener que rediseñar o adaptar algunas de las actividades que realizaban en sus asignaturas. En este punto se han encontrado algunas resistencias.
- Requiere un esfuerzo importante a las Subdirecciones y a la Comisión de Seguimiento para coordinar y supervisar la implementación llevada a cabo en las asignaturas.
- La asignación de las competencias a las asignaturas se llevó a cabo intentando llegar a acuerdos con los profesores encargados de la impartición. Estas "negociaciones" no resultan sencillas y sobre todo no siempre producen los resultados que se tenían previstos. Como consecuencia, se puede observar en las tablas 4.5 y 4.6 que algunas competencias quedaron algo descompensadas en cuanto al número de asignaturas que las trataban.
- Cabe destacar la falta de información y de formación del profesorado en este campo. Esta formación requiere dedicar tiempo y esfuerzo a unos temas que no todos los docentes consideran importantes y ni siquiera relevantes o imprescindibles.
- Se echan en falta unas directrices claras por parte del Rectorado en el sentido de la obligatoriedad de implantar este tipo de procesos, así como la gestión que se debe hacer con las calificaciones derivadas de la evaluación de competencias transversales.

Otra observación es que resulta fundamental el material que se proporcione a los profesores para desarrollar y evaluar las competencias, por lo que es importante dedicar un esfuerzo en la elaboración del mismo. Este material facilita y anima a los encargados de las asignaturas a participar en el proceso. Aquí incluimos material para formación, ejemplos de aplicación, tipos de actividades que se pueden llevar a cabo o material de evaluación.

Próximamente la ANECA comenzará el proceso de verificación de los títulos de grado. El método desarrollado pretende facilitar la acreditación de dichos títulos en lo que respecta a la formación, el desarrollo y la evaluación de las competencias transversales explicitadas en la memoria del título.

Para finalizar, consideramos que con las experiencias llevadas a cabo podemos confirmar la hipótesis inicial H1 formulada en el capítulo 1: "Estableciendo un plan coordinado a nivel de titulación se facilita la introducción de competencias genéricas de una forma ordenada, efectiva y eficiente". No obstante, en la parte de efectividad haría falta obtener más datos de las evaluaciones realizadas a los egresados de las titulaciones en las que se ha aplicado el método.

Con respecto a los trabajos futuros, consideramos necesario hacer un seguimiento de varias cohortes de estudiantes para analizar los cambios reales que se producen en el desarrollo de las competencias en nuestros estudiantes. Adicionalmente, tal y como hemos comentado anteriormente, se deberá desarrollar un material completo y de calidad que facilite al profesorado llevar a cabo las actividades necesarias para la implantación de las competencias genéricas.

Tabla 4.5. Mapa de competencias/asignaturas en el título de grado de Ingeniería de Computadores (plan 2009)

INGENIERÍA DE COMPUTADORES 2009		Comunicación oral y escrita	Creatividad	Liderazgo de equipos	Organización y planificación	Respeto al medio ambiente	Trabajo en equipo	Aprendizaje autónomo	Capacidad de análisis y síntesis	Razonamiento crítico	Resolución de problemas
	ASIGNATURAS	G1	G2	G3	G4	G5	G8	G9	G10	G13	G14
Semestre 1	ANÁLISIS MATEMÁTICO **								1		
	ASPECTOS SOCIALES, LEGALES, ÉTICOS Y PRO. **					1				1	
	FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN **										1
	FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA INFORMÁTICA **								1		
	SISTEMAS DIGITALES **										1
Semestre 2	ALGEBRA **										1
	ESTRUCTURA DE COMPUTADORES **	E(1)									
	ESTRUCTURA DE DATOS **				1						
	MATEMÁTICA DISCRETA **										1
	TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES										2
Semestre 3	ALGORÍTMICA Y COMPLEJIDAD**							1			
	ARQUITECTURA DE COMPUTADORES **	E(1)									
	ESTADÍSTICA **									1	
	INGENIERÍA DEL PROCESO SOFTWARE				2						
	TEORÍA Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN **								2		
Semestre 4	FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA Y EMPRESA **	OE(2)									
	FUNDAMENTOS SEGURIDAD INFORMÁTICA **				2						
	PERIFÉRICOS E INTERFACES						1				
	PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS Y CONCURRENTE		1								
	TEORÍA DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN**									2	
Semestre 5	REDES DE COMPUTADORES **										2
	ROBÓTICA **										2
	SEMINARIO DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES	OE(2)									
	SISTEMAS OPERATIVOS **	E(2)									
Semestre 6	ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS **	OE(2)									
	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS			1			2				
	REDES AVANZADAS Y SERVICIOS **							2			
	SISTEMAS DISTRIBUIDOS **									2	
Semestre 7-8	ENGLISH FOR PROF. AND ACADEMIC COMMUN.	OE(2)									
	TFG	x	x			x					

Tabla 4.6. Mapa de competencias/asignaturas en el título de grado de Ingeniería del Software (plan 2009)

INGENIERÍA DEL SOFTWARE 2009		Capacidad de análisis y síntesis	Organización y planificación	Comunicación oral y escrita	Resolución de problemas	Trabajo en equipo	Razonamiento crítico	Aprendizaje autónomo	Creatividad	Liderazgo de equipos	Respeto al medio ambiente
	ASIGNATURAS	G1	G2	G3	G6	G7	G9	G10	G11	G12	G15
Semestre 1	ALGEBRA **				1						
	FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA Y EMPRESA			OE(1)							
	FUNDAMENTOS PROGRAMACIÓN **				1						
	FUNDAMENTOS FÍSICOS DE INFORMÁTICA **	1									
	MATEMÁTICA DISCRETA **				1						
Semestre 2	ANÁLISIS MATEMÁTICO **	1									
	ASP. JURÍDICOS, PROF., ETICOS Y SOCIALES. **										2
	ESTRUCTURA DE COMPUTADORES **			E(1)							
	ESTRUCTURA DE DATOS **				1						
	PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS **				1						
Semestre 3	ALGORÍTMICA Y COMPLEJIDAD**							1			
	ESTADÍSTICA **						1				
	INGENIERÍA DE REQUISITOS Y MODELADO **		1								
	SISTEMAS OPERATIVOS **	2									
	TEORÍA DE GESTIÓN INFORMACIÓN **				1						
Semestre 4	APLICACIÓN DE LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN								1		
	FUNDAMENTOS SEGURIDAD DELA INFORMACIÓN**		1								
	INTERACCIÓN PERSONA-MÁQUINA					1					
	PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJ. AVANZADA **							1			
	TEORÍA DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN **						1				
Semestre 5	ARQUITECTURA Y DISEÑO SOFTWARE **			O(2)							
	CONSTRUCCIÓN Y EVOLUCIÓN SOFTWARE			OE(2)	2						
	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS SOFTWARE					2		2			
	REDES DE COMPUTADORES **				2						
	VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN **						2				
Semestre 6	CALIDAD DEL SOFTWARE **								2		
	GESTIÓN DE PROYECTOS Y DEL RIESGO **									2	
	IMPLANTACIÓN Y GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA INFORM.						2				
	ENGLISH FOR PROFESSIONAL AND ACADEMIC COMMUNIC. **			OE(2)							
Semestre 7-8	TFG			x					x		x

Capítulo 5

Método para el diseño de actividades organizadas con ABPt

5.1 Introducción.

Como se explicó en la sección 1.3.3, para dar solución a los problemas planteados con respecto al ABPt, se ha desarrollado un método [127] para el diseño de actividades que siguen la metodología de ABPt. Basándonos en los textos revisados en el capítulo 2, hemos dividido el proceso en tres fases generales: Definición, Soporte y Organización. El objetivo de la primera fase es desarrollar la definición del proyecto, siguiendo los principios del ABP. Esta definición no sólo incluye los objetivos, si no también otra información que ayuda a articular el proyecto. La fase de Soporte se dedica a preparar diversas actividades de aprendizaje y materiales que facilitan el éxito del proyecto. Finalmente, la fase de Organización ayuda a planificar las actividades de enseñanza-aprendizaje a lo largo del semestre. La figura 5.1 muestra estas tres fases que serán descritas en detalle en la siguiente sección.

Cada fase está basada en varias teorías del aprendizaje que serán brevemente introducidas y referenciadas. El modelo coordina estas teorías con el fin de dar solución a las cuestiones planteadas a lo largo de los capítulos anteriores: aplicar correctamente los principios del ABPt, incluir medidas para motivar a los estudiantes, coordinar el ABPt con el plan de integración de competencias, ofrecer a los estudiantes el soporte adecuado y por último favorecer el trabajo autónomo de los estudiantes teniendo en cuenta los nuevos roles de profesores y alumnos en el ABPt. El método sirve de guía para docentes que consideran adecuada la metodología de ABPt pero no tienen experiencia previa en su utilización. Involucrando a los profesores en la utilización de las teorías del aprendizaje durante el diseño de las actividades de ABPt permite alcanzar mejores resultados en la posterior implementación.

5.2 Definición del Método

5.2.1 Fase de Definición

El objetivo de esta fase es obtener una primera definición del proyecto, que incluye la información básica acerca de objetivos, restricciones, recursos etc. Sin embargo, comenzamos reuniendo algo de información previa: resultados de aprendizaje del curso, las actividades profesionales que se llevan a cabo en contextos profesionales relacionadas con la materia del curso y el tema al que queremos que se enfrenten nuestros estudiantes. En cuanto a la término de “actividades profesionales”, Jonassen [85] sugiere que es recomendable involucrar a los estudiantes en la solución de problemas auténticos, donde "auténtico” significa que los estudiantes deben participar en actividades que presentan el mismo tipo de retos cognitivos que en mundo real profesional.

Propuesta de proyecto

El primer paso es escribir la primera propuesta del proyecto, la cual incluye el tema, los objetivos y el trabajo que se debe desarrollarse. Esta propuesta se prepara basándose en principios del ABP revisados en el capítulo 1 y que recordamos a continuación: el uso de problemas como un punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos; aprendizaje de nueva información adquirida a través de la iniciativa propia; enseñanza centrada en el estudiante; aprendizaje en pequeños grupos; docentes actuando como facilitadores y guías en lugar de informantes; aprendizaje basado en la actividad, que requiere tareas de investigación, toma de decisiones y escritura; aprendizaje interdisciplinar, extendiéndose más allá de los

límites establecidos por las asignaturas; práctica ejemplar, asegurando que los beneficios para los estudiantes son ejemplares en cuanto a los objetivos.

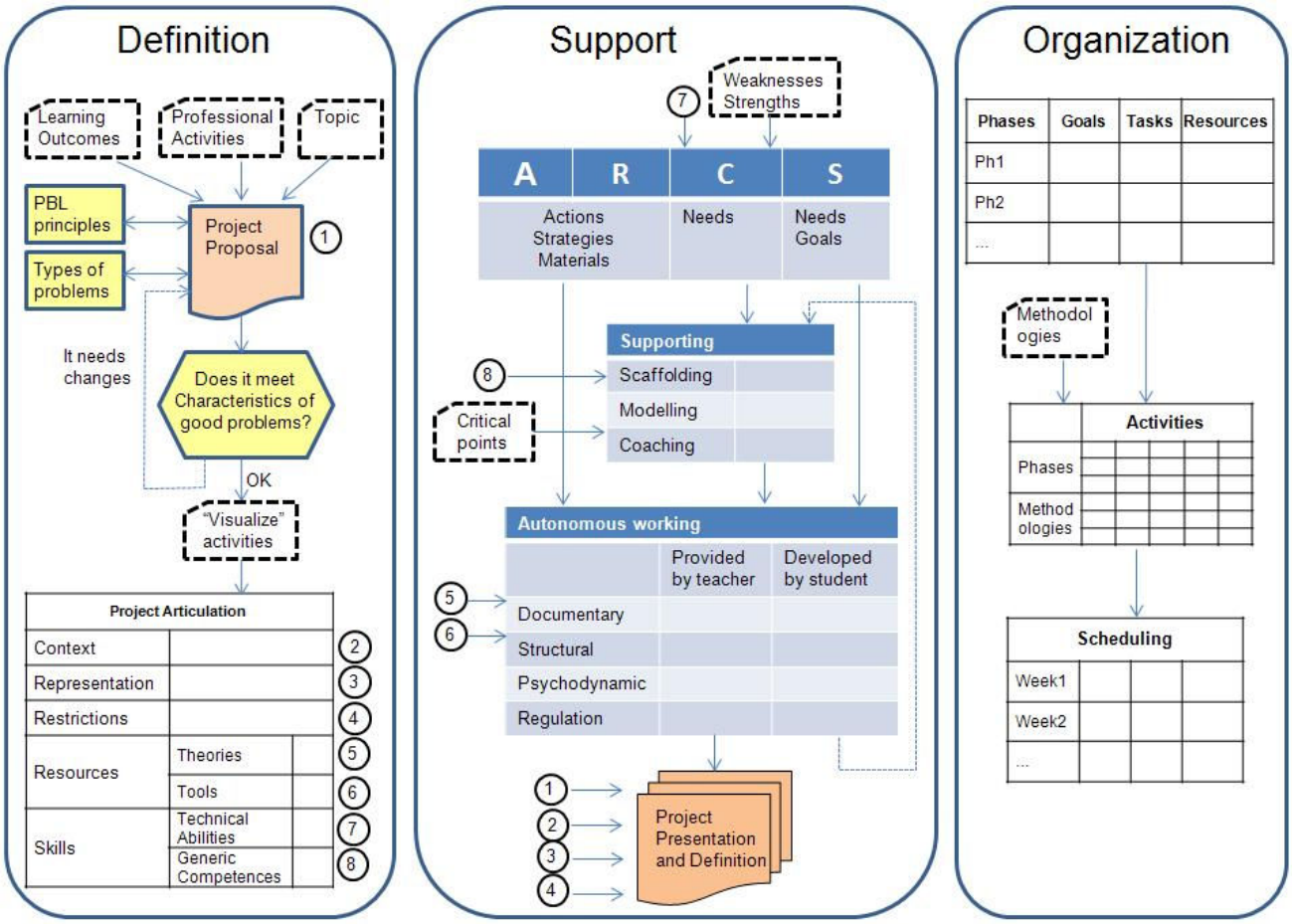

Figura 5.1: Esquema del método para el diseño de actividades de ABPt.

En este momento de la elaboración del proyecto consideramos que es muy útil que los docentes conozcan diferentes tipos de problemas que se pueden diseñar. En el ámbito de la ingeniería se tiende a utilizar problemas de tipo "diseño", sin embargo existen otras posibilidades. Destacamos dos propuestas. Jonassen [18] define once tipos de problemas en el ABP: *Logical problem, Algorithm, Story problem, Rule-using problem, Decision making, Trouble-shooting, Diagnosis-solution, Strategic performance, Cases analysis, Designs* y *Dilemmas*. Este autor diferencia cada tipo de problema y describe el tipo de trabajo que se espera que los estudiantes desarrollen en cada uno de ellos. Es importante que estudiantes y profesores sean conscientes de antemano del tipo de problema al que se enfrentan, pues esto va a marcar la estrategia que se debe seguir para su resolución. El conocimiento por parte del profesor de todas las alternativas que hay en cuanto a los diferentes tipos de problemas puede ayudar a encontrar el proyecto más adecuado para la actividad docente.

Desde una perspectiva diferente, De Graaff [23] define tres tipos de proyectos en función de quién está a cargo de cada tareas. En primer lugar, en el *Task Project* el profesor es quien define el problema y el método necesario para resolverlo. Hay, además, un alto grado de planificación y dirección por parte del docente. En segundo lugar, en el *Discipline Project* los requisitos del programa establecen la disciplina y los métodos llevados a cabo por los alumnos. Los estudiantes, por su parte pueden identificar y definir la formulación del problema dentro de unas pautas. Y en tercer lugar, el *Problem Project* requiere el más alto nivel de autonomía de los alumnos. Inicialmente se propone un tema orientado al problema y luego los estudiantes están a cargo de la elección de las disciplinas y métodos necesarios para resolver el problema. A pesar de que el último tipo ofrece importantes ventajas desde el punto de vista de la metodología ABPt, los profesores deben evaluar el tipo más apropiado para su contexto académico.

A continuación, comprobamos si el proyecto propuesto cumple con las características de un buen problema, tal como están formulados por Kolmos [21]: Es atractivo y orientado al mundo real; Es *ill-structured* y complejo; Genera múltiples hipótesis; Requiere un esfuerzo de equipo; Es consistente con los resultados del aprendizaje perseguidos; Se basa en conocimientos/experiencias anteriores; Promueve el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superiores. De acuerdo a estas características y los principios del ABP deberíamos cuestionarnos si se necesita realizar algunos cambios a nuestra propuesta para adecuarla a una actividad de ABPt.

Articulación del proyecto

Una vez que hayamos confirmado que la propuesta de proyecto está alineada con las características y principios del ABP pasamos a articular el problema, de acuerdo a la propuesta de Jonassen [85]. No obstante, antes de abordar esta tarea, encontramos especialmente útil "visualizar" las actividades que los alumnos tendrán que realizar cuando se enfrenten a la solución del proyecto. A veces, los docentes prefieren implementar un proyecto casi completo similar al proyecto que será desarrollado por los estudiantes. En cualquier caso, el objetivo es tener una idea precisa sobre el trabajo que va a tener que realizar el estudiante, sus necesidades, dificultades y otros temas que nos puedan ayudar a configurar el proyecto.

La articulación del proyecto consta de cinco secciones como muestra la figura 5.1. Primero describimos el contexto del proyecto. La relación del problema con el contexto social y profesional es un tema importante para que los estudiantes comprendan la relevancia. Según Jonassen [25], una representación o modelo del problema puede ayudar a los estudiantes a entender el punto de partida y los objetivos. También se incluyen las restricciones que se imponen en el desarrollo y los recursos que se necesitarán, tanto teóricos como herramientas. Por último, se describen las habilidades que los alumnos tendrán que poner en práctica para desarrollar el proyecto. Podemos distinguir entre dos tipos de habilidades. Por un lado habilidades técnicas son las relacionadas con la disciplina específica del curso (competencias específicas). Por ejemplo, el manejo de entornos de programación o las estrategias para la validación de software son habilidades técnicas importantes en Ingeniería Informática. Por otra parte las competencias genéricas son las transversales a todas las disciplinas, tales como trabajo en equipo, resolución de problemas o comunicación escrita. Con respecto a estas últimas, proponemos incluir no sólo las competencias que son requeridas por las actividades del proyecto, sino también otras competencias que son objetivos específicos del plan de estudios de grado. En este punto se enlaza el modelo para el diseño de actividades de ABPt con el modelo de integración de competencias definido en el capítulo 4.

Los números especificados mediante círculos en la fase de definición se utilizan para identificar las partes que se van a utilizar en fases posteriores del modelo. En la fase de Soporte, estos números junto con una flecha indican dónde se utiliza esta información procedente de la fase de definición.

5.2.2 Fase de Soporte

Inicialmente recopilamos cierta información sobre las principales debilidades y fortalezas de los estudiantes que van a desarrollar el proyecto. Esta información puede obtenerse de los estudiantes que han seguido el curso en años anteriores o bien de información recopilada de asignaturas anteriores en el plan de estudios. Las fortalezas y debilidades son importantes en el diseño del apoyo de ABP para poder proporcionar más ayuda en aquellos aspectos en los que el estudiante tiene más deficiencias.

Motivación de los estudiantes

Varios autores, como Ames [128], señalan la motivación como uno de los aspectos más importantes en la educación. Esta idea coincide con las conclusiones obtenidas de nuestros estudios preliminares vistos en el capítulo 3. Entre los diferentes métodos o estrategias que se utilizan para motivar a los estudiantes, nosotros hemos obtenido resultados satisfactorios con el modelo ARCS [129]. Este modelo ofrece una idea sencilla, práctica y soportada por información muy útil del propio autor, donde se pueden encontrar ejemplos y pautas de utilización. Por estos motivos decidimos integrarlo en nuestro método.

El Modelo ARCS, definido por Keller [130], tiene como objetivo promover y mantener la motivación del estudiante en el proceso de aprendizaje. Propone cuatro etapas: Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción. En primer lugar, Keller describe varias formas de atraer la atención de los estudiantes,

sorprendiendo y estimulando la curiosidad. A continuación, introduce la relevancia del problema para incrementar la motivación del alumno. La etapa de Confianza ayuda a los estudiantes a entender su probabilidad de éxito. Si sienten que no pueden cumplir los objetivos o que el coste (tiempo y esfuerzo) es demasiado alto, su motivación disminuirá. Finalmente, Keller sugiere varias ideas para hacer que los estudiantes encuentren la satisfacción de su aprendizaje [131].

Siguiendo el modelo de Keller, enumeramos y describimos las acciones, estrategias y materiales que vamos a utilizar para captar la atención del estudiante. Del mismo modo se describen los mismos elementos para resaltar y transmitir a los estudiantes la relevancia de su proyecto. A continuación, abordamos la confianza de los estudiantes. En particular, tratamos de identificar cuáles son las necesidades de los estudiantes para alcanzar la confianza suficiente. En este punto, la información recopilada acerca de las habilidades técnicas necesarias y las debilidades de los estudiantes proporciona pistas importantes qué necesitan los estudiantes para incrementar su confianza. La aplicación del modelo ARCS termina identificando cómo podemos favorecer la satisfacción de los estudiantes. ¿Qué necesitan los estudiantes para sentir satisfacción con el desarrollo de su proyecto?

Diseño del soporte

En el capítulo 1 ya hicimos hincapié en las dificultades que encuentran los estudiantes al utilizar el ABPt y la importancia que tiene el diseño de un soporte adecuado para el alumno. Si el apoyo es escaso le estudiante encontrará serias dificultades y, en consecuencia, disminuirá la motivación. Por otra parte, si el soporte es excesivo el ABPt perderá la dimensión de auto-aprendizaje. Así que los profesores deben pensar en el apoyo adecuado que necesitan los alumnos en su contexto.

Antes de tratar con estrategias de soporte, proponemos analizar los puntos críticos del proyecto. Identificamos dos tipos de puntos críticos. En primer lugar, las tareas o fases en que los estudiantes encuentran más dificultades debido a su complejidad o la falta de experiencia del alumno. En segundo lugar, algunos puntos críticos pueden ser las "piedras angulares" del proyecto, es decir, las fases o tareas de las cuales depende la viabilidad o el éxito del proyecto.

Simons [132] pone de relieve la importancia del Soporte para ayudar a los estudiantes a lograr mejores resultados en el ABPt. Varios autores han elaborado propuestas para el diseño del soporte en diferentes contextos: para la búsqueda de información [133], para resolución de problemas [134] o para la reflexión [135]. En el contexto del ABPt nos resulta adecuado el modelo de Jonassen [18].

Por tanto, diseñamos el material de soporte según el modelo de Jonassen. El autor identifica tres tipos de apoyo: *Scaffolding*, *Modelling* y *Coaching*. Modelling se centra en la forma en que el experto desempeña las tareas. Se distinguen a su vez dos tipos. *Behavioral modelling* muestra cómo llevar a cabo las actividades identificadas en la actividad, proporciona al estudiantes un ejemplo del procedimiento que se desea que lleve a cabo. *Cognitive modelling* articula el razonamiento, la toma de decisiones y la argumentación que los estudiantes deben utilizar mientras desarrollan los distintos pasos de la actividad. *Coaching* se centra en el rendimiento del alumno, consiste en acompañar, instruir y enseñar a una persona para apoyarla mientras persigue un objetivo personal o profesional. Finalmente, *Scaffolding* se centra en la naturaleza de la tarea y el entorno. Ofrece marcos para apoyar el aprendizaje y el rendimiento del estudiante llegando más allá de lo que le permiten sus capacidades.

En nuestro caso, en primer lugar proponemos pensar en los puntos del proyecto (fases, tareas, actividades, etc.) en el que los estudiantes necesitan un apoyo específico. La mayoría de estos puntos se puede identificar mediante el análisis de la información elaborada sobre las necesidades de confianza, competencias genéricas y los puntos críticos. Para cada uno de estos puntos, pensamos en el tipo más apropiado de apoyo (*Scaffolding*, *Modelling* o *Coaching*). La pregunta que nos planteamos en esta etapa es: ¿Qué soporte necesitan nuestros alumnos para superar estos puntos del proyecto? ¿cuál es el soporte más adecuado en cada caso?

Trabajo autónomo

En la sección de Propuesta de Proyecto, hemos mencionado una característica importante del ABPt: "adquirir nueva información a través del aprendizaje autodirigido". Sin embargo, tenemos que equilibrar este aspecto con otras ideas ya expuestas: "a veces, los estudiantes experimentan dificultades en los primeros años con el

mayor nivel de aprendizaje autodirigido". En esta etapa proponemos pensar en el nivel de autonomía que consideremos conveniente para nuestros estudiantes.

De esta forma, el siguiente paso consiste es organizar el contenido del curso, incluyendo documentos, herramientas, actividades, tareas etc. En particular, queremos determinar cuáles de esos contenidos serán proporcionados por el profesor y cuáles van a ser responsabilidad de los estudiantes a través de su trabajo autónomo. Rué [136] clasifica estos contenidos en cuatro clases: Documental (teorías e información necesarias), Estructural (ideas, reglas y herramientas para actuar o trabajar), Psicodinámica (se centra en la relación entre las personas, miembros de un grupo, relativas al trabajo) y Regulación (información necesaria para dirigir el trabajo y evaluarlo o auto-evaluarlo). Para cada elemento que ponemos en una de estas clases podemos decidir si éste será proporcionado por el profesor o debe ser desarrollado por los propios estudiantes. Colocaremos en la columna "proporcionado por los profesores" aquellas cosas que sabemos que el estudiante no puede hacer por sí mismo (o en grupos) o a las que no queremos que dedique tiempo. Por otra parte, se colocarán en la columna "Desarrollado por los propios estudiantes" aquellas cosas que los estudiantes pueden hacer con la ayuda del profesor, con la ayuda de sus compañeros o por sí mismo.

Para integrar este modelo en nuestro método, proponemos la elaboración de la tabla de Trabajo Autónomo (figura 5.1) teniendo en cuenta cierta información recopilada en los pasos anteriores: acciones, estrategias y materiales para captar la atención y mostrar la relevancia; necesidades y objetivos para lograr la satisfacción del estudiante; todos los materiales descritos en la sección de Soporte (incluyendo cualquier tipo *Scaffolding, Modelling y Coaching*). También se incluyen en esta sección la base teórica y las herramientas que se necesitan para el desarrollo del proyecto, marcados con los números 5 y 6 en la figura 5.1. Para cada uno de estos elementos incluidos en la tabla pensamos en las responsabilidades del profesor y de los alumnos. Es decir, decidimos qué elementos serán proporcionados o realizados por el profesor. Por otro lado, definimos aquellos materiales y actividades de los que se responsabilizarán los propios alumnos. Esta organización se realiza según criterios de Rué. Una vez terminada la tabla, sugerimos revisarla con el fin de detectar posibles lagunas en alguna de las secciones. Por ejemplo, en algunos casos las secciones de Estructural y Regulación tienden a tener menos elementos y podríamos considerar añadir nuevas actividades o facilidades que podrían ser útiles para reforzar aspectos que facilitan la forma de trabajar de los estudiantes y su autoevaluación.

Presentación del proyecto

Para finalizar la sección de Soporte, nos ocupamos de la presentación del proyecto, que no solo consiste en los documentos que se entregarán a los estudiantes, sino también las actividades realizadas para involucrar a los estudiantes en el proyecto y hacer que entiendan su trabajo y sus responsabilidades. En este paso encontramos relevantes algunos consejos presentados por Ertmer [137] centrados en cómo presentar un proyecto a los estudiantes: Hacer que los estudiantes piensen acerca del problema antes de empezar la actividad, sembrar semillas de curiosidad con antelación; "Enganchar" a los estudiantes mediante el uso de un escenario de partida motivador; Programar actividades para facilitar la introducción de los estudiantes en sus nuevos roles y responsabilidades; Resolver pequeños problemas para introducir al estudiante en el método de ABP; Crear actividades para que los estudiantes tengan un primer contacto (dejarles que empiecen a enredar) con el tema del proyecto y entiendan las cuestiones subyacentes. Es más eficaz comenzar con este tipo de acciones que comenzar con un escenario "frío", investigando un tema con el que no están familiarizados.

Además de esta presentación del proyecto incluimos la definición detallada del mismo. Con esta documentación los estudiantes conocen el tipo de trabajo que tienen que desarrollar, las limitaciones, los objetivos finales, los recursos proporcionados por los profesores, las normas etc. La mayor parte de esta información se elabora a partir de la información incluida en la tabla de Trabajo Autónomo. De esta manera, la definición final del proyecto que se entregará a los estudiantes tiene en cuenta los elementos elaborados en los pasos anteriores. Queremos destacar que estos elementos han sido elaborados de acuerdo a las teorías de la educación descritas y a las necesidades de nuestro proyecto.

5.2.3 Fase de Organización

Esta fase consiste en la planificación y organización de las actividades de aprendizaje que se llevarán a cabo a lo largo del cuatrimestre, de modo que obtengamos una planificación completa del curso. Este proceso fue presentado en [138] [139] y propone siete pasos para diseñar el plan docente. La idea

principal es establecer relaciones entre cada fase de proyecto, las actividades que se realizan dentro de la asignatura (clases en aula, laboratorios, tutorías) y las distintas metodologías educativas que se pueden usar en el curso (clases magistrales, aprendizaje cooperativo, resolución de problemas, exposiciones etc.). Estas relaciones se establecen a través de los tipos de esfuerzo de aprendizaje que se requieren en cada fase del proyecto (estudio, reflexión, debate, realización de pruebas, gestión de la información y formación). Esto ayuda a determinar qué metodología es la más apropiada a cada fase del proyecto Finalmente, ubicamos estas actividades en la planificación del cuatrimestre.
Los siete pasos propuestos son los siguientes:

1 Dividir el proyecto en fases.
2. Describir las características de cada fase desde una perspectiva metodológica
3. Valorar la dificultad de cada fase del proyecto
4. Definir qué tipos de esfuerzo requiere cada fase del proyecto
5. Revisar qué habilidades favorece cada una de las metodologías que podemos utilizar en el curso
6. Asignar la metodología más apropiada a cada actividad
7. Evaluar la carga de trabajo de alumnos y profesor.

En las referencias indicadas se definen en detalle el proceso de organización y un ejemplo de aplicación. No obstante, no lo consideramos la parte más relevante del método general, por lo que en este trabajo nos limitamos a dar esta descripción resumida.

5.3 Algunas características importantes del método

En esta sección resaltamos algunas características adicionales del método.

- *Guía a los profesores para seguir los principios del ABP y metodologías de la educación. Ayuda al profesor a adquirir su nuevo rol*

Desde el primer momento el método induce a los profesores a pensar en el problema al que los estudiantes se tienen que enfrentar, basado en los resultados de aprendizaje y en el contexto profesional. Esto hace que el problema sea el centro de la actividad. La idea inicial de proyecto es desarrollada y perfeccionada teniendo en cuenta los principios de ABP, una variedad de diferentes tipos de problemas y las características que debe tener un buen problema. La característica de "estar centrado en el estudiante" se ve reforzada por la visualización de las actividades. El método hace que los profesores se preocupen de la motivación del estudiante de una forma metódica. Por otra parte, el profesor se encuentra inmerso en el nuevo papel de facilitador, ya que centra su atención en el tipo de apoyo que necesitan los estudiantes y configura su trabajo autónomo.

- *Se puede aplicar a varios tipos de implementación de ABPt*

Hemos utilizado el término "actividad ABPt" ya que el método se puede aplicar no sólo a las asignaturas individuales, sino también a actividades multidisciplinares más allá de los límites de una sola materia. Por lo tanto, puede ser utilizado en las dos primeras estrategias definidas en Kolmos [60], las estrategias de *Add-on* e *Integration*. Además, creemos que el método podría contribuir de manera indirecta para lograr la estrategia de *Re-building*, ya que puede ayudar a cambiar la visión educativa de los profesores, aunque esta estrategia requiere cambios estructurales mucho más profundos. Del mismo modo, se puede aplicar a los siete modos de curriculum que define Savin-Baden [61]. Desde una perspectiva diferente, también se puede aplicar a los tres tipos de proyectos definidos por De Graaff [23]: *Task Project, Discipline Project* y *Problem Project*. Finalmente, llamamos la atención sobre el hecho de que el método se puede utilizar de una manera flexible. El profesor puede entrar en detalle en los temas que se consideran más importantes para el proyecto y puede especificar superficialmente otros aspectos que considera menos importantes. Esta característica permite a los docentes definir su proyecto como un problema *ill-structured* o más cerca de un problema *well-structured*, de acuerdo con sus necesidades y perspectivas.

- *Está soportado por una herramienta online colaborativa*

Con el fin de facilitar y apoyar el uso de este método, se ha desarrollado una herramienta cooperativa (PBLT) en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (Universidad Politécnica de Madrid).

La herramienta, descrita en el capítulo 6, tiene por objetivo ayudar a los profesores en el diseño de la actividad ABPt y a los estudiantes en el desarrollo del proyecto.

- *Está soportado por un seminario dirigido a profesores*

Hemos desarrollado un taller dirigido a profesores que se inicia con una presentación de los principales principios y objetivos del ABPt. Mediante discusiones sobre las principales dificultades e inconvenientes del ABPt, los participantes pueden entender la utilidad de las teorías educativas incluidas en el método. En el transcurso del taller, los participantes tienen la oportunidad de elaborar su propio borrador de proyecto educativo. Una primera versión de este taller se impartió en la Northwestern Polytechnical University of Xi'an (China). No obstante, se necesitan más experiencias para analizar su eficacia.

- *Está coordinado con el método para la integración de competencias en los planes de estudio presentado en el capítulo 4*

Como hemos visto, las competencias genéricas que necesitan los estudiantes para desarrollar el proyecto se identifican en la fase de definición, junto con otras competencias asignadas a la actividad ABPt en coordinación con el plan de estudios. Posteriormente, en la fase de soporte, los docentes diseñan el apoyo adecuado para lograr el desarrollo de estas competencias (indicado con el número 8 en la figura 5.1). De esta manera el método de diseño de actividades ABPt contribuye a la formación y desarrollo de las competencias genéricas del plan de estudios. Como hemos visto en el capítulo 1, el ABPt es una metodología apropiada para favorecer el desarrollo de este tipo de competencias.

5.4 Validación del método

Este método se ha utilizado inicialmente para organizar dos asignaturas: Sistemas Operativos y Sistemas de Tiempo Real, ambas en la titulación de Grado en Ingeniería de Computadores. En el curso 2015 se utilizó para diseñar la actividad docente de un grupo experimental de la asignatura de Taller de Programación de primer semestre. En la actualidad se está utilizando para organizar un proyecto multidisciplinar sobre Smart Cities dentro del Máster de Software en Sistemas Distribuidos y Empotrados (UPM). En este caso, el proyecto desarrollado por los estudiantes es la actividad central para tres asignaturas: Ingeniería del Software, Sistemas Empotrados y Sistemas de Tiempo Real. Aunque el reducido número de estudiantes no permite obtener resultados cuantitativos, en una encuesta de satisfacción los estudiantes han valorado muy positivamente el proyecto. En los próximos cursos se espera mejorar y ampliar esta experiencia.

En este apartado presentamos los resultados cuantitativos obtenidos de las primeras experiencias: Sistemas Operativos y Sistemas de Tiempo Real. El objetivo es evaluar el método en dos aspectos: 1) la opinión que tienen los estudiantes acerca de aspectos organizativos de la asignatura y 2) el rendimiento académico de los estudiantes. Para ello, se contrastan las siguientes hipótesis: H2a) Aplicando el método para diseñar actividades basadas en ABPt, los estudiantes tiene una opinión mejor respecto a la organización del curso; H2b) Aplicando el método para diseñar actividades basadas en ABPt, los estudiantes tienen una mejor opinión acerca del trabajo llevado a cabo por los profesores; H2c) Aplicando el método para diseñar actividades basadas en ABPt, los estudiantes obtienen mejores resultados académicos.

Recordamos la Hipótesis H2 de esta tesis formulada en el capítulo 1: Aplicando un método para el diseño de actividades basadas en ABPt que guíe al profesor en la utilización de los principios de PBL, teorías del diseño de la enseñanza y la integración de competencias transversales se obtienen mejores resultados en cuanto a:

- Valoración/opinión de los estudiantes
- Resultados académicos
- Motivación de los estudiantes
- Desarrollo de competencias genéricas o transversales
- Aceptación por parte del profesorado

Consideramos que con los resultados que se presentan en esta sección se realiza una validación parcial del método. En concreto se están tratando los dos primeros puntos de la hipótesis: Valoración/opinión de los estudiantes y Resultados académicos. Para validar la hipótesis H2 de una forma completa sería necesario un experimento más amplio, aplicando el método en más asignaturas, con participación de más profesorado,

durante periodos de tiempo más largos y recopilando más información para analizar los resultados. Esto no se ha podido llevar a cabo en el desarrollo de esta tesis y se deja como trabajo futuro.

5.4.1 Participantes y procedimiento

Las asignaturas de Sistemas Operativos (OS) y Sistemas de Tiempo Real (RTS) son asignaturas obligatoria y optativa respectivamente del grado en Ingeniería de Computadores, impartido en la ETSISI (UPM). Hemos seleccionado aquellos grupos que se impartieron aplicando ABPt desde 2009 a 2014. En los años 2013 y 2014 se utilizó el método descrito en este capítulo para organizar las actividades de ABPt, mientras que en los años 2009, 2010 y 2012 las asignaturas se organizaron mediante ABPt pero sin usar el método. Para desarrollar este estudio, todos los grupos de la misma asignatura fueron impartidos por el mismo profesor, tenían el mismo programa, compartían los mismos objetivos formativos y se evaluaron con los mismos criterios. De esta forma, la única diferencia consistió en la aplicación del método diseño descrito en la sección anterior.

En el año 2012 se obtuvieron peores resultados académicos en la asignatura de OS. Los profesores a cargo de estos cursos explicaron que en la parte teórica del curso se produjeron algunos inconvenientes ajenos a la metodología de ABPt pero que provocó cierto descontento en los estudiantes. Este hecho podría influir en la opinión general de los estudiantes sobre la organización de la asignatura. Por este motivo, establecemos tres agrupaciones en OS con el fin de desarrollar nuestro análisis. La agrupación OS2014-13 por un lado, donde se utilizó el método y dos agrupaciones, OS2012 y OS2010-09, que siguieron el ABPt sin utilizar el método para la organización de la asignatura. En la asignatura de OS las tareas que constituyen las actividades de ABPt se llevaron a cabo por grupos de 4 ó 5 alumnos. Esta parte consta de dos proyectos. El primero de ellos tiene como objetivo hacer una comparación entre el sistema de gestión de procesos de los sistemas operativos Windows XP y Linux. En la segunda, los estudiantes implementan una biblioteca para soportar la gestión de threads concurrentes. Estos proyectos representaron el 50% de la nota final. En cuanto a la parte teórica de la asignatura, se llevaron a cabo varias evaluaciones escritas individuales a lo largo del plazo. En concreto, consistieron en tres test teóricos, tres cuestionarios de respuesta corta y dos problemas. Estas evaluaciones fueron muy similares en todos los cursos. La nota individual obtenida en estas partes teóricas valía el 50% de la nota final.

RTS es una asignatura optativa impartida en el octavo semestre del mismo grado. En este caso, el ABPt se ha aplicado desde 2006, pero sólo en los últimos dos años, 2015 y 2014, fue aplicado el método para organizar sus actividades. Por lo tanto establecemos dos grupos: RTS2015-14 que abarca los años en que se aplicó el método y RTS2013-12-11 que incluye los tres años anteriores, cuando no se aplicó el método. RTS está dirigido a estudiar los principios teóricos, las técnicas y las herramientas necesarias para el desarrollo de los sistemas de tiempo real. Los estudiantes tienen que concebir y proponer un sistema que proporcione una solución a un problema real. A continuación diseñan, implementan y analizan sus tiempos de respuesta. En los últimos dos años, 2015 y 2014, como consecuencia del método aplicado, se dividió el proyecto en dos partes. En primer lugar los estudiantes abordan la implementación y el análisis del tiempo de respuesta de un primer caso propuesto por el profesor. A continuación, tienen que concebir, proponer y diseñar su propio sistema, para presentarlos como proyecto final. Estos proyectos constituyen el 70% de la nota final, mientras que una prueba teórica escrita y la resolución de un ejercicio representan el 30% restante.

5.4.2 Instrumentos de medida

Para el análisis de las hipótesis anteriormente mencionadas, se utilizan dos fuentes de información. Por un lado, una encuesta de opinión que consta de 17 items. Los primeros 7, I1 a I7, recopilan la opinión del estudiante sobre la organización de la asignatura, cubriendo aspectos como las tareas programadas, los contenidos teóricos, la coordinación entre la teoría y la práctica, la carga de trabajo, los mecanismos de evaluación o la sensación de mejora de sus competencias técnicas. Incluye preguntas tales como "Las tareas teóricas y prácticas previstas en el plan de estudios se han coordinado correctamente" o "He mejorado mi nivel de partida en relación con las competencias establecidas en el curso". Los ítems I8 a I17 preguntan a los alumnos por su opinión con respecto a la actuación del profesor, abarcando cuestiones relativas a la calidad de la información proporcionada, la estructura de las actividades programadas, la ayuda recibida por parte del profesor o la capacidad del profesor para facilitar la participación de los estudiantes y levantar su interés. Incluye cuestiones tales como "La ayuda del profesor es eficaz para aprender" o "El profesor logra despertar

el interés en los diferentes temas estudiados durante las actividades de aprendizaje". Esta encuesta fue desarrollada por la Universidad Politécnica de Madrid y se cumplimenta por los estudiantes al final de cada cuatrimestre en todas las asignaturas. La encuesta sigue un escala Likert de 6 puntos (1 = no estoy de acuerdo en absoluto; 6 = absolutamente de acuerdo).

Aunque esta encuesta no pregunta directamente sobre el método para diseñar actividades de ABPt, nos gustaría hacer algunas consideraciones. El método es transparente para los estudiantes ya que es utilizado por los profesores para diseñar y organizar las actividades del curso de ABPt. Una vez que el curso está en marcha, lo que los estudiantes perciben es la calidad de la organización de las asignaturas y las actividades docentes programadas, aspectos que sí están cubiertos por la encuesta. Como hemos explicado anteriormente, tanto el profesor como los contenidos del curso son los mismos en todos los grupos, la única diferencia es la organización o no de acuerdo con el método descrito. En consecuencia, estamos evaluando la influencia del método en la percepción que los estudiantes tienen de la asignatura. Por estas razones, consideramos que estos análisis proporcionan información valiosa sobre el método.

Hemos analizado el rendimiento de los estudiantes en función de las calificaciones obtenidas en dos facetas de ambas asignaturas. En primer lugar consideramos la nota obtenida en las pruebas teóricas dirigidas a la evaluación de comprensión de conceptos y resolución de ejercicios. En segundo lugar, analizamos la nota obtenida en los proyectos desarrollados a lo largo del semestre.

Las técnicas estadísticas utilizadas para el análisis fueron: Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para determinar si los datos se pueden modelar adecuadamente mediante una distribución normal; t-Student con m+n-2 grados de libertad para decidir si podemos considerar la igualdad de medias en aquellos casos en los que las poblaciones siguen una distribución normal; y el test de Wilcoxon para muestras independientes para analizar la igualdad de medias en aquellos casos en los que las poblaciones no siguen una distribución normal.

5.4.3 Resultados y discusión de resultados

Datos exploratorios

La Tabla 5.1 muestra los datos de exploración de todos los ítems de la encuesta. Las columnas muestran la media, la desviación estándar y el error estándar obtenidos para los tres grupos mencionados anteriormente: OS2014-13, OS2012 y OS2010-2009. En este caso, todas las variables se ajustan a la distribución normal de acuerdo con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. La Tabla 5.2 muestra los mismos datos exploratorios en relación con el rendimiento académico, es decir, las puntuaciones obtenidas en las pruebas teóricas (Th) y las calificaciones obtenidas en los proyectos (Pr). En este caso ninguna de las variables sigue la distribución normal. El menor número de muestras en la nota de los proyectos Pr es debido a que los proyectos se desarrollaron en equipos de 4 estudiantes.

Tabla 5.1: Estadísticas de la encuesta de opinión

	OS2014-13 (N=29)			OS2012 (N=24)			OS2010-09 (N=65)		
	Mean	**Stand. Dev.**	**Stand. Error**	**Mean**	**Stand. Dev.**	**Stand. Error**	**Mean**	**Stand. Dev.**	**Stand. Error**
I1	4,97	,778	,145	4,25	1,260	,257	4,66	1,035	,128
I2	4,45	,910	4,45	4,21	1,021	,208	4,29	,931	,115
I3	4,79	4,79	,188	3,46	1,560	,318	3,97	1,356	,171
I4	4,76	4,76	,137	3,17	1,606	,328	3,92	1,212	,152
I5	4,38	4,38	,188	3,00	1,508	,314	3,80	1,162	,144
I6	5,04	,744	,141	3,63	1,279	,261	4,25	1,270	,160
I7	5,10	,817	,152	4,25	1,113	,227	4,57	,928	,117
I8	5,00	,886	,165	3,83	1,239	,253	4,41	1,080	,135
I9	4,72	1,131	,210	3,23	1,307	,279	4,39	1,203	,150
I10	5,07	,704	,131	3,67	1,167	,238	4,56	1,037	,130
I11	5,21	,675	,125	3,58	1,501	,306	4,92	,924	,115
I12	5,29	,810	,153	3,50	1,351	,276	4,84	,919	,116
I13	4,93	1,033	,192	3,71	1,160	,237	4,77	1,035	,129
I14	5,07	,753	,140	4,42	1,316	,269	4,74	,947	,121

I15	4,72	,960	,178	3,54	,977	,199	4,28	,983	,123
I16	4,76	,988	,183	3,67	1,129	,231	4,34	,979	,122
I17	5,14	,789	,147	3,75	1,189	,243	4,61	,970	,121

Tabla 5.2: Estadísticas del rendimiento académico

	-		OS2014-13		-		OS2012		-		OS2010-09	
	N	**Mean**	**Stand. Dev.**	**Stand. Error**	**N**	**Mean**	**Stand. Dev.**	**Stand. Error**	**N**	**Mean**	**Stand. Dev.**	**Stand. Error**
Th	35	4,931	1,7934	,3031	28	5,189	1,2245	,2314	83	5,924	1,4839	,1329
Pr	14	6,571	2,09741	,56056	8	7,200	1,40915	,49821	21	7,538	1,32457	,28904

Análisis de la hipótesis H2a

Dado que las variables I1 a I7 siguen una distribución normal, se establece la igualdad de medias como hipótesis nula y se lleva a cabo la prueba de t- Student para variables independientes. Antes se utilizó la prueba Leven para comprobar la igualdad de las varianzas y poder tomar los valores adecuados de la prueba t-Student. Hemos rechazado la igualdad de varianzas para I1, I3, I4 e I6. La tabla 5.3 muestra los resultados obtenidos para los elementos I1 a I7 de los grupos OS2014-13 y OS2012. A excepción del ítem I2, podemos rechazar la hipótesis nula (igualdad de medias) para cada ítem de los grupos OS2014-13 y OS2012 con un p-valor de $p < 0{,}05$ para I1 y $p < 0{,}01$ para los elementos restantes. De manera similar, la tabla 5.4 muestra los resultados obtenidos a partir de los grupos OS2014-13 y OS2010-09. Se obtuvieron diferencias significativas en los ítems I3 a I7 con un p-valor de $p < 0{,}05$ en I5 y $p < 0{,}01$ en los otros cuatro elementos. Por lo tanto podemos determinar que, en los cursos en los que se aplicó el método para diseñar actividades de ABPt, los estudiantes tienen una opinión mejor acerca de la mayoría de las cuestiones sobre la organización de la asignatura.

Tabla 5.3: t-student para la igualdad de medias entre los ítems de OS2014-13 y OS2012.

Item	**t**	**gl**	**Sig.**	**Mean Difference**	**Stand. Error.**	**95% Confidence interval upper**	**95% Confidence interval lower**
I1	2,426	36,812	,020	,716	,295	,118	1,313
I2	,904	51	,370	,240	,265	-,293	,773
I3	3,609	38,062	,001	1,335	,370	,586	2,083
I4	4,479	30,993	,000	1,592	,355	,867	2,317
I5	3,934	50	,000	1,379	,351	,675	2,083
I6	4,757	35,731	,000	1,411	,297	,809	2,012
I7	3,215	51	,002	,853	,265	,321	1,386

Tabla 4: t-student para la igualdad de medias entre los ítems de OS2014-13 y OS2010-09.

Item	**t**	**gl**	**Sig.**	**Mean Difference**	**Stand. Error.**	**95% Confidence interval upper**	**95% Confidence interval lower**
I1	1,572	70,421	,120	,304	,193	-,082	,690
I2	,756	92	,452	,156	,206	-,254	,566
I3	2,919	90	,004	,825	,283	,263	1,386
I4	3,433	91	,001	,837	,244	,353	1,321
I5	2,318	92	,023	,579	,250	,083	1,076
I6	3,670	82,143	,000	,782	,213	,358	1,206
I7	2,649	90	,010	,532	,201	,133	,931

Adicionalmente se comparan los grupos de Sistemas Operativos impartidos en 2014 y 2013: OS2014 y OS2013. El objetivo es comprobar si hay una diferencia significativa entre los dos grupos en los que sí se aplicó el método para diseñar las actividades de ABPt. La Tabla 5.5 muestra que no se encuentran diferencias significativas en ninguno de los items. El nivel de significación es claramente superior a 0,05 en todas las variables.

Tabla 5.5: t-student para la igualdad de medias entre OS2014 y OS2013

Item	t	gl	Sig.	Mean Difference	Stand. Error.	95% Confidence interval upper	95% Confidence interval lower
I1	-1,194	27	,243	-,343	,287	-,932	,246
I2	,927	27	,362	,314	,339	-,381	1,010
I3	,408	20,181	,688	,152	,374	-,627	,932
I4	,307	27	,761	,086	,279	-,487	,659
I5	,112	27	,912	,043	,384	-,745	,831
I6	,739	26	,467	,210	,285	-,375	,795
I7	-,247	27	,807	-,076	,309	-,710	,557

Por último, analizamos la encuesta de opinión que corresponde a los grupos de la asignatura de RTS. La tabla 5.6 muestra los datos exploratorios, donde todas las variables se ajustan a la distribución normal. A pesar de que la media obtenida para cada ítem es mayor en aquellos grupos que siguieron el método (RTS2015-14), sólo se obtuvieron diferencias significativas con un valor de p <0,05 en tres de los siete ítems.

Tabla 5.6: Estadísticos de la encuesta de opinión de RTS para los ítems I1 a I7

	RTS2015-14 (N=25)			RTS2013-12-11 (N=37)		
	Mean	Stand. Dev.	Stand. Error	Mean	Stand. Dev.	Stand. Error
I1	5,36	,490	,098	5,27	,769	,126
I2	5,40	,645	,129	5,14	,855	,141
I3	4,84	,800	,160	4,64	1,018	,170
I4	5,08	,572	,114	4,53	1,183	,197
I5	5,04	,676	,135	4,68	1,156	,190
I6	5,20	,707	,141	4,92	,829	,136
I7	5,44	,651	,130	5,03	,910	,152

Análisis de la hipóteis Hb2

En cuanto a la segunda hipótesis, se analizaron los ítems I8 a I17. Una vez más, todas estas variables se ajustan a una distribución normal, se establece la igualdad de medias como hipótesis nula y se realiza la prueba t-Student. La Tabla 5.7 muestra los resultados obtenidos para los grupos OS2014-13 y OS2012. Podemos rechazar la hipótesis nula (igualdad de medias) para todos los ítems de los grupos OS2014-13 y OS2012 con un p-valor de p <0,05 para I14 y p <0,01 para los elementos restantes. De acuerdo con la prueba de Leven rechazamos la igualdad de varianzas para I10, I11, I12 e I14. Del mismo modo, la Tabla 5.8 muestra los resultados obtenidos para los grupos OS2014-13 y OS2010-09. A pesar de que la media es mayor en OS2014-2013 en todos los casos, se obtuvieron diferencias significativas en 5 de los 10 items, con un valor de p <0,05. Podemos determinar que en aquellos cursos en los que se aplicó el método, los estudiantes tienen en general una opinión mejor sobre la mayoría de las cuestiones sobre la actuación del profesor. Sin embargo, está claro que la aplicación del método tiene menos influencia en la opinión sobre la actuación del profesor que en la opinión sobre la organización de la asignatura.

Tabla 5.7: t-student para la igualdad de medias de los ítems sobre el profesor entre OS2014-13 y OS2012.

Item	t	gl	Sig.	Mean Difference	Stand. Error.	95% Confidence interval upper	95% Confidence interval lower
I8	3,987	51	,000	1,167	,293	,579	1,754
I9	4,378	49	,000	1,497	,342	,810	2,184
I10	5,161	36,223	,000	1,402	,272	,851	1,953
I11	4,904	30,637	,000	1,624	,331	,948	2,299
I12	5,661	36,406	,000	1,786	,315	1,146	2,425
I13	4,057	51	,000	1,223	,301	,618	1,828
I14	2,154	35,029	,038	,652	,303	,038	1,267
I15	4,428	51	,000	1,182	,267	,646	1,719
I16	3,755	51	,000	1,092	,291	,508	1,676
I17	5,082	51	,000	1,388	,273	,840	1,936

Tabla 5.8: t-student para la igualdad de medias de los ítems sobre el profesor entre OS2014-13 y OS2010-09.

Item	t	gl	Sig.	Mean Difference	Stand. Error.	95% Confidence interval upper	95% Confidence interval lower
I8	2,590	91	,011	,594	,229	,138	1,049
I9	1,261	91	,211	,334	,264	-,192	,859
I10	2,752	77,064	,007	,506	,184	,140	,873
I11	1,485	92	,141	,284	,191	-,096	,663
I12	2,204	89	,030	,444	,202	,044	,845
I13	,714	91	,477	,165	,232	-,294	,625
I14	1,790	68,022	,078	,331	,185	-,038	,700
I15	2,027	91	,046	,443	,219	,009	,877
I16	1,887	91	,062	,415	,220	-,022	,851
I17	2,572	91	,012	,529	,205	,120	,937

Al igual que anteriormente, hemos analizado las diferencias entre los dos grupos de Sistemas Operativos en los que se utilizó el método para diseñar actividades de ABPt: OS2014 y OS2013. La Tabla 5.9 muestra que no se encontró diferencia significativa en ninguno de los ítems con un intervalo de confianza del 95%.

Tabla 5.9: t-student para la igualdad de medias entre los grupos OS2014 y OS2013

Item	t	gl	Sig.	Mean Difference	Stand. Error.	95% Confidence interval upper	95% Confidence interval lower
I8	,000	27	1,000	,000	,335	-,688	,688
I9	,046	16,762	,964	,019	,415	-,858	,896
I10	-1,078	27	,291	-,281	,261	-,816	,254
I11	-1,165	27	,254	-,290	,249	-,802	,221
I12	-,594	26	,557	-,185	,311	-,823	,454
I13	-1,905	20,706	,071	-,686	,360	-1,435	,063
I14	,470	27	,642	,133	,284	-,449	,715
I15	,434	27	,668	,157	,362	-,586	,900
I16	-,143	22,549	,888	-,052	,367	-,812	,707
I17	,922	22,666	,366	,267	,289	-,332	,865

El caso de la asignatura optativa es muy diferente. La media de todos los ítems fue mayor en aquellos cursos en los que se aplicó el método (RTS2015-2014), tal y como se muestra en la Tabla 5.10. Sin embargo, la diferencia de medias sólo fue significativa en 3 de los 10 items con un intervalo de confianza del 95%.

Tabla 5.10: Estadísticos de la encuesta de opinión para en RTS para los ítems I8 a I17

	RTS2015-14 (N=25)			RTS2013-12-11 (N=37)		
	Mean	Stand. Dev.	Stand. Error	Mean	Stand. Dev.	Stand. Error
I8	5,04	,841	,168	4,81	,967	,159
I9	5,04	,790	,158	4,46	1,406	,231
I10	5,56	,507	,101	4,81	,938	,154
I11	5,52	,653	,131	5,32	,973	,160
I12	5,24	,663	,133	5,03	,845	,141
I13	4,96	,562	,117	4,65	,789	,130
I14	5,24	,597	,119	5,31	,867	,147
I15	5,36	,757	,151	4,76	1,116	,183
I16	5,36	,757	,151	4,92	1,038	,171
I17	5,36	,638	,128	5,06	,984	,164

Análisis de la hipótesis H2c

Para probar la hipótesis H2c se han analizado las calificaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas de teoría (Th) y en el desarrollo de proyectos (Pr). En este caso utilizamos la prueba de Wilcoxon ya que las variables Th y Pr no siguen la distribución normal. Una vez más, se analizaron las diferencias entre los grupos que siguieron el método (OS2014-13) y los otros dos grupos (OS2012 y OS2010-09). La Tabla 5.11 muestra que sólo obtuvieron diferencias significativas en la variable Th para grupos OS2010-09 y OS2014-13. En este caso, el estadístico Z tiene un valor de -3,062 con un nivel de significación de 0,002. Estos resultados indican

que la nota obtenida por los estudiantes en las pruebas de teoría es más baja en OS2014-13 que OS2010-09, lo que contradice la hipótesis inicial. Sin embargo, ya que esta es la única diferencia significativa, llegamos a la conclusión de que no se puede deducir una relación entre el método y el rendimiento académico. En cuanto a la asignatura optativa RTS, tampoco se han encontrado diferencias significativas.

Tabla 5.11: Contraste estadístico para el rendimiento académico

	OS2012 vs. OS2014-13		OS2010-09 vs. OS2014-13	
	Th	Pr	Th	Pr
U of Mann-Whitney	429,500	41,000	933,000	105,000
W de Wilcoxon	1059,500	146,000	1563,000	210,000
Z	-,837	-1,026	-3,062	-1,416
Significance (bilateral)	,402	,305	,002	,157

5.5 Conclusiones y trabajos futuros

En resumen, hemos descrito un método para diseñar actividades basadas en la metodología de ABPt. Este método guía a los profesores para aplicar los principios fundamentales de ABPt y varias teorías de la educación que ayudan a obtener mejores resultados. Entre las características del método, destacamos que ayuda a los docentes a adquirir el nuevo rol del profesor, que se puede aplicar a varios tipos de implementaciones del ABPt y que se apoya en una herramienta online colaborativa, así como un taller dirigido a profesores. Por otra parte, se coordina con el plan para integrar las competencias genéricas en los planes de estudios.

Este método se ha aplicado a dos asignaturas individuales durante los últimos años académicos: la asignatura obligatoria de Sistemas Operativos (OS) y la asignatura optativa de Sistemas de Tiempo Real (RTS). Se han comparado los dos últimos años académicos con años anteriores, cuando se utilizó ABPt pero sin la aplicación del método descrito. En particular, se analizó la opinión de los estudiantes y el rendimiento académico. De acuerdo con estos resultados, los estudiantes tienen una opinión mejor sobre aspectos de organización de la asignatura en aquellos años en los que se aplicó el método. En consecuencia, consideramos que las hipótesis H2a (Aplicando el método para diseñar actividades basadas en ABPt, los estudiantes tiene una opinión mejor respecto a la organización del curso) se confirma. Este efecto es más evidente en la asignatura obligatoria que en la optativa. Pensamos que OS sufrió una transformación importante después de la aplicación del método. Las encuestas de RTS tuvieron resultados ya bastante elevados en los años anteriores a la aplicación del método. Por otra parte, los estudiantes aprecian más este tipo de cambios en las asignaturas obligatorias que en las optativas.

En cuanto a la segunda hipótesis, la aplicación del método afecta en menor medida que en la organización de la asignatura. Los estudiantes mostraron mejor opinión en la mitad de las cuestiones de la encuesta. Estos resultados se perciben tanto en la asignatura obligatoria como en la optativa, lo que nos permite concluir que la hipótesis H2b (Aplicando el método para diseñar actividades basadas en ABPt, los estudiantes tienen una mejor opinión acerca del trabajo llevado a cabo por los profesores) se confirma parcialmente. En ambas asignaturas, obligatoria y optativa, no se detectaron diferencias significativas en las notas obtenidas en el desarrollo del proyecto. Sólo se detectó una diferencia significativa en la calificación obtenida en las pruebas teóricas de un grupo, pero esta diferencia fue en favor del grupo que no utilizó el método. En consecuencia, la hipótesis H2c (Aplicando el método para diseñar actividades basadas en ABPt, los estudiantes obtienen mejores resultados académicos) no puede ser confirmada. Creemos que el rendimiento académico general depende de muchos factores, no sólo del diseño y el soporte del proyecto. Probablemente, sería necesario otro tipo de análisis para comparar más concretamente la calidad de los proyectos que desarrollan alumnos.

En conclusión, el método para diseñar actividades de ABPt parece mejorar la percepción que tienen los estudiantes sobre la organización de las asignaturas y, en menor medida, del trabajo desempeñado por el profesor. Por el contrario, no mejora el rendimiento académico de los estudiantes. No obstante, teniendo en cuenta la opinión de los profesores, el método parece ser útil para ayudar a los estudiantes a superar las principales dificultades cuando se enfrentan a proyectos complejos de tipo *ill-structured*. Los profesores

prestan más atención a analizar el apoyo que necesitan los estudiantes para superar estas dificultades y mejorar su motivación.

De los resultados del análisis de las hipótesis H2a, H2b y H2c de esta experiencia, deducimos que hemos confirmado parcialmente la hipótesis H2 de la tesis, que recordamos una vez más:

> Aplicando un método para el diseño de actividades basadas en ABPt que guíe al profesor en la utilización de los principios del ABP, teorías del diseño de la enseñanza y la integración de competencias transversales se obtienen mejores resultados en cuanto a:
>
> - Valoración/opinión de los estudiantes
> - Resultados académicos
> - Motivación de los estudiantes
> - Desarrollo de competencias genéricas o transversales
> - Aceptación por parte del profesorado

Como se explicó anteriormente, de los cinco puntos planteados en la hipótesis inicial, este estudio solo permite abordar los dos primeros, de los cuales se ha confirmado el primero. Los experimentos necesarios para la validación de los otros puntos requerirían al menos un curso académico más y se han dejado como trabajos futuros por razón de plazos.

En lo que se refiere a los trabajos futuros, la primera y más importante tarea es integrar los procedimientos de evaluación dentro del método. No hemos incluido este aspecto en la primera versión del método, pero somos conscientes de que es una parte clave de cualquier proceso de enseñanza. Para el apartado de evaluación tendremos en cuenta dos aspectos. En primer lugar la evaluación del trabajo realizado por los estudiantes. En este sentido hay que evaluar tanto el producto (proyecto presentado) como el proceso seguido por los estudiantes para la realización (procedimientos). El segundo aspecto se refiere a la evaluación de competencias. Aquí, serán de gran valor algunas de las experiencias obtenidas de algunos de nuestros trabajos realizados recientemente en colaboración con otras universidades. En [140], nuestro objetivo era diseñar un conjunto de procedimientos con el fin de evaluar la competencia de "resolución de problemas". En el estudio participaron un total de 71 alumnos matriculados en 3 universidades. El desarrollo del método de evaluación incluyó varias fases: un análisis de la competencia y las facetas que implicaba, el diseño de las tareas de evaluación, el desarrollo de criterios para calificar el trabajo de los estudiantes y el análisis de las propiedades psicométricas. El principal logro de este proyecto fue el desarrollo de un procedimiento que mide los resultados del aprendizaje, y más específicamente la resolución de problemas, garantizando cierto grado de objetividad en la interpretación de los resultados. El procedimiento diseñado se integrará dentro de la fase de evaluación.

Como se ha comentado anteriormente, mediante la realización de experimentos a medio y largo plazo se deberán validar las partes de la hipótesis 2 que han quedado sin validar en este trabajo.

Finalmente, la impartición del taller de ABPt dirigido a profesores servirá para obtener un *feedback* importante del personal docente, lo que sin duda servirá para detectar inconvenientes y mejorar el método.

Capítulo 6

Diseño de la herramienta PBLT para el soporte del método de ABPt

6.1 Visión de conjunto

En primer lugar, la herramienta distingue dos fases: diseño del proyecto y ejecución de proyectos. Durante la fase de diseño, los profesores elaboran el proyecto que va a ser utilizado como problema central para el curso de ABPt. Una vez que el proyecto ha sido diseñado, la herramienta PBLT permite a los profesores crear varias instancias de un mismo proyecto. Cada instancia se asigna a un equipo de estudiantes diferente. A continuación, se inicia la segunda fase, en la que cada equipo de estudiantes desarrolla su propia implementación del proyecto (Figura 6.1).

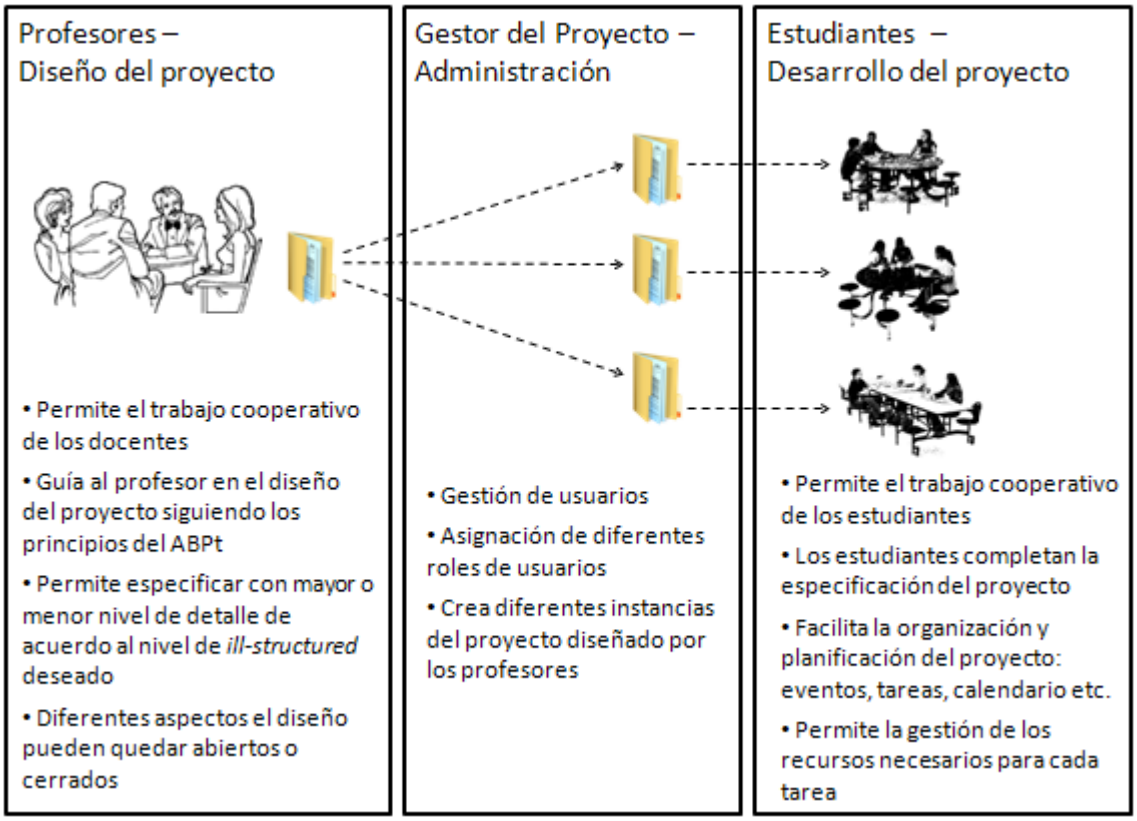

Fig. 6.1 Visión de conjunto de la herramienta PBLT

Durante la fase de diseño, la herramienta guía a los profesores para elaborar el proyecto siguiendo los principios de la metodología ABPt discutidos en el capítulo 1 (el uso de problemas como un punto de partida, el papel de los profesores como facilitadores y guías en lugar de informantes etc.). PBLT permite que diferentes usuarios puedan trabajar de forma colaborativa a distancia, por lo que varios profesores pueden trabajar conjuntamente para elaborar un mismo proyecto. Una vez diseñado un proyecto y antes de crear varias instancias del mismo, los profesores deciden qué aspectos del proyecto van a poder ser modificados por los estudiantes durante la ejecución del proyecto. En este sentido, los docentes determinan el estado de cada sección del proyecto: propuesto o cerrado. Durante la implementación del proyecto los estudiantes pueden modificar posteriormente sólo aquellos aspectos que no estén cerrados.

No hay una frontera clara entre los problemas *well-structured* e *ill-structured*. En el diseño de un curso de ABPt, el docente puede desarrollar una especificación de proyecto más o menos detallada. El nivel de detalle dependerá de varios factores, entre ellos: la madurez de los estudiantes, la familiaridad con este tipo de problemas, la experiencia de los profesores o las normas de evaluación. Lo fundamental es que tanto los profesores como los estudiantes se sientan seguros y cómodos. En este sentido, PBLT puede cubrir una gran cantidad de datos relacionados con las especificaciones del proyecto, desde una descripción general hasta una especificación detallada de las fases que constituyen el proyecto. En cualquier caso, los profesores deciden la información que será incluida.

Aunque en la siguiente sección se dará una descripción más detallada, damos un ejemplo para ilustrar este punto. Los profesores pueden especificar una descripción general del proyecto (incluyendo el objetivo del proyecto, el contexto, las restricciones), proporcionar un conjunto incompleto de referencias, suministrar algunas herramientas, establecer algunos eventos importantes (por ejemplo, hitos o entregas parciales) e incluir una breve descripción de las primeras fases del proyecto. La descripción general del proyecto podría quedar cerrada, de manera que el estudiante no podrá modificarla posteriormente, mientras que las referencias y las fases del proyecto están únicamente propuestas. De esta forma, los equipos de estudiantes podrían completar estos aspectos posteriormente a su conveniencia.

Durante la fase de implementación, los grupos de estudiantes desarrollan su propia implementación del proyecto. Su trabajo consiste en dos tipos de actividades. En primer lugar, deben concluir las especificaciones del proyecto a partir del punto establecido en la especificación de los profesores. Por lo tanto van a completar toda la información que se necesita para desarrollar el proyecto, pero no ha sido proporcionada por los profesores. Además, se pueden modificar aquellos aspectos que se dejaron propuestos. En segundo lugar, se procede a la ejecución del proyecto. A este respecto, el apoyo de PBLT se centra en las actividades de organización y planificación. Los estudiantes detallan aspectos tales como las tareas que se van a llevar a cabo durante cada fase del proyecto, la reuniones o las fuentes de información que son útiles para el desarrollo.

Continuando con el ejemplo anterior, los estudiantes no pueden añadir información a la descripción general, por ejemplo, no podrían modificar el contexto o incluir nuevos objetivos ya que los profesores dejaron cerrada la descripción del proyecto. Sin embargo, pueden completar la lista de herramientas y las fases necesarias para completar el proyecto. Además, los estudiantes deben detallar información como los eventos importantes, las reuniones y el conjunto de tareas que se deben ejecutar para llevar a cabo cada fase.

6.2 Fase de diseño del proyecto

La herramienta cubre las tres fases generales del modelo descrito en el capítulo 5: definición, soporte y organización. La figura 6.2 muestra un esquema de la información que se puede incluir en el proyecto.

El parte de definición se centra en proporcionar a los estudiantes la información necesaria para saber qué es lo que tienen que hacer. En primer lugar, se incluye una descripción general del proyecto que consiste en el nombre, el contexto, la definición y el objetivo principal del proyecto. A continuación, se definen objetivos específicos, las restricciones y las fechas de inicio y fin.

La parte de soporte proporciona a los estudiantes el apoyo necesario para que desarrollen su proyecto. Incorpora una descripción de las asignaturas que están relacionadas con el proyecto y pueden ayudar a su implementación. Una descripción de la asignatura puede consistir en una breve enumeración de los resultados del aprendizaje y los temas cubiertos por el curso. Por el contrario, los profesores pueden optar por añadir información más elaborada que incluye los temas, las clases impartidas para cada tema, las prácticas de laboratorio, las sesiones de laboratorio y un calendario de estas actividades. Además, se incluyen algunas referencias interesantes (sitios web o archivos PDF), herramientas útiles y una descripción de las metodologías utilizadas en las sesiones.

Por último, la información para organizar el proyecto se proporciona mediante la especificación de las fases necesarias para llevarlo a cabo y el establecimiento de eventos importantes, tales como reuniones o entregables. La especificación de una fase puede incluir una gran cantidad de información asociada a dicha fase, aunque los profesores pueden decidir el nivel de detalle tal y como hemos explicado en la sección anterior. Esta información consiste en una descripción, las principales dificultades que se pueden encontrar,

los objetivos específicos, herramientas útiles, sesiones de las asignaturas (clases o tareas de laboratorio) asociadas a esta fase, las reuniones y referencias útiles.

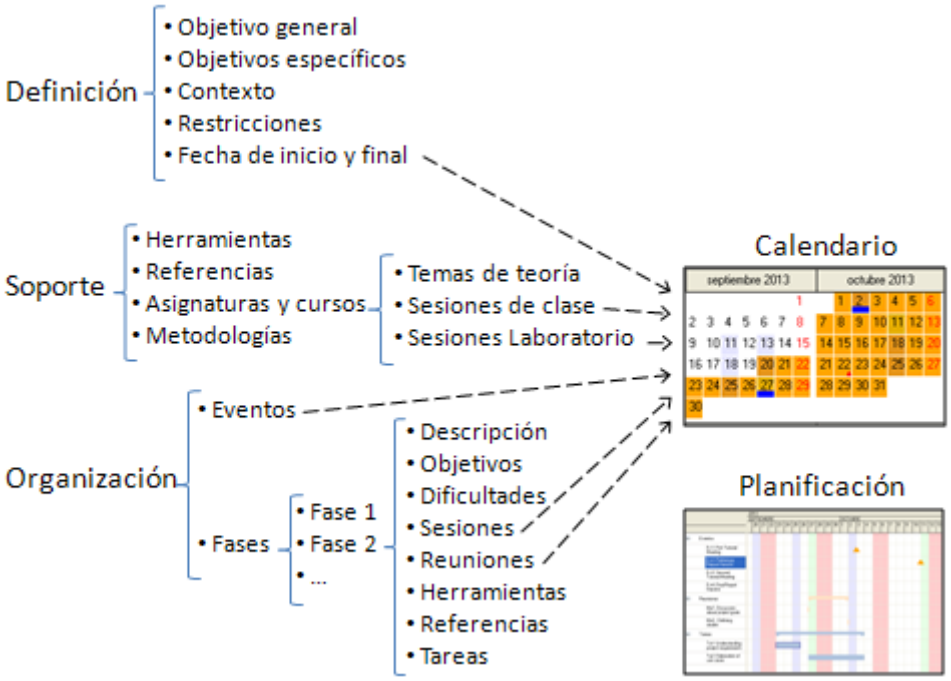

Fig. 6.2. Organización de la información del proyecto

Todos los aspectos que tienen una fecha asociada, como las fechas de inicio y fin, sesiones, eventos o reuniones se registran automáticamente en un calendario, tal y como se indica con flechas en la figura 6.2. De esta manera, los usuarios pueden controlar la planificación del proyecto en cualquier momento.

La figura 6.3 muestra la ventana principal de la herramienta PBLT. Además de un menú principal que da acceso a las funciones generales, como la apertura o cierre de un proyecto, la generación de informes o actividades del administrador, la página principal se compone de tres áreas. El área situada en la parte superior izquierda de la ventana muestra el nombre del proyecto que está abierto junto con las fases que lo componen (Árbol del proyecto). Estas fases también se muestran mediante un gráfico en el lado derecho, incluyendo el orden de precedencia (Esquema del proyecto). El área de la parte inferior izquierda muestra el calendario que es generado automáticamente con los datos incluidos durante la especificación del proyecto.

Al pinchar en el nombre del proyecto, los usuarios pueden acceder a un nuevo menú que permite básicamente tres operaciones: acceder a la ventana de propiedades del proyecto, crear o eliminar fases dentro del proyecto y generar una nueva instancia del proyecto. La ventana de propiedades del proyecto (figura 6.4) se utiliza para introducir la información anteriormente mencionada en relación con la descripción del proyecto y el soporte. En la parte inferior de la ventana de Proyecto se pueden apreciar las pestañas con la que el usuario puede acceder a las distintas secciones para editar la información del proyecto: General, Objetivos, Restricciones, Asignaturas etc. En concreto, en la figura 6.4 se muestra el contenido de la pestaña General, donde se puede apreciar el estado de las distintas secciones: Cerrado, Propuesto, Borrador.

Del mismo modo, pinchando en una fase del gráfico podemos acceder a la ventana de dicha fase. Esta ventana permite a los usuarios definir toda la información anteriormente explicada y relacionada con la fase seleccionada.

Sólo para ilustrar la funcionalidad del calendario de PBLT, la figura 6.5 muestra la ventana en la que el usuario incluye un evento dentro del proyecto. En este caso, además de escribir el nombre del evento y la descripción, el usuario especifica la fecha de este evento dentro de un calendario. Esta fecha se trasladará automáticamente al calendario general del proyecto incluido en la ventana principal, donde quedará marcado y desde donde se podrá editar directamente la información de dicho evento.

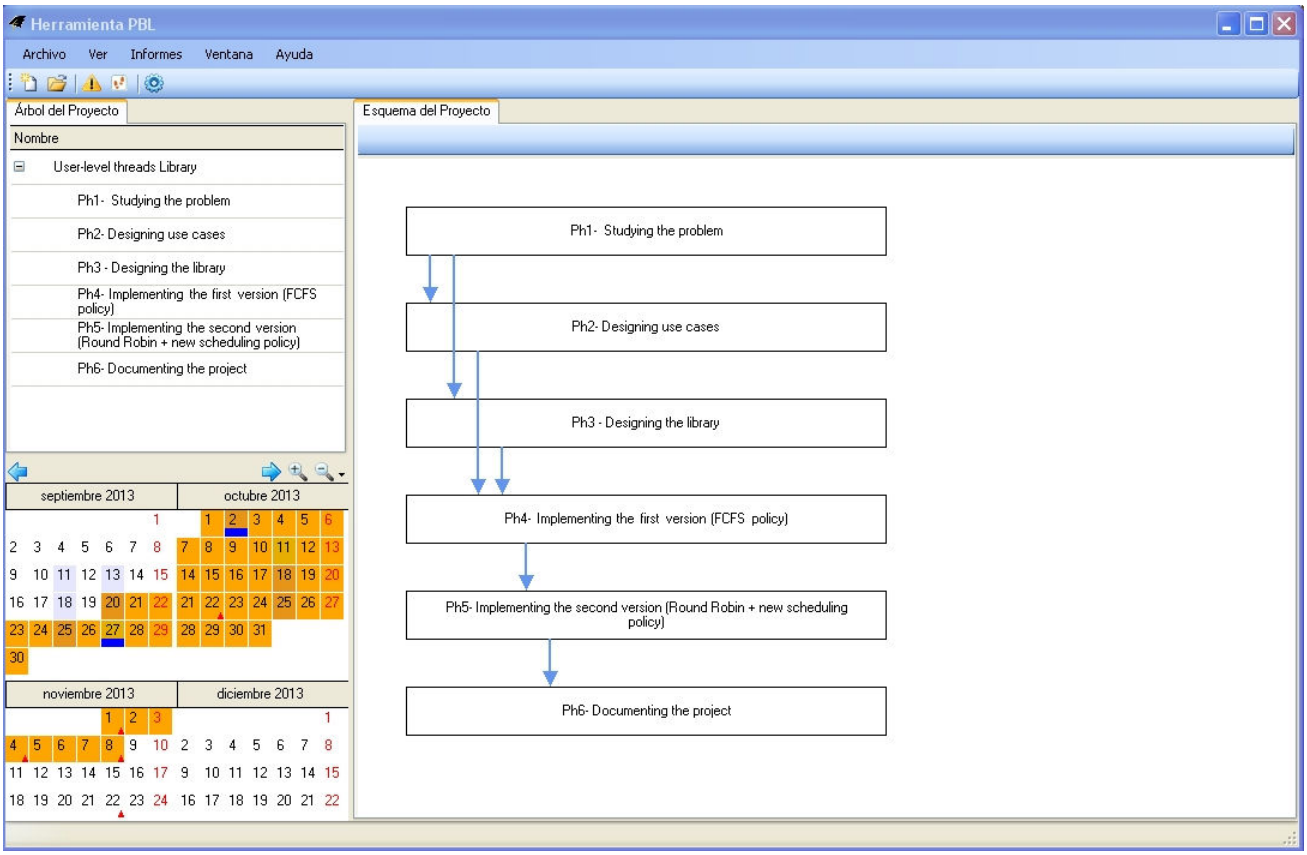

Fig. 6.3. Ventana principal

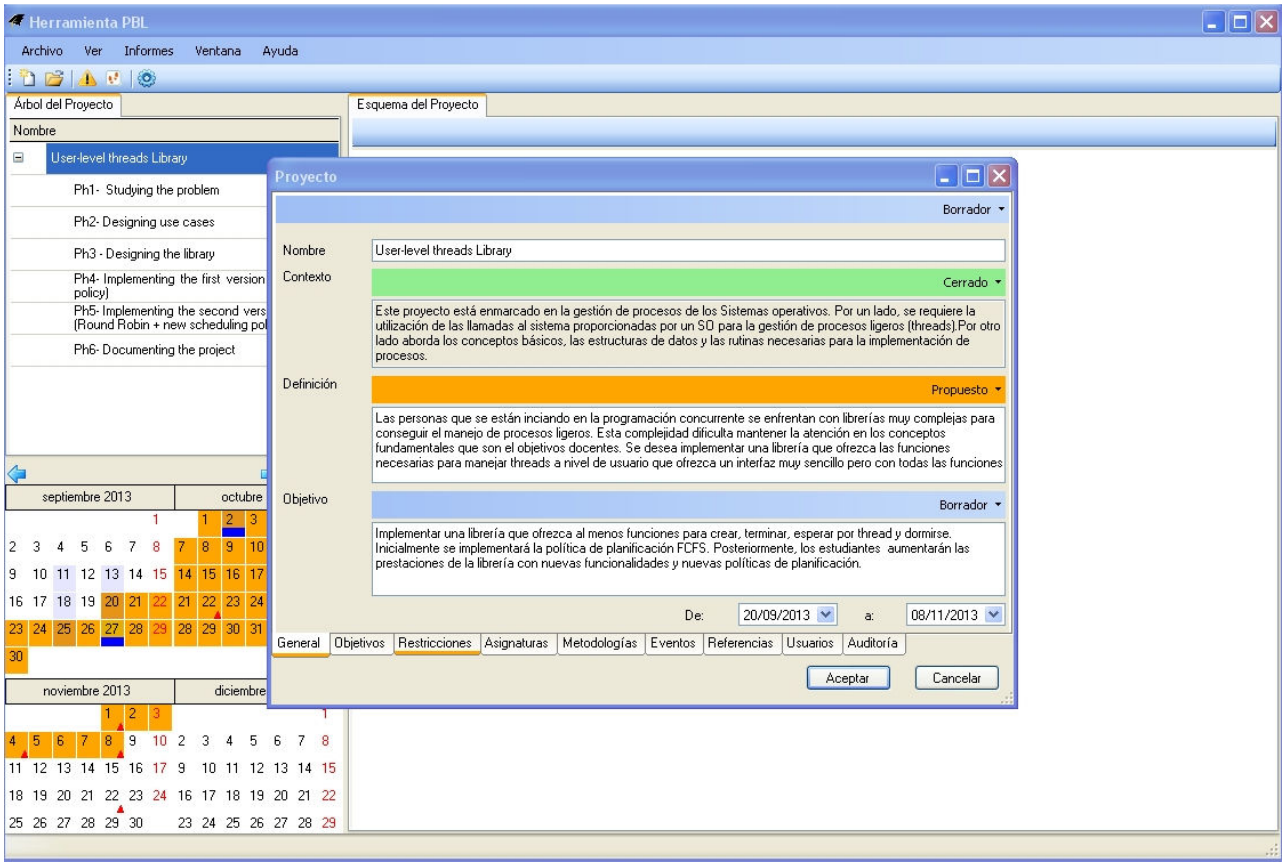

Fig. 6.4. Edición de la definición del proyecto

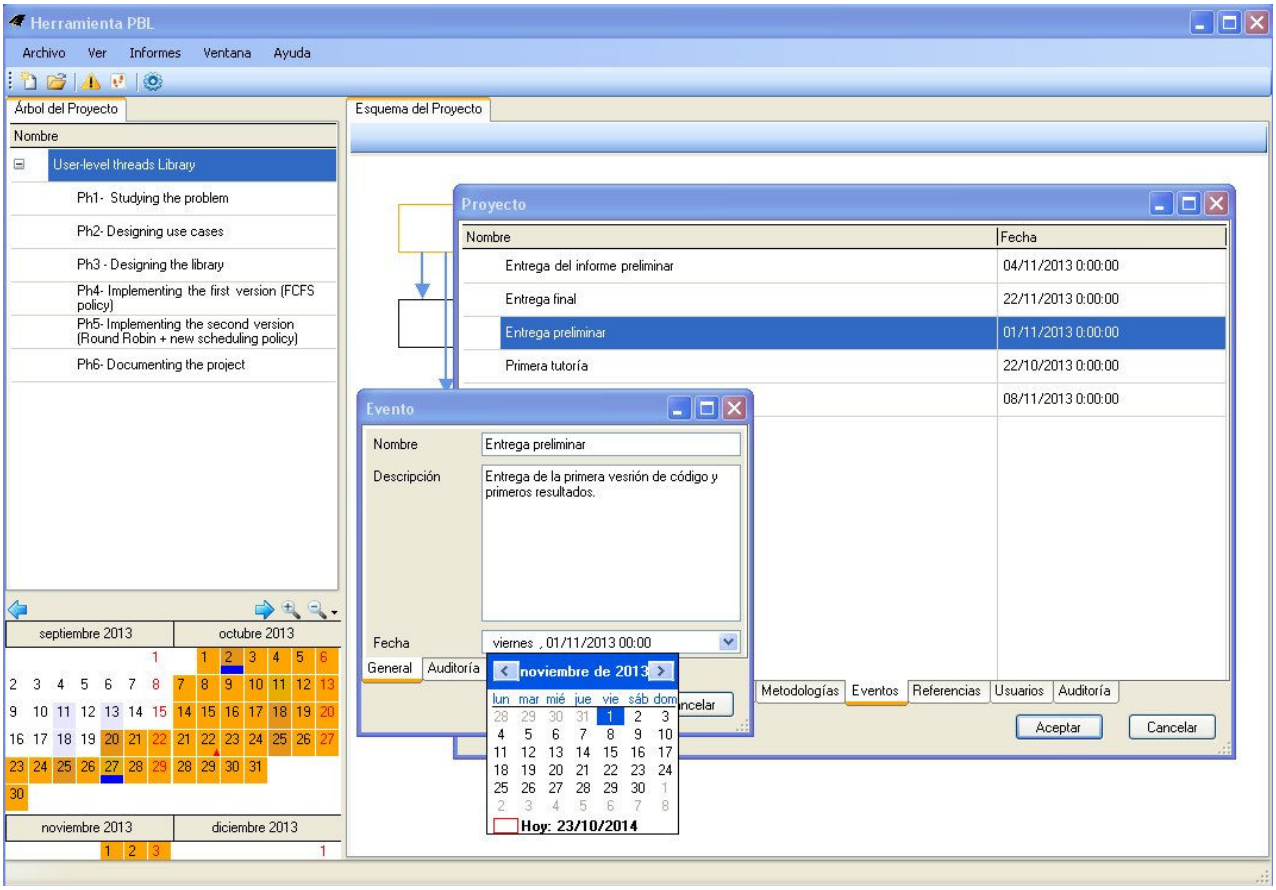

Fig. 6.5. Especificación de un evento

6.3 Preparación para la implementación

Una vez que los profesores han especificado el proyecto con el nivel de detalle deseado, el profesor-administrador del proyecto registra a los usuarios (estudiantes) que van a participar en el desarrollo del proyecto. Además se configuran los componentes de cada equipo de estudiantes (figura 6.6). Por último, se crea tantas instancias del proyecto como sean necesarias y se asigna una instancia a cada equipo de estudiantes.

6.4 Fase de desarrollo del proyecto

A lo largo de la última parte del proceso, cada equipo de estudiantes desarrolla su propia implementación. La primera versión que ellos ven del proyecto es la proporcionada por los profesores. Los alumnos tienen acceso a los mismos menús y opciones que las disponibles para los profesores, de forma que pueden completar los aspectos que se han dejado propuestos o no fueron especificados por los docentes.

Por su parte, los estudiantes tienen acceso a un nuevo menú colocado encima del gráfico de fases. Este menú consta de una pestaña para cada fase del proyecto, como se puede observar en la figura 6.7. Al pinchar en la pestaña de una fase, PBLT reemplaza el gráfico de fases por la información específica de esa fase. En concreto, en la parte izquierda se muestra una lista de las reuniones y tareas asociadas a la fase, junto con los eventos importantes del proyecto. La parte derecha muestra un cronograma con los meses, semanas y días en la parte superior. El gráfico también muestra los eventos, las reuniones y las tareas. Además de consultar esta información, los estudiantes pueden realizar varias operaciones pinchando directamente en el gráfico:

- Editar la información de un elemento y modificarlo
- Cambiar la fecha de una entrada arrastrándolo sobre el gráfico
- Establecer relación de precedencia entre distintos elementos

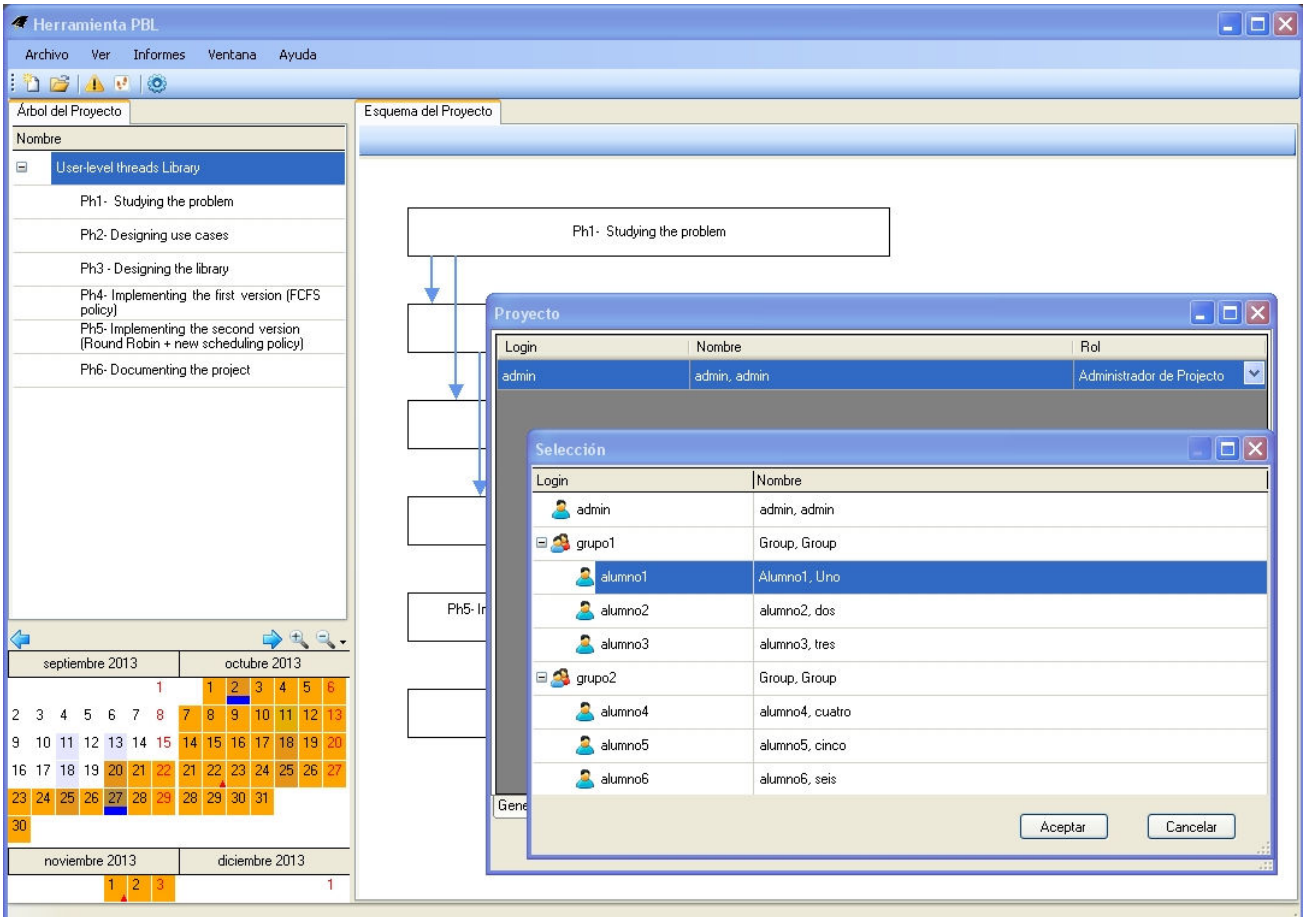

Fig. 6.6. Configuración y registro de los grupos de estudiantes

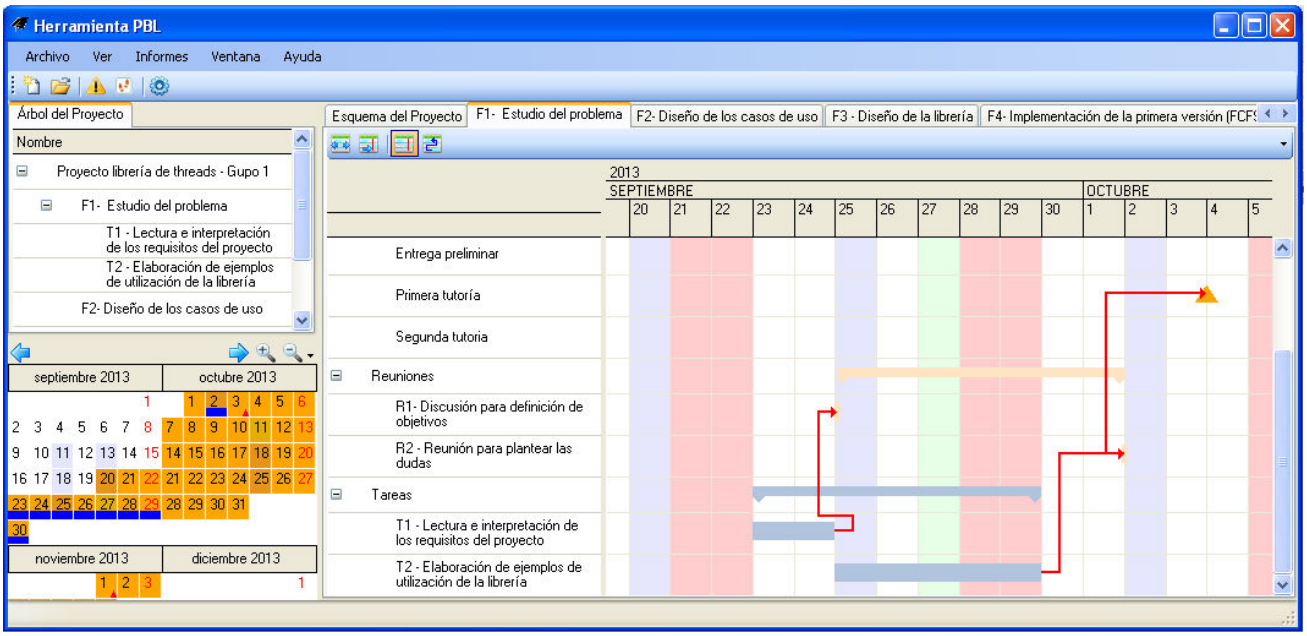

Fig. 6.7. Cronograma de planificación del desarrollo del proyecto

6.5 Aspectos de implementación de la herramienta

La herramienta fue implementada en la ETSISI mediante un Trabajo Fin de Carrera [141] y presentada posteriormente en una ponencia [142]. Se utilizó el software framework .NET. La base de datos fue implementada mediante Microsoft SQL Server 2005. Para dar soporte al entorno colaborativo se optó por la arquitectura multi-tier. En esta arquitectura hay un servidor que se encarga de sincronizar todas las aplicaciones de los clientes. Estos clientes implementan el interfaz de usuario. Cualquier acceso al repositorio de datos se lleva a cabo mediante la aplicación del servidor, el cual almacena en una cola todas las transacciones de modificación de datos que se realizan. De esta forma puede notificar dichas modificaciones a cada cliente, quienes podrán modificar sus datos locales.

6.6 Resultados

Se han realizado dos ejemplos prácticos para probar PBLT. En primer lugar, para probar la funcionalidad general se utilizó un proyecto que corresponde a una actividad de ABPt llevada a cabo en la asignatura de Sistemas Operativos (grado Ingeniería de Computadores), que consiste en la implementación de un gestor de threads de usuario apoyándose en la interfaz del sistema operativo. Esta fue la primera prueba general de la herramienta y se utilizó principalmente para detectar fallos, mejorar la interfaz de usuario y añadir funcionalidades. En este ejemplo se cubrió principalmente la primera fase, es decir, el diseño del proyecto que es realizado por los profesores. La segunda fase, el desarrollo del proyecto por los estudiantes se simuló mediante equipos ficticios de estudiantes.

En esta prueba se encontraron fallos menores, mejorando el interfaz con el que el usuario escribía la descripción de los elementos del proyecto. También se añadió alguna funcionalidad nueva que no estaba incluida en la versión inicial, como la generación automática de informes en formato *pdf* que muestran toda la información contenida en un proyecto.

La segunda prueba consistió en un ejemplo más sofisticado y se utilizó para llevar a cabo una comprobación más detallada de la funcionalidad y el rendimiento de PBLT, así como su validación. El ejemplo es un proyecto real que se puso en práctica en el tercer semestre del grado de Ingeniería de Software. Se trata de un proyecto multidisciplnar que cubre tres asignaturas diferentes: Sistemas Operativos, Ingeniería de Requisitos Software y Estadística. Los estudiantes tienen que especificar, diseñar e implementar una nueva aplicación para comparar el rendimiento de dos sistemas operativos. Mediante el uso de esta aplicación, los alumnos tienen que diseñar un experimento y desarrollar un análisis estadístico de los resultados. Debido a la complejidad del proyecto, los profesores consideran necesario proporcionar más información en la fase del diseño de la actividad que en el caso de la experiencia anterior. Por ejemplo, los profesores deciden ofrecer más referencias, más información sobre las asignaturas (clases, sesiones de laboratorio) y una información más detallada sobre las fases que componen el proyecto. Este ejemplo se llevó a cabo después de incluir las modificaciones y mejoras consideradas durante la primera prueba. En este caso, no se probó la segunda parte (aplicación del estudiante).

6.7 Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo hemos presentado una herramienta que apoya el modelo definido en el capítulo anterior. De acuerdo con las dos pruebas descritas, la herramienta cumple con los objetivos iniciales y ofrece una interfaz cómoda. Al igual que el método al que da soporte resulta útil para orientar a los profesores en el diseño de actividades de ABPt, en el que el proyecto es la actividad central para el aprendizaje. Además se adapta satisfactoriamente a diferentes tipos de proyectos, desde *ill-strucurred* hasta *well-structured*, siendo el profesor quien elige el nivel de detalle.

No obstante, hay que resaltar que la herramienta y el método se desarrollaron simultáneamente. Por este motivo, aunque ambos se basan en las mismas ideas, principios y objetivos, el interfaz de ambos no coincide exactamente. En concreto, en PBLT no se aprecia explícitamente las tres fases claramente definidas en el

método para la configuración de la actividad ABPt: Diseño, Soporte y Organización. Por lo tanto, como primer trabajo futuro apuntamos la adaptación del interfaz de la herramienta al método descrito en el capítulo anterior.

También queda como trabajo futuro la validación más exhaustiva de la segunda parte del proceso: la implementación por parte de los estudiantes. Para ello se deberá someter la herramienta a un escenario real en el que diferentes equipos de estudiantes organizan su propio proyecto en un entorno de trabajo colaborativo. Esto nos permitirá pensar en nuevas funcionalidades y detectar aquellos puntos en los que los estudiantes encuentran más dificultades.

Al igual que en el caso del método para el diseño de actividades basadas en ABPt, queda pendiente la parte de evaluación de los proyectos desarrollados por los estudiantes. En este sentido, la herramienta tendrá que ser ampliada de manera que dé soporte a los mecanismos de evaluación que establezca el método.

Finalmente, queremos resaltar el trabajo realizado por el alumno de TFC Carlos López, que implementó la herramienta con unas prestaciones muy profesionales y cumpliendo todos los requisitos y expectativas que esta tesis había marcado inicialmente.

Capítulo 7

Conclusiones

En esta tesis se han planteado dos problemas en el contexto de la enseñanza de las ingenierías: la integración de las competencias genéricas (CG) y la implementación del ABPt. Estos problemas están estrechamente relacionados. El desarrollo de las competencias genéricas necesita apoyarse en las metodologías de aprendizaje activo, de las cuales el ABPt se considera como una de las más apropiadas en el ámbito de las ingenierías. Además, según los estudios, esta metodología favorece el desarrollo de dichas competencias.

La solución que se ha propuesto consiste en la definición de dos métodos coordinados. El primero para integrar las competencias en los planes de estudio y el segundo para diseñar actividades basadas en el ABPt. Además se ha desarrollado una herramienta TIC para dar soporte al método de ABPt. Al final de los capítulos correspondientes (4, 5 y 6) se han explicado en detalle las conclusiones y los trabajos futuros de cada una de estas partes, por lo que en esta sección nos limitaremos a hacer un resumen de los resultados y aportar unas valoraciones finales.

7.1 Resumen de aportaciones y resultados obtenidos

En el capítulo 3 se ha presentado un conjunto de estudios preliminares realizados fundamentalmente en la ETSISI (UPM) que sentaron las bases y las líneas a seguir para los dos métodos presentados en este trabajo. Las conclusiones fundamentales fueron la necesidad de impartir una formación específica para las CG, así como diseñar unas actividades apropiadas para su desarrollo, integradas en los planes docentes de las asignaturas. También hemos constatado la estrecha relación entre la motivación y diferentes aspectos del proceso de aprendizaje. Por parte del ABPt se han analizado las ventajas e inconvenientes que encuentran los alumnos con esta metodología, por un lado logran mayor motivación, por el otro pueden sentir inseguridad por falta de soporte. Además se analizaron los principales inconvenientes que se encuentran cuando se intenta implantar esta metodología con un alcance mayor que la simple implementación en una asignatura individual.

En el capítulo 4 se ha presentado el método para integrar las CG en los planes de estudio. Bajo la coordinación de la Subdirección de Ordenación Académica y la Subdirección de Calidad de la ETSISI, el método se ha aplicado de forma progresiva a dos titulaciones de la ETSISI: proyecto piloto en los planes de estudio de 2009, extensión a los planes completos de 2009 y diseño de los nuevos planes de estudios de 2014. Se ha conseguido introducir las competencias en los planes de estudio y en las guías docentes de una forma ordenada y coordinada entre asignaturas. Estas implementaciones han servido para validar el método propuesto. El plan parece ser eficaz (se ha conseguido la implantación) y eficiente (en cuanto a los recursos docentes que se necesitan). No obstante, para confirmar la eficacia va a ser necesario analizar más a largo plazo la repercusión que tiene en la formación de los estudiantes egresados, analizando varias cohortes.

En el capítulo 5 se define el método propuesto para el diseño de actividades de ABPt, cuya principal característica es guiar al docente en la aplicación de teorías del aprendizaje que ayudan a superar algunas de las dificultades del ABPt y por lo tanto conseguir mejores resultados. El método se ha aplicado en tres asignaturas individuales de grado y en un proyecto multidisciplinar sobre Smart Cities en el Máster Universitario en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados. Sólo se han podido obtener resultados cuantitativos en dos de las asignaturas individuales, llegando a una confirmación parcial de la hipótesis inicial. Estos resultados apuntan a cambios significativos en la opinión de los estudiantes. En concreto, en los casos en los que se ha utilizado el método los alumnos muestran una valoración mejor, tanto de la organización de la asignatura como de la actuación del profesor, frente a aquellos casos en los que se ha utilizado ABPt sin seguir dicho método. Por el contrario la aplicación del método no afecta al rendimiento académico. Para poder validar la hipótesis completa sería necesaria la realización de nuevos experimentos en periodos más largos de tiempo.

Por último, se ha diseñado e implementado una primera versión de una herramienta TIC que da soporte al método para el diseño de actividades de ABPt, permitiendo trabajar de una manera online colaborativa. Al igual que el método, la herramienta guía al profesor durante el diseño de la actividad docente, orientándolo en la aplicación de los principios del ABPt y las necesidades para dar soporte al proyecto. Posteriormente los estudiantes pueden utilizar esta misma herramienta para organizar su proyecto, incluyendo los materiales necesarios, tareas a desarrollar, reuniones, cronogramas etc. Cabe resaltar que la especificación de requisitos software de esta herramienta se escribió cuando el método aún no estaba finalizado, por lo que la disposición de los elementos que configuran el proyecto no coincide exactamente. La herramienta se ha probado para el diseño de dos actividades, pero no ha podido ser probada en un escenario real con estudiantes.

7.2 Valoración de resultados

Además de los resultados que sirvieron para diseñar los métodos, de los estudios preliminares destacamos dos conclusiones. En primer lugar destacamos la importancia que tiene, desde nuestro punto de vista, la "investigación en educación" en el ámbito de las ingenierías. En un mundo que cambia a gran velocidad, principalmente impulsado por los avances tecnológicos, las diferentes ramas de la ciencia tienen que estar en continua adaptación. La enseñanza de las ingenierías no puede quedar al margen de estos cambios y debería adaptarse no solo para utilizar los nuevos recursos tecnológicos, sino también para utilizar nuevas metodologías docentes asociadas a dichos recursos. Este aspecto se ve remarcado si tenemos en cuenta que el perfil de las nuevas generaciones de estudiantes ha cambiado, seguramente también influido por los cambios tecnológicos. Un claro ejemplo de la importancia que se le puede dar a la "investigación en educación" en el campo de las ingenierías es la Universidad de Aalborg (Dinamarca). En el Modelo desarrollado por esta universidad se definen nueve áreas que cubren todo el ámbito y estructuras universitarias, entre ellas los organismos administrativos, las infraestructuras, la normativa, el profesorado y los estudiantes. Una de estas áreas es la existencia de un departamento que trabaje de manera continuada en la "investigación en educación". En segundo lugar y relacionado con la primera valoración, consideramos que sería muy fructífera la colaboración entre profesionales de la pedagogía y de la enseñanza en ingenierías. Las experiencias de colaboración que hemos tenido con pedagogos y sicólogos de la Universidad Complutense, la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Autónoma han sido de gran utilidad, si bien esta colaboración no está exenta de dificultades.

Con respecto a las competencias genéricas, el nuevo contexto universitario ha impuesto unas nuevas normas y requisitos a la planificación docente. Sin embargo, no se ha facilitado suficiente información ni formación al profesorado para poder afrontar esos retos. En las ingenierías esta carencia se ha hecho más evidente, ya que la mayor parte del profesorado no está ni familiarizado ni motivado por las nuevas actividades que se requieren. En este sentido pensamos que el método presentado en este trabajo ayuda a paliar este problema, proponiendo un plan realista que permite hacer una implementación ordenada de las competencias genéricas frente al desconcierto inicial que produjo la nueva normativa adaptada al EEES.

Hemos observado que en el contexto de las ingenierías en España, el ABPt atrae a un número importante de profesores, lo que se manifiesta en el gran número de experiencias en asignaturas individuales. Sin embargo, la repercusión de esta metodología a nivel de planes de estudio está muy limitada. Además, muchas de las experiencias aplican el ABPt de una forma intuitiva, sin tener en cuenta los principios y técnicas educativas adecuadas. Las primeras experiencias con el método propuesto para el diseño de ABPt son satisfactorias, especialmente en lo que respecta a la ayuda proporcionada a los estudiantes. Sin embargo, consideramos que aplicar el método presentado en este trabajo de una forma completa puede resultar algo complejo para el profesor encargado del diseño de la actividad, y por lo tanto, poco atractivo. Requiere tener en cuenta muchos aspectos de las asignaturas, principios del ABPt, técnicas educativas etc. Una alternativa sería utilizar el método para diferenciar las tres fases generales (definición del proyecto, diseño del soporte y organización de las actividades), pero dentro de cada fase los profesores trabajarían en más detalle aquellos aspectos que consideran más relevantes en el caso particular de sus asignaturas y harían un esbozo menos detallado de las partes a las que no quieren dar tanto peso. Haciendo hincapié en esto, el taller de ABPt que tenemos diseñado pretende hacer de guía para la aplicación del método a través de discusiones en grupo y del desarrollo de un proyecto educativo.

REFERENCIAS

[1] Joint declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna on the 19th of June 1999, European Ministers of Education. 2004. http://www-en.us.es/us/temasuniv/espacioeuro.

[2] Ministerio de Educación y Ciencia, "REAL DECRETO 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales", *BOE núm. 260*, de 30 octubre 2007, pp. 44037-44048.

[3] ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación). http://www.aneca.es/activin/docs/.

[4] J. Rué, Formar en competencias en la universidad: entre la relevancia y la banalidad. Red U. *Revista de Docencia Universitaria*, 6(1), 2008, 1-19 (número monográfico 1 "Formación centrada en competencias"). http://red-u.net/redu/index.php/REDU/article/view/58/pdf.

[5] M. Hammond, Problem-Based Learning in the Engineering Curriculum – Is it suitable for first year undergraduates? Inspiring Academic Practice. https://education.exeter.ac.uk/ojs/index.php/inspire/article/view/9/5

[6] M. J. Prince and M. Felder, Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisions and Research Bases. *J. Engr. Education*, 95(2), 2006, 123–138.

[7] Joint declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna on the 19th of June 1999, European Ministers of Education. 2004. Recuperado de http://www-en.us.es/us/temasuniv/espacioeuro.

[8] European Commission. Guía del Usuario del ECTS. 2009. http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/ects_en.htm.

[9] Tuning Project. Website University of Deusto.
http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Spanish_version.pdf.

[10] La declaración de Bolonia y su repercusión en la estructura de las titulaciones en España. Acuerdo de la Asamblea General de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), celebrada el 8 de julio de 2002.

[11] ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación). Website: http://www.aneca.es/activin/docs/.

[12] Modelo Educativo de la UPM. http://catedraunesco.es/me/UPM/Inicio.html

[13] Comisión Asesora para la Reforma de los Planes de Estudio en la UPM, "Informe sobre requisitos y recomendaciones (Borrador, versión 2ª, 2008)". http://www.dat.etsit.upm.es/~guiller/DA/PE/INFORME_16_mayo_bis.pdf.

[14] Portal de innovación educativa de la UPM. http://innovacioneducativa.upm.es/competencias-genericas

[15] E. de Graaff and A. Kolmos, History of problem-based and project-based learning, *Management of Change. Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering*, Sense Publisher, Roterdam, 2007.

[16] M. A. Albanese and S. Mitchell, Problem-Based Learning: A Review of Literature on its Outcomes and Implementation Issues. *Academic Medicine*, Vol. 68, 1993, pp. 52–81.

[17] H. S. Barrows and R. Tamblyn, *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*, New York: Springer, 1980.

[18] D. Jonassen, Supporting Problem Solving in PBL, *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 2011, 5(2), pp. 95-119. http://dx.doi.org/10.7771/1541-5015.1256

[19] T. Barret, What is problem-based learning, *Emerging Issues in the Practice of University Learning and Teaching*, O'Neill, G., Moore, S., McMullin, B. (Eds). Dublin:AISHE, 2005. http://www.aishe.org/readings/2005-1/

[20] A. Kolmos, Problem- and project- based learning in a global perspective: Community bulding or certification?, *Visions Challenges and Strategies*, Aalborg University Press. Eds. Lone Krogh and Annie Aarup Jensen, 2013, pp.47-66.

[21] A. Kolmos, Changing the Curriculum to Problem-Based and Project-Based Learning, *Outcome-Based Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Innovative Practices*, Eds. Khairiyah Mohd Yusof; Naziha Ahmad Azli; Azlina Mohd Kosnin; Sharifah Kamilah Syed Yusof; Yudariah Mohammad Yusof. IGI global, 2012. p. 50-61.

[22] H.S. Barrows, Problem-based Learning in Medicine and Beyond:A Brief Overview, *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*, Eds. LuAnn Wilkerson and Wim H. Gijselaers. San Francisco: Joseey-Bass, New Directions for Teaching and Learning, 1996, 68:3-12.

[23] E. de Graaff and A. Kolmos, Characteristics of problem-based learning, *International Journal of Engineering Education*, 2003, vol. 19, no. 5, pp. 657-662.

[24] A. Kolmos, E. de Graaff and X. Du, Diversity of PBL-PBL learning principles and models, *Research on PBL practice in engineering education*, Eds. X. Du, E. de Graaff , and A. Kolmos, Sense Publishers, 2009, pp. 1-7.

[25] D. H. Jonassen, Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes, *ETR&D*, vol 45, No 1, 1997, pp 65-69.

[26] S. H. Namsoo, The relationship between well-structured and ill-structured problem solving in multimedia simulation, The Pennsylvania State University, Thesis in Instructional Systems, 1998.

[27] Buck Institute for Education (BIE). www.bie.org

[28] TREE – Teaching and Research in Engineering in Europe, Problem Based Learning, Special Interest Group B5 "Problem based and project oriented learning". SIG Leader: Selahattin Kuru, Isik University

[29] J. Oakey, Project-based and problem-based: The same or different? 2002. http://problem.k12.ca.us/PBLGuide/PBL&PBL.htm.

[30] M. Savin-Baden, Challenging Models and Perspectives of Problem-Based Learning, *Management of Change*, Editors Erik de Graaff and Anette Kolmos. 2007. Sense Publishers. Rotterdam / Taipei.

[31] F. Dochy, M. Segers, P. Van den Bossche and D. Gijbels, Effects of problem-based learning: a meta-analysis, *Learning and instruction: the journal of the European Association for Research on Learning and Instruction*, 13 (5),2003, 533-568.

[32] M. Newman, A pilot systematic review and Meta-analysis on the effectiveness of Problem Based Learning, Learning & Teaching Subject Network for Medicine, Dentistry and Veterinary Medicine, 2003.

[33] D. Gijbels, F. Dochy, P. Van den Bossche and M. Segers, Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment, *Review of Educational Research*, 75 (1), 2005 , 27-61.

[34] B. Sugrue, *Specifications for the design of problem-solving assessments in science: Project 2.1 designs for assessing individual and group problem-solving*. 1993. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.

[35] J. Strobel and A. van Barneveld, Is PBL effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing problem-based learning to conventional classroom learning, *Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning*, 3 (1), 2009, 44-58.

[36] M. Prince, Does active Learning Work? A Review of the Reasearch, *Journal of Engineering Education*, Vol. 93 Iss. 3, 2004.

[37] A. Walker and H. Leary, A Problem Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* Volume 3, Issue 1 Special Issue on the Efficacy of Problem-Based Learning. 2009. http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1061&context=ijpbl

[38] J. W. Thomas, *A Review of Research on Project-Based Learning*, San Rafael, CA: Autodesk Foundation, 2000.

[39] J. E. Mills and D. F. Treagust, Engineering Education—Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer? *Australasian J. Engr. Education*, 2003–2004. http://www.aaee.com.au/journal/2003/ mills_treagust03.pdf.

[40] B. Galand, M. Frenay and B. Raucent, Effectiveness of Problem-Based Learning In Engineering Education: A Comparative Study on Three Levels of Knowledge Structure, *International Journal of Engineering Education,* Vol. 28, No. 4, 2012, pp. 939–947.

[41] J. C. Perrenet, P. A. J. Bouhuijs and J. G. M. M. Smits, The Suitability of Problem-based Learning for Engineering Education; Theory and Practice, *Teaching in Higher Education*, Vol. 5 Nr 3 (2000) pp. 345-358

[42] R. Lacuesta, G. Palacios and L. Fernández, Active Learning through Problem Based Learning Methodology in Engineering Education, *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference,* October 18 - 21, 2009, San Antonio, TX.

[43] J. M. Laffey and T. Gibney, Understanding the value of students doing projects, *Proceedings of the 1996 international Conference on Learning Sciences*, Evanston, Illinois, July 25 -27, 1996. D. C. Edelson and E. A. Domeshek, Eds. International Conference on Learning Sciences. International Society of the Learning Sciences, 204-210.

[44] K. B. Codur, S. Karatas and A. H. Dogru, Application of Project-Based Learning in a Theoretical Course: Process, Difficulties and Recommendations, *International Journal of Engineering Education*, 28(1), 2012, pp. 17–25.

[45] K. P. Nepal, Comparative evaluation of PBL and traditional lecture-based teaching in undergraduate engineering courses: evidence from controlled learning environment. International journal of engineering education , 29(1), 2013, 17-22.

[46] B. Hoffman and D. Ritchie, Using multimedia to overcome the problem with problem based learning, *Instructional Science* 25: 97-115, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands,1997.

[47] C. Farnsworth, Using computer simulations in problem-based learning, in, *Proceedings of the Thirty-Fifth ADCIS Conference*, M. Orey (ed), Nashville, TN: Omni Press, 1994, pp. 137–140.

[48] M. Hammond, Problem-Based Learning in the Engineering Curriculum – Is it suitable for first year undergraduates? *Spiring Academic Practice*. https://education.exeter.ac.uk/ojs/index.php/inspire/article/view/9/5

[49] B. Rey, Las competencias transversales en cuestión, *Escuela de Filosofía de ARCIS*, Santiago de Chile, 1999. http://www.philosophia.cl/biblioteca/rey.htm.

[50] F. Sánchez, A. Ageno, L. Belanche, J. Cabré, E. Cobo, R. Farré, … A. Soler, Desarrollo integral de las competencias genéricas mediante mapas competenciales, *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, Ciudad Real, Spain, 2012, 10-13 julio.

[51] I. Jacob, J. Olivier y J. García, Incorporación de las competencias generales a los estudios universitarios de informática, *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, Granada, Spain, 2008, 9-11 julio.

[52] M. A. Sicilia, How should Transversal Competence be introduced in Computing Education? *ACM SIGCSE Bulletin*, 41(4), 2009 ,6-26.

[53] F. Sánchez, D. López y J. García, El desarrollo de la competencia sostenibilidad y compromiso social en la Facultad de Informática de Barcelona, *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI)*, Santiago de Compostela, Spain, 2010, 7-9 julio.

[54] J. E. Pérez Martínez, J. García and I. Muñoz, Active Learning and Generic Competences in an Operating Systems Course, *International Journal of Engineering Education*, 26(6), 2010 ,1484-1492.

[55] J. García and J. Pérez, Measuring the influence of cooperative learning and Project based learning on problem solving skill, *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium (REES 2011)*, Madrid (Spain), 2011, 4-7 octubre.

[56] C. Vizcarro Guarch, J. E. Pérez, P. Martín Espinosa, E. Tovar, G. Blanco, A. Arquero and J. Garcia, Assessment of learning outcomes in computing Studies, *Proceedings of the IEEE Educon 2013 Conference*, Berlin (Germany), 13-15 marzo.

[57] F. Sánchez, J. García, M. Díaz, M. Riesco, J. R. Pérez y J. A. Aquilino, Estrategia de diseño y aspectos a considerar en los planes de Estudios de Grado en Ingeniería Informática. *ReVisión*, 1(1), 2008, 6-26.

[58] I. Friss de Kereki, Transversal Competencies Contributions to Computer Science 1 Course, *41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Rapid City, USA, 2011, 12-15 october.

[59] A. Cajander, M. Daniels and B. R. von Konsky, Development of Professional Competencies in Engineering Education, *41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Rapid City, USA, 2011, 12-15 october.

[60] A. Kolmos, R. G. Hadgraft and J. E. Holgaard, Response strategies for curriculum change in engineering, *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4), 2015, pp. 1-21.

[61] M. Savin-Baden, Challenging Models and Perspectives of Problem-Based Learning, *Management of Change*, Sense Publishers, Rotterdam / Taipei, 2007.

[62] S. Barge, Principles of Problem and Project Based Learning. The Aalborg Model, 2010, http://files.portal.aau.dk/filesharing/download?filename=aau/aau/2010/~/pub/PBL_aalborg_modellen.pdf

[63] S. Berge, Standards for Certification, The Alaborg Model for Problem- and Project- Based Learning, Draft 2. 2009.

[64] A. Kolmos, Problem- and Project-Based Learning in a global perspective: community building or certification? *Visions, Challenges, and Strategies: PBL Principles and Methodologies in a Danish and Global Perspective*, Lone Krogh & Annie Aarup Jensen (Eds.), Aalborg University Press, 2013, pp. 47-66. ISBN: 978-87-7112-099-8.

[65] The CDIO Initiative, http://www.cdio.org/, Accessed 10 Juanuary 2016.

[66] J. Alcober, S. Riz y M. Valero, M. Evaluación de la Implantación del Aprendizaje Basado en Proyectos en la EPSC (2001-2003), *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas CUIEET*, 2003, 23-25 July. Vilanova i la Geltrú.

[67] Sistemas Operativos Plan 1996 (PBL), http://laurel.datsi.fi.upm.es/docencia/asignaturas/sopbl, Accessed 10 Juanuary 2016.

[68] J. Macias-Guarasa, R. San-Segundo, J. A. Montero, J. Ferreiros and R. Cordoba, Tools and Strategies for Improving PBL Laboratory Courses with a High Student-to-Faculty Ratio, *35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Indianapolis, USA, 2005, pp. 19-22.

[69] A. D. Lantada, P. Lafont-Morgado, J. M. Munoz-Guijosa, J. L. Munoz-Sanz, J. Echavarri-Otero, J. Muñoz-Garcia, E. Chacon-Tanarro and E. de la Guerra Ochoa, Towards Successful Project-Based Teaching-Learning Experiences in Engineering Education, *International Journal of Engineering Education*, 29(2) 2013, pp. 1–15.

[70] Nuevas metodologías docentes ante el EEES: Aprendizaje Basado en Proyectos y su Implementación con Tecnologías para el Trabajo Colaborativo, *Proyectos de Innovación Tecnológica-Educativas*. http://web.ua.es/es/i3a/proyectos/aprendizaje-basado-en-proyectos.html, Accessed 10 Juanuary 2016.

[71] Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) Bajo un Enfoque Multidisciplinar: una Experiencia Práctica, http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2232506, Accessed 10 Juanuary 2016.

[72] L. Perez Urrestarazu, A. Franco Salas and R. Fernandez Canero, Multidisciplinary Education for New Landscape. Engineering Concepts using Problem-Based Collaborative Learning. A Case Study in Spain, *International Journal of Engineering Education*, 27(1), 2011 ,pp. 138–145.

[73] P. Ponsa, B. Amate, J. A. Roman, S. Oliver, M. Diaz, J. Vives, Higher Education Challenges: Introductionof Active Methodologies in Engineering Curricula, *International Journal of Engineering Education*, 25(4), 2009, pp. 799-813.

[74] Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo UPM y UCM. http://www.itd.upm.es/masteretd/un-aprendizaje-basado-en-proyectos-reales-de-desarrollo/, Accessed 10 Juanuary 2016.

[75] Master Universitario en Ingeniería Industrial. Universidad de La Rioja. http://www.unirioja.es/estudios/master/852M/, Accessed 10 Juanuary 2016.

[76] Máster Universitario en Ingeniería Industrial. Univ de Mondragón. http://www.mondragon.edu/es/estudios/master/master-universitario-ingenieria-industrial/, Accessed 10 Juanuary 2016.

[77] Máster universitario en Ingeniería de Automoción. Universidad Politécnica de Cataluña. https://automocio.masters.upc.edu/es, Accessed 10 Juanuary 2016.

[78] Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels. http://epsc.upc.edu/ca/

[79] M. Valero-Garcia, Las Dificultades que Tienes Cuando Haces PBL, *La Educación Superior hacia la Convergencia Europea: Modelos Basados en el Aprendizaje*, Universidad de Mondragón 2005. http://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2016/02/dificultades-de-poner-en-pr%C3%A1ctica-el-PBL.pdf

[80] S. Machado, R. Messeguer, A. Oller, M. A. Reyes, D. Rincon and J. Yufera, Recomendaciones Para la Implantación del PBL en Créditos Optativos Basadas en la Experiencia en la EPSC, *Actas de las XI JENUI*, 2005, (pp. 21–28). Villaviciosa de Odón, Madrid.

[81] J. Alcober, S. Ruiz y M. Valero. Evaluación de la implantación de Aprendizaje basado en Proyectos en la EPSC (2001-2003), *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*, Vilanova i la Geltrú, 23-25 Julio, 2003.

[82] Ingeniería de Telecomunicación, Universidad de Mondragón.
http://www.mondragon.edu/bin/tusestudios/pdfs/titulos/MGEP/M2IC.erdera.pdf

[83] J. Garcia, J. E. Pérez, A PBL Application Experience Supported by Different Educational Methodologies, *Research on PBL Practice in Engineering Education*, Xiangyun Du, Erik de Graaff and Anette Kolmos (Eds.), Sense Publisher, Rotterdam. 2009.

[84] EDUTOPIA. http://www.edutopia.org/blog/practical-pbl-design-amber-graeber

[85] D. Jonassen, Designing Constructivist Learning Environments, *Instructional Design theories and Models Vol II*, Edited by Reigeluth, C, M. Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

[86] Buck Institute for Education (BIE). http://www.bie.org

[87] J. J. Navarro, M. Valero, Taller de formación: Aprendizaje Basado en Proyectos (Project Based Learning). http://www.fi.upm.es/docs/estructura/direccion/594_507_Documentacion_PBL_UPM_2007.pdf.

[88] J. L. Jane, Designing for Problem-based Learning: Issues to consider.
http://www.schreyerinstitute.psu.edu/pdf/pbl.pdf

[89] W. Hung, The 3C3R Model: A conceptual Framework for Designing Problems in PBL, *Interdisciplinary Journal of Problem-Base Learning*, 1(1) 2006. http://dx.doi.org/10.7771/1541-5051.1006.

[90] A. Badia and C. García, Incorporación de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje basados en la elaboración colaborativa de proyectos, *Enseñanza y aprendizaje con TIC en la educación superior [on line]*, Eds. Antoni Badia, Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC), vol. 3, no. 2. UOC, 2006. http://www.uoc.edu/rusc/3/2/dt/esp/badia_garcia.pdf, last access April 25, 2014.

[91] A. Ellis et all. Resources, tools, and Techniques for Problem Based Learning in Computing, *ITiCSE-WGR '98 Working Group reports of the 3rd annual SIGCSE/SIGCUE ITiCSE conference on Integrating technology into computer science education*, pp. 41-56. ACM New York, NY, USA. 1998

[92] C.S. Cheng and C. Beaumont, Evaluating the effectiveness of ICT to support globally distributed PBL teams, *ITiCSE '04 Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*, pp. 47-51. ACM New York, NY, USA, 2004.

[93] J. E. Pérez, J. García, I. Muñoz, M. T. Coello, D. Pérez, Evaluación de competencias genéricas instrumentales en la asignatura de Sistemas Operativos I, *Sexto Simposium Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática: SIECI 2009*, Comunicación en la sesión invitada: Aprendizaje y Evaluación por competencias en las Enseñanzas Técnicas. Orlando, Florida, 2009.

[94] J. E. Pérez-Martínez, J. García, I. Muñoz and A. Sierra-Alonso, Active Learning and Generic Competences in an Operating Systems Course, *International Journal of Engineering Education*, 26 (6), 2010, 1484-1492.

[95] J. García, J. E. Pérez Martínez, F. Rodríguez, C. M. Alcover, Measuring the influence of active learning (cooperative learning and project-based learning) in two types of students´generic competences, *Visions, Challenges, and Strategies: PBL Principles and Methodologies in a Danish and Global Perspective,* Eds. Lone Krogh & Annie Aarup Jensen, pp. 281-297, Aalborg University Press, 2013.

[96] J. Garcia and J. E. Pérez, Measuring the influence of cooperative learning and project based learning on problem solving skill, *2011 Research in Engineering Education Symposium (REES 2011)*, Madrid, Spain. 4-6 October. 2011. ISBN: 978-84-695-2615-6.

[97] J. García Martín, J. E. Pérez Martínez, A. Sierra Alonso, Teamwork, motivational profiles and academic performance in computer science engineering, *IEEE Journal of Latin-American Learning Technologies (IEEE-RITA)*, May 2015, Volume: 10, Issue: 2, pp. 77 – 84.

[98] J. E. Pérez Martínez, J. García Martín, A. Sierra Alonso, Teamwork competence and academic motivation in computer science engineering studies, *IEEE Educon 2014 Conference. Proceedings*, Istanbul, Turkey. 3-5 April 2014.

[99] J. E. Pérez, J. García Martín, I. Muñoz Fernández, Cooperative Learning in Operating Systems Laboratory, *The 13th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2008)*, ACM Special Interest Group in Computer Science Education (SIGCSE), Madrid, Spain, 2008.

[100] J. García Martín, Cooperative Learning to Support the Lacks of PBL, *ITiCSE: 14th ACM-SIGCSE Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, París, Francia. Edited by Association for Computing Machinery (ACM). 2009.

[101] J. E. Pérez-Martínez, J. García, I. Muñoz and A. Sierra-Alonso, Active Learning and Generic Competences in an Operating Systems Course, *International Journal of Engineering Education*, 26 (6), 2010, 1484-1492, http://www.ijee.ie/contents/c260610.html

[102] J. Garcia , M. Bollain and A. del Corral, Applying Problem-Based Project-Organized Learning in a traditional system, *3rd International Research Symposium on PBL*, Coventry University, UK, 28-29 November 2011. Proceedings: PBL across the disciplines: research into best practice. Edited by John Davies, Erik de Graaff, Anette Kolmos. Aalborg University Press, Denmark, 2011, pp. 674-686.

[103] M. Pérez Avellaneda, E. Rodríguez Corps, M. N. Cabezas Fernández y A. PoloMingo, *DIE-3. Diagnóstico Integral del Estudio*. Madrid: TEA Ediciones, S.A. 1999.

[104] K. Tasa, S. Taggar and G. H. Seijts, The development of collective efficacy in teams: A multi-level and longitudinal perspective, *Journal of Applied Psychology*, vol. 92, no. 1, pp. 17-27, Jan. 2007

[105] P. P. Heppner, *The Problem solving Inventory (PSI): Manual*, University of Missouri, Columbia. 1988.

[106] A. J. Elliot, H. A. McGregor, A 2 X 2 Achievent goal framework, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 80, No 3, pp. 501-519, Mar. 2001.

[107] A. J. Elliot, and K. Murayama, On the measurement of achievement goals: critique, illustration, and application, *Journal of Educational Psychology*, vol. 100, no. 3, pp. 613-628, Aug. 2008.

[108] Jigsaw classroom. http://www.jigsaw.org/overview.htm

[109] D. W. Johnson, R. T. Johnson and K. A. Smith, *Active learning: Cooperation in the college classroom (2nd ed.)*, Edina, MN: Interaction Book Co. 1998

[110] M. Pérez, E. Rodríguez, M. N. Cabezas and A. Polo, *DIE-3. Diagnóstico Integral del Estudio,* TEA Ediciones S.A., Madrid, 1999.

[111] L. V. Hedges and I. O. Olkin, *Statistical Methods for Meta-Analysis*, Orlando, FL: Academic-Press.

[112] Cohen, J. , A power primer, *Psychological Buletin*, 112(1), 1992, pp. 155-159.

[113] F. Faul, E. Erdfelder, A. Lang and A. Buchner, G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences, *Behavior Research Methods*, 39, 2007, pp. 175-191.

[114] N. Şahin, N. H. Şahin and P. P. Heppner, Psychometric properties of the problem solving inventory in a group of Turkish university students, *Cognitive Therapy and Research*, 17: (4), 1993, 379-396.

[115] M. D. Ainley, Styles of engagement with learning: Multidimensional assessment of their relationship with strategy use and school achievement, *Journal of Educational Psychology*, vol. 85, no. 3, pp. 395-405, Sept. 1993.

[116] A. J. Elliot and K. Murayama, On the measurement of achievement goals: critique, illustration, and application, *Journal of Educational Psychology*, vol. 100, no. 3, pp. 613-628, Aug. 2008.

[117] P. Trapnell, Openness versus intellect: a lexical left turn, *European Journal of Personality*, 8, 273-290. 1994.

[118] J. E. Pérez Martínez, J. García Martín and A. Sierra Alonso, Desarrollo y evaluación de competencias genéricas en los títulos de grado. *Red Estatal de Docencia Universitaria (RED-U): Revista de Docencia Universitaria*, volumen 11 Número especial (Engineering Education), 2013, pp. 175-196. http://red-u.net/redu/index.php/REDU

[119] J. Rué, Formar en competencias en la universidad: entre la relevancia y la banalidad, *Red U. Revista de Docencia Universitaria*, 6(1), 1-19 (número monográfico 1 "Formación centrada en competencias"), 2008, http://red-u.net/redu/index.php/REDU/article/view/58/pdf.

[120] J. E. Pérez Martínez, J. García Martín, A. I. Lías Quintero, Integrating generic competences into engineering curricula. *International Journal of Engineering Education (IJEE*), 30(6), 2014, 1636-1644.

[121] J. García Martín, J. E. Pérez Martínez. Integración de competencias genéricas en los títulos de grado. Experiencia en la E.U. Informática de la UPM, *V Jornadas sobre evaluación de competencias en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior en la Universidad Rey Juan Carlos*, Madrid, Spain, 2013.

[122] J. García Martín, J. E. Pérez Martínez, A. I. Lías Quintero, Proyecto para el desarrollo y evaluación de competencias transversales: Diseño de patrones de actuación, *VII Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Burgos*, Burgos, Spain, 2013.

[123] Ministerio de Educación. Resolución de 8 de junio de 2009, de la Secretaría General de Universidades por la que se da publicidad al Acuerdo del Consejo de Universidades, por el que se establecen recomendaciones para la propuesta por las universidades de memorias de solicitud de títulos oficiales en los ámbitos de la Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Química, *BOE núm. 187*, de 4 agosto 2009, pp. 66699-66710.

[124] Grado Ingeniería de Computadores por la Universidad Politécnica de Madrid. http://www.etsisi.upm.es/estudios/grados/61ci/ig

[125] Grado Ingeniería del Software por la Universidad Politécnica de Madrid. http://www.etsisi.upm.es/estudios/grados/61iw/ig

[126] Guías Docentes - Curso 2016-17 (61IC). http://www.etsisi.upm.es/estudios/grados/61ic/guias/curso-2016-17

[127] J. Garcia Martín, J. E. Pérez Martínez, Method to Guide the Design of Project Based Learning Activities Based on Educational Theories, *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, In press, (Aceptado y revisado, Publicación prevista en Dic. 2016 o principios de 2017)

[128] C. A. Ames, Motivation: What teachers need to know, *Teacher College Record*, 91(3), 1990, pp. 409-421.

[129] J. M. Keller, Motivational Design of Instruction, *Instructional-Design Theories and Models*, C. M. Reigeluth (eds), Lawrence ErlBaum Associates, Publishers, Hillsdale New Jersey, London, 1983, pp. 383-434.

[130] J. M. Keller and B. Dodge, *The ARCS model of motivational strategies for course designers and developers*, Fort Monroe, VA: Trainings Developments Institute, 1982.

[131] J. M. Keller, *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*, Springer, 2010.

[132] K. D. Simons and J. D. Klein, The Impact of Scaffolding and Student Achievement Levels in a Problem-based Learning Environment, *Instructional Science*, 35(1), 2007, pp. 41-72.

[133] S. E. Wolf, *The Big Six Information Skills as a metacognitive scaffold in solving information-based problems*, Unpublished doctoral dissertation, Arizona State University, Tempe, Arizona, 2000. http://eric.ed.gov/?id=ED455800, Accessed 10 Juanuary 2016

[134] K. L. Cho and D. Jonassen, The effects of argumentation scaffolds on argumentation and problem solving, *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 2002, pp. 5-22.

[135] E. A. Davis and M. C. Linn, Scaffolding students knowledge integration: Prompts for reflection in KIE, *International Journal of Learning*, 22, 2000, pp. 819–837.

[136] J. Rué, *El Aprendizaje Autónomo en Educación Superior*, España: Narcea, S. A. de Ediciones. 2009.

[137] P. A. Ertmer, Scaffolding Teachers' Efforts to implement Problem-Based Learning, 2005. http://www.edci.purdue.edu/ertmer/docs/Ertmer-LC05.pdf

[138] J. García Martín, P. Manzano García, J. E. Pérez Martínez and I. Muñoz Fernández, The application of educational methodologies to overcome critical issues in a project based learning. International Technology, *Education and Development Conference*, Valencia, España. Published by International Association of Technology, Education and Development. 2007.

[139] J. Garcia, J. E. Pérez, A PBL Application Experience Supported by Different Educational Methodologies, *Research on PBL Practice in Engineering Education*, Xiangyun Du, Erik de Graaff and Anette Kolmos (Eds.), Sense Publisher, Rotterdam. 2009.

[140] J. Pérez, C. Vizcarro, J. García, A. Bermúdez and R. Cobos, Development of Procedures to Assess Problem-Solving Competence in Computing Engineering, *IEEE Transactions on Education*, vol. xx No. 99, 2016. http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7513434/?reload=true.

[141] C. López, *Herramienta para el apoyo al diseño e implementación de un curso basado en la metodología PBL*, Trabajo Fin de Carrera. E.T.S.I Sistremas Informáticos. 2014.

[142] J. García Martín, C. López López and J. E. Pérez Martínez, Supporting the design and development of Project Based Learning courses. *The 44rd Annual Frontiers in Education Conference (FIE-IEEE)*, Madrid, Spain. 2014.