

Aprendizaje basado en proyectos soportado por plataformas y herramientas web en un curso de Ingeniería de Software

Carlos Alario-Hoyos, Óscar García-García, Eduardo Gómez-Sánchez
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad de Valladolid,
Paseo de Belén 15, 47011, Valladolid, España.
{calahoy@gsic, oscgar@tel, edugom@tel}.uva.es

Resumen- La aproximación tradicional a la enseñanza de Ingeniería de Software, basada en la exposición teórica y la realización de problemas aislados fomenta en los alumnos el conocimiento de aspectos formales (fundamentalmente de notación), pero dificulta el aprendizaje significativo de los procedimientos y no predispone favorablemente sobre la conveniencia de seguir una aproximación metodológica para el desarrollo de software. Este artículo describe y valora la experiencia de innovación docente llevada a cabo en un curso de Ingeniería de Software en el que se han aplicado metodologías de Aprendizaje Basado en Proyectos, apoyadas por diferentes actividades presenciales colaborativas y utilizando plataformas y herramientas web como soporte tecnológico. La utilización de estos métodos y recursos ha favorecido la adquisición de las capacidades propias de la materia por parte de los alumnos, así como la potenciación de otras capacidades transversales, entre las que destacan la discusión de decisiones tomadas, la exposición de ideas en público y el trabajo en equipo.

Palabras Clave- Ingeniería de Software, Aplicaciones Web, Aprendizaje Colaborativo, Aprendizaje Basado en Proyectos.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de software es uno de los campos que más ha evolucionado en los últimos años, convirtiéndose en uno de los pilares básicos de la evolución económica y social [1]. Numerosas empresas a lo largo del mundo, entre las que destacan las del ámbito de la consultoría, dedican buena parte de sus recursos a proyectos de desarrollo de software. Para ello, cuentan en sus plantillas con ingenieros y titulados a los que se les requieren, entre otras capacidades, aquellas relacionadas con el análisis de problemas complejos y abstractos, la capacidad de descomponerlos en problemas menores y más concretos, el diseño de soluciones a través de la argumentación crítica y el trabajo en equipo.

En el ámbito universitario es muy importante formar adecuadamente a los estudiantes, de forma que desarrollen estas capacidades transversales a la vez que adquieren los conocimientos propios relacionados con la Ingeniería de Software [2]. En este sentido, las aproximaciones tradicionales basadas en la exposición de metodologías de desarrollo combinadas con problemas aislados, pueden convertir en tediosas las clases, dificultando la interiorización de los conceptos de la materia, así como su aplicación práctica [3]. En particular, es frecuente encontrar que los alumnos tienen un cierto dominio de aspectos formales, fundamentalmente de notación, pero no han interiorizado los motivos y las relaciones entre las distintas fases de un proyecto de Ingeniería de Software. Así, una vez acabada la asignatura correspondiente, es común que para el desarrollo

de una aplicación (por ejemplo, en su Proyecto Fin de Carrera) no sigan una metodología de ingeniería, escriban código tras una breve reflexión inicial y, si ello llegase a ser necesario, generen *a posteriori* algunos diagramas mediante métodos de ingeniería inversa.

En este contexto el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL – *Project-Based Learning*) [4] puede servir para motivar a los alumnos, ya que éstos se enfrentan a proyectos similares a los que pueden encontrarse a lo largo de su carrera profesional. Además de mayor motivación, es conocido que el PBL consigue un aprendizaje más activo y profundo, y el desarrollo de competencias que no se alcanzan mediante problemas académicos, como la selección de información o la defensa argumentada de soluciones no excluyentes. Por ello, los profesores de la materia Ingeniería de Software (ISW) de la titulación Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid, implantaron hace años el PBL en su asignatura [3]. Dicha asignatura se desarrolla en un curso semipresencial (*blended learning*) en el que los alumnos tienen tiempo de trabajo dedicado en clase, pero donde además, deben completar varias tareas en casa [5], de acuerdo con lo sugerido por el proceso de convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). A pesar de ello, se detectaron varias deficiencias en ISW que contribuían a que los alumnos no desarrollasen las capacidades transversales deseadas. Por un lado, las herramientas utilizadas no favorecían la discusión y el trabajo en grupo durante las horas no presenciales, dificultando de esta forma el aprendizaje colaborativo. Esto es particularmente relevante si algunos alumnos no pueden asistir con regularidad a las sesiones presenciales. Por otro, las discusiones eran abiertas y no guiadas, lo cual dificultaba la organización de ideas y la delimitación del ámbito del proyecto.

El curso 2010/2011 de ISW ha servido para poner en práctica varias novedades relacionadas con la innovación docente, con el objetivo de superar las limitaciones encontradas en cursos anteriores. Estas novedades afectan al soporte tecnológico utilizado, el cual incluye plataformas y herramientas web que favorecen la discusión y el trabajo en grupo; y a distintas actividades presenciales basadas en patrones colaborativos [6] que han sido puestas en práctica, con el propósito de favorecer la organización de ideas, la argumentación crítica, y el guiado a lo largo del proyecto.

El objetivo de este artículo es describir y valorar la experiencia llevada a cabo durante el curso 2010/2011 en la asignatura ISW. Para ello, la sección II presenta el contexto educativo de la asignatura. Posteriormente, la sección III

introduce el PBL y el Aprendizaje Colaborativo como metodologías de interés en Ingeniería de Software. La sección IV describe pormenorizadamente los detalles del curso de ISW. La sección V se utiliza para destacar las valoraciones realizadas por los profesores una vez finalizado el curso, las cuales pueden servir como lecciones aprendidas. Finalmente, la sección VI presenta las conclusiones y las líneas de trabajo futuro.

II. CONTEXTO EDUCATIVO

Dentro del plan de estudios de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid se imparte la materia Ingeniería de Software (ISW) en una asignatura optativa de tercer curso. Este plan está en periodo de extinción para ser sustituido progresivamente por los nuevos grados, definidos según las directrices del EEES. Sin embargo, la asignatura ISW ya había sido adaptada al EEES en lo que se refiere a la introducción de nuevas metodologías docentes (incluyendo PBL), y la innovación tecnológica (utilizando un espacio compartido de trabajo), así como en un diseño balanceado entre el trabajo presencial y el no presencial de los alumnos.

ISW se imparte durante quince semanas consecutivas en el segundo cuatrimestre del curso académico. La distribución de la docencia estipulada por el plan de estudios incluye una hora de teoría en aula y tres horas de prácticas en laboratorio cada semana. El objetivo principal de ISW es que los alumnos comprendan la necesidad de una aproximación metodológica a la producción y al desarrollo de software, así como que aprendan a aplicar técnicas concretas de análisis y diseño. Con ello, se busca descartar algunas ideas preconcebidas por muchos estudiantes (e ingenieros) entre las que destacan: “hacer software es sólo escribir código” y “es sólo software, podemos cambiarlo sobre la marcha”. Es relevante remarcar que, si bien los aspectos formales pueden ser aprendidos mediante técnicas tradicionales como la resolución en clase de pequeños problemas, la interiorización de la utilidad de seguir un proceso de ingeniería para la producción de software no se consigue normalmente mediante la repetición de esta idea en las clases teóricas.

Durante la asignatura se utiliza principalmente el Proceso Unificado (*Unified Process* - UP) [2] como metodología de desarrollo de software, el Lenguaje Unificado de Modelado (*Unified Modeling Language* - UML) [7] como notación estándar, y diversas herramientas CASE (*Computer Aided Software Engineering* - Ingeniería de Software Asistida por Ordenador), para el apoyo al proceso y al lenguaje utilizados. Además, se hace un énfasis especial en los casos de uso (como una técnica para identificar los requisitos funcionales de un sistema), en la programación orientada a objetos (como el paradigma de diseño de sistemas más utilizado actualmente), y en los patrones de diseño (como soluciones recurrentes a problemas surgidos en el diseño de sistemas software) [2].

Para la preparación del curso 2010-2011, los profesores de ISW se han apoyado en algunas metodologías docentes ya implementadas en cursos previos, como el PBL, combinándolas con el soporte tecnológico del curso mediante plataformas y herramientas web para uso educativo, y haciendo énfasis en el aprendizaje colaborativo a través de diversas experiencias de discusión presenciales.

III. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS Y APRENDIZAJE COLABORATIVO

El Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL - *Project-based learning*) [4] es una técnica comúnmente utilizada en el ámbito educativo en la cual los estudiantes se enfrentan a proyectos complejos y realistas, en lugar de a problemas simplificados para propósitos educativos. El PBL es una técnica que puede ser especialmente útil en el contexto de una asignatura de Ingeniería de Software por varios motivos [8]. Primero, muchos estudiantes trabajarán como ingenieros a lo largo de su carrera profesional en proyectos de empresas dedicadas al diseño, desarrollo y mantenimiento de sistemas software, por lo que el PBL es una técnica realista que les motiva al acercarlos a su vida profesional. Segundo, un proyecto software es complejo y por lo general está mal definido, por lo que los alumnos deben aprender a concretarlo y descomponerlo para poder abordarlo. Tercero, un proyecto software conlleva multitud de documentación sobre el negocio y sobre las distintas fases de su desarrollo, por lo que los alumnos deben aprender a seleccionar y analizar información en condiciones realistas. Cuarto, en un proyecto software no hay una solución única, por lo que los alumnos deben aprender a valorar, argumentar, y criticar distintas soluciones conociendo que ninguna de ellas está libre de problemas.

El aprendizaje colaborativo (CL - *Collaborative Learning*) [9] es un proceso por el cual la adquisición de conocimientos y capacidades se realiza mediante la interacción entre los participantes de una determinada situación de aprendizaje. El CL puede ser especialmente útil en el contexto de una asignatura de Ingeniería de Software por dos grandes motivos. Primero, favorece que las distintas soluciones sean discutidas en grupo por los alumnos. Con ello se consigue que éstos mejoren su capacidad de argumentación y de llegar a un consenso, recibiendo a su vez realimentación y diferentes puntos de vista de sus compañeros. Segundo, favorece que los alumnos trabajen en equipo con el objetivo de resolver un proyecto complejo, el cual sería difícilmente abarcable a nivel individual. El trabajo en equipo y la colaboración son dos de las capacidades transversales que los alumnos deben desarrollar a lo largo de la carrera según las directrices del EEES y que más se demandan a la hora de acceder a un puesto de trabajo como ingenieros.

IV. CURSO 2010/2011 DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

El curso 2010/2011 de ISW ha sido diseñado para aprovechar las ventajas del PBL y del CL, añadiendo además varias de las directrices propuestas en el EEES como son la innovación tecnológica y la evaluación continua de los alumnos. Esta sección describe la planificación general del curso, la propuesta de proyecto planteada este año, las aplicaciones y herramientas utilizadas, las actividades colaborativas presenciales realizadas, y los mecanismos de evaluación utilizados.

A. Planificación general del curso

El curso 2010/2011 de ISW está impartido por dos profesores y cuenta con diez alumnos. Las quince sesiones que conforman el curso se distribuyen en tres bloques bien diferenciados:

- *Introducción a la Ingeniería de Software.* Las tres primeras sesiones de teoría sirven para justificar la necesidad de un proceso de ingeniería para la producción de software, y para posteriormente introducir los conceptos más importantes tales como el Proceso Unificado, el lenguaje UML, los casos de uso y la orientación a objetos, pero dejando la explicación de detalles y su aplicación práctica para más adelante. La justificación de este primer bloque radica en que no puede empezarse a trabajar en un proyecto, sin haber introducido los conceptos básicos en cuanto a metodología de trabajo y notación. Por otro lado, las sesiones de prácticas sirven para introducir BoUML (<http://bouml.free.fr/>), la herramienta CASE a utilizar, con el objetivo de agilizar posteriormente la realización de diagramas UML y plantear un sencillo ejercicio en Java que ayude a clarificar los principales conceptos de la orientación a objetos.
- *Realización de un proyecto de desarrollo de software.* Las diez siguientes sesiones de teoría profundizan en las etapas del Proceso Unificado, en los diferentes diagramas UML y en un conjunto significativo de patrones de diseño software. Por otro lado, las sesiones de prácticas permiten a los alumnos aplicar las lecciones de teoría a un proyecto concreto, con las consiguientes ventajas comentadas en la sección III. Más concretamente, los alumnos trabajan más intensamente en las dos primeras fases del UP (*fase de inicio y fase de elaboración*) [2] aplicadas al proyecto elegido por los profesores. Al finalizar este bloque, los alumnos deben: haber comprendido el negocio en el que se enmarca el proyecto; haber detectado la mayor parte de requisitos funcionales y no funcionales del cliente; haber hecho un primer análisis de los riesgos y prioridades del proyecto; haber diseñado una propuesta inicial de arquitectura del sistema; haber realizado los principales diagramas UML del proyecto; y haber desarrollado algunos pequeños prototipos para los casos de uso más críticos. Para cada una de las diez sesiones se pide a los alumnos que elaboren un documento, completando diferentes plantillas proporcionadas por los educadores. Dicho documento se entrega al finalizar la semana, siendo revisado por los profesores, los cuales añaden comentarios a los documentos, disponiendo los alumnos de ellos al comenzar la siguiente sesión. Por falta de tiempo, el curso no pone énfasis en las fases de *construcción y transición* del UP que serían necesarias para completar el proyecto.
- *Repaso de la asignatura.* Las últimas dos sesiones se utilizan, tanto en las horas de teoría como en las de prácticas, como repaso a la asignatura. Para ello, se plantean ejercicios de examen de años anteriores y se discute de forma global la documentación presentada por los alumnos a lo largo del proyecto. Este repaso se considera necesario, ya que el PBL presenta limitaciones a la hora de preparar a los alumnos para un examen escrito. Los exámenes de ISW incluyen, en general, ejercicios prácticos similares a los vistos durante el proyecto, y por tanto, conviene animar a los alumnos en estas últimas dos sesiones a que reflexionen y discutan acerca de la forma de resolverlos.

Los diez alumnos del curso 2010/2011 de ISW se dividen en dos grandes grupos de cinco miembros cada uno. Estos

grupos se crean al inicio de la asignatura y se mantienen a lo largo de la misma, permitiendo la colaboración (generalmente intragrupo, y en algunas situaciones concretas intergrupo), tanto en las sesiones presenciales como en el tiempo destinado a la asignatura en casa.

B. Propuesta de proyecto

El aprendizaje basado en proyectos en un curso de ISW favorece que los alumnos sean capaces de enfrentarse a problemas realistas y complejos. Sin embargo, la elección del proyecto concreto está sujeta a varios condicionantes. De todos ellos, el más importante es el nivel de complejidad del proyecto. Un nivel muy alto puede desmotivar a los estudiantes en su intento por abarcar la resolución del proyecto y puede hacer menos controlables las actividades programadas por los profesores. Por otro lado, un nivel muy bajo puede restringir las ventajas del PBL, si solamente se abarcan escenarios similares a los diseñados para propósitos educativos. En este sentido, los proyectos relacionados con la gestión de diferentes recursos (económicos, personal...) o datos (médicos, académicos...) tienen un nivel de complejidad similar al de muchos proyectos reales y además pueden descomponerse fácilmente en casos de uso bien definidos, lo que permite tratarlos de forma independiente, tanto en el análisis de alto nivel, como en el diseño y la implementación de bajo nivel.

Atendiendo a las consideraciones anteriormente expuestas, la propuesta de proyecto del curso 2010/2011 de ISW es un sistema informático para la gestión de proyectos de investigación, equivalente al usado por los servicios administrativos de apoyo a la investigación de cualquier universidad. Para acotar un poco más el proyecto, la aplicación se restringe al uso local de un cierto grupo de investigación y tiene como objetivo reducir la gran carga administrativa y burocrática que supone enfrentarse a la gestión de cuentas y gastos asociados a proyectos de investigación concedidos desde diversos organismos financiadores.

En este proyecto, los alumnos deben considerar un conjunto de actores que pueden acceder al sistema, tales como: administrador, el cual gestiona los usuarios y sus permisos; administrativo, el cual tramita gastos asociados a proyectos; investigador principal (IP), el cual autoriza gastos asociados a los proyectos de los que es IP; e investigador, el cual puede visualizar los gastos ya autorizados en los proyectos de su grupo de investigación. A partir de estos actores y de la funcionalidad que esperan del sistema, los alumnos pueden obtener una lista de requisitos que van evolucionando, y que pueden ser modelados como casos de uso. Estos casos de uso guían el análisis y el diseño del sistema a desarrollar de acuerdo con las directrices del UP. Además, los alumnos deben profundizar en el negocio que rodea el sistema a diseñar, modelando conceptos importantes como partida presupuestaria, gasto, factura, impreso o dieta.

A lo largo del proyecto los alumnos adquieren diferentes roles que se les suponen como ingenieros de software: analistas, arquitectos, diseñadores e incluso desarrolladores. Por otro lado, los profesores juegan el rol de cliente que solicita el desarrollo del sistema descrito en el proyecto. Como complemento, es interesante contar con la colaboración de actores reales para que participen en la preparación y el

desarrollo del proyecto de la asignatura, aportando su experiencia en el correspondiente problema [3]. En cursos anteriores, se ha contado con profesionales que ejercen en diferentes áreas de negocio relacionadas con los proyectos propuestos (medicina, administraciones públicas, educación, contabilidad...). Para esta ocasión, la administrativa del grupo de investigación donde trabajan los profesores se ha prestado a colaborar en la preparación del proyecto de la asignatura, e incluso intervino en una de las primeras sesiones para explicar su trabajo con más detalle, animando a que los alumnos pudiesen hacer preguntas con las dudas que tuviesen, como si de una entrevista con el cliente se tratase.

Se considera que un proyecto como éste puede ser abarcado en su totalidad en el análisis de alto nivel, y que varios de los casos de uso más representativos pueden ser diseñados e implementados en el bajo nivel, durante las diez sesiones planificadas a tales efectos, sirviendo como excusa para que los alumnos aprendan los procedimientos y notaciones asociados a cada actividad y artefacto del UP. Al finalizar, los alumnos deben ser capaces de aplicar y desarrollar sus conocimientos en ISW a proyectos similares.

C. Plataformas y herramientas web para el soporte al curso

En años anteriores, el soporte tecnológico de ISW se llevaba a cabo mediante la utilización de un BSCW (<http://public.bscw.de>) como repositorio de ficheros y espacio compartido. El profesor podía dejar el material de la asignatura en este repositorio, mientras que los alumnos podían subir al BSCW la documentación solicitada en cada sesión. Sin embargo, BSCW presenta algunas limitaciones importantes en el contexto de la asignatura:

1. *No favorece la elaboración en grupo de la documentación de cada sesión.* BSCW no incorpora herramientas de planificación ni de edición de texto. Esto dificulta el trabajo en grupo y el aprendizaje colaborativo, ya que se ha detectado que, en muchos casos, los alumnos se limitan a dividir las tareas a realizar de forma disjunta, intercalando en el documento final la parte generada por cada miembro.
2. *No favorece el seguimiento y la monitorización durante la semana, por parte del educador, del trabajo del grupo y de cada componente.* BSCW se utilizaba únicamente para la entrega final del documento solicitado al finalizar la semana. Esto dificulta que el profesor pueda valorar el esfuerzo dedicado por cada grupo, y por cada estudiante a la asignatura en cada una de las sesiones.
3. *No favorece la realimentación, por parte del educador u otros compañeros de clase, de la documentación generada en cada sesión.* BSCW no permite la edición síncrona o asíncrona de los ficheros que contiene. Por tanto, el educador debe descargarse los documentos de cada grupo, realizar las anotaciones pertinentes con su editor de texto habitual y volver a subir los documentos anotados al espacio compartido. Esto implica una gran carga administrativa y de gestión que aumenta con el número de grupos que componen la asignatura. En este contexto, pueden utilizarse algunos entornos o plataformas web pensados para soportar la gestión de cursos que comprenden educación a distancia o semipresencial. Este tipo de entornos se denominan de forma genérica, Sistemas de Gestión del Aprendizaje (LMS – *Learning*

Management Systems) o Entornos de Aprendizaje Virtual (VLE – *Virtual Learning Environments*) [10]. Moodle (<http://moodle.org>), LAMS (<http://lamsinternational.com>) o Blackboard (<http://blackboard.com/>) son algunos de los ejemplos de VLE más representativos. Estos VLE pueden ser útiles para gestionar las tareas que comprende la asignatura, ya que en muchos casos incluyen foros de discusión, chats, repositorios de ficheros y editores de texto.

La Universidad de Valladolid promueve específicamente la utilización de uno de estos VLE, Moodle, como plataforma de innovación docente. Una de las características más importantes de Moodle, y de otros VLE similares, es que están centrados en la figura del educador, haciendo que éste tenga un control total sobre lo que sucede en el curso. Sin embargo, en ISW se busca la idea de un espacio compartido que favorezca una participación muy activa de los alumnos, con el objetivo de que sean ellos mismos los que añadan contenidos a este espacio, y además, lo utilicen para discutir las ideas expuestas por los profesores y por sus propios compañeros de clase. Por tanto, se pretende que la clase tenga una estructura no jerárquica en la que alumnos y profesores utilicen un rol muy similar en el espacio de trabajo.

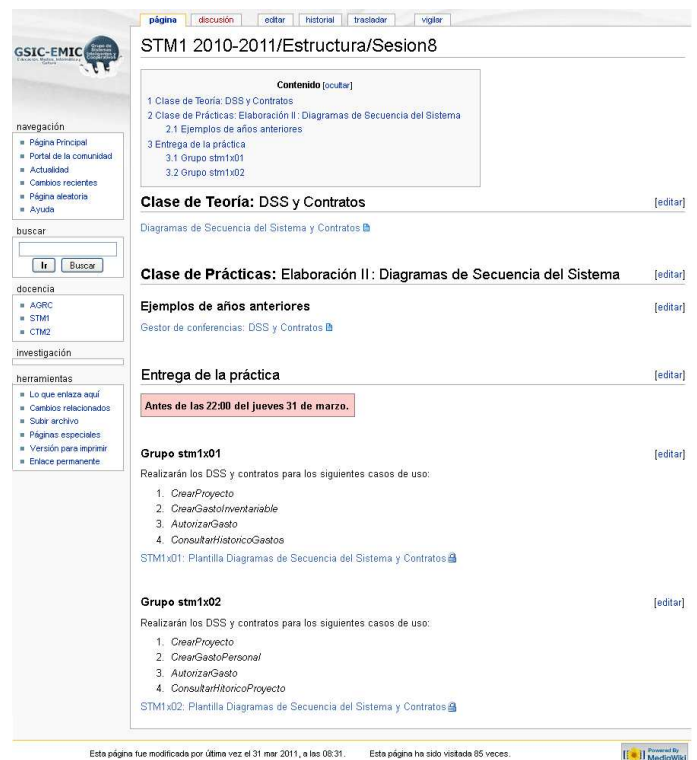


Fig. 1 Captura de pantalla de MediaWiki describiendo una de las sesiones del curso 2010/2011 de ISW.

Éste es el principal motivo por el que los profesores de ISW han optado por utilizar la plataforma web MediaWiki (MW) (<http://mediawiki.org>), como espacio compartido de trabajo en el curso 2010/2011 de ISW. A ello se suma la experiencia previa de los educadores y de su grupo de investigación con esta plataforma [11], y el escaso esfuerzo de aprendizaje que conlleva editar y añadir contenidos. Dado que la mayor parte de contenidos intercambiados son texto e imágenes, se considera que MW ofrece una infraestructura suficiente para el propósito de la asignatura. Además, favorece las

discusiones en grupo y la realimentación por parte de profesores y compañeros de clase [11]. Se considera también, que al ser un curso semipresencial, buena parte de las discusiones informales serán cara a cara, por lo que normalmente el texto que se añada a la plataforma habrá sido reflexionado, a diferencia de lo que ocurre generalmente al utilizar foros o chats como los que presentan los citados VLE. La Figura 1 muestra una captura de pantalla de MediaWiki con el contenido de una de las sesiones. Para la clase de teoría los profesores suben las transparencias que van a utilizar, con suficiente antelación para que los alumnos puedan disponer de ellas durante la clase. Para la clase de laboratorio, los profesores proporcionan un ejemplo de años anteriores y definen las tareas que debe realizar cada grupo. Además, se indica la plantilla a utilizar para generar la documentación y la fecha de entrega.

A lo largo de la asignatura se ha utilizado también la herramienta Google Documents (<http://docs.google.com>) como editor de texto síncrono para la generación de la documentación correspondiente a cada sesión de prácticas. De esta forma, los profesores crean una instancia de Google Documents a la que suben la plantilla correspondiente, y luego recogen el enlace proporcionado para cada grupo, añadiéndolo a la estructura de la sesión en MW. Así, los alumnos acceden a MW para conocer la estructura de la sesión, las tareas a realizar y para acceder al documento compartido sobre el que van a trabajar, tanto en las horas presenciales como en las de trabajo en casa.

La entrega de la documentación por parte de los alumnos se realiza mediante la gestión de permisos de la herramienta Google Documents. El procedimiento es el siguiente: una vez que vence el plazo para una actividad, los profesores revocan los permisos de edición para que los alumnos no puedan realizar más cambios en los documentos, permitiendo únicamente su visualización para revisar los comentarios de los profesores. El principal inconveniente de utilizar Google Documents es que la información generada por los estudiantes y educadores se almacena en un dominio de terceros. Éste es un debate abierto, ya que algunos docentes son reticentes a almacenar datos en la “nube”, mientras que otros son partidarios de utilizar abiertamente herramientas de la Web 2.0. En este caso se considera que las políticas de seguridad de Google son suficientes para garantizar la privacidad de los datos, teniendo en cuenta que éstos se generan en el ámbito educativo y no en el empresarial (en cuyo caso la sensibilidad de la información sería mucho mayor). Además, para evitar posibles fallos en los servidores de terceros, los profesores realizan copias de seguridad de los documentos generados por los alumnos al finalizar cada sesión.

La utilización de MediaWiki como plataforma y de Google Documents como herramienta de edición colaborativa de texto presenta varias ventajas importantes en el curso de ISW.

- Todos los participantes del grupo pueden colaborar en la edición colaborativa de un documento, al que acceden de forma centralizada a través de la plataforma del curso.
- El educador puede realizar un seguimiento diario del trabajo de los alumnos, accediendo a las instancias de cada grupo. Además, la herramienta Google Documents incorpora un historial que permite que los educadores revisen las diferentes versiones, y comprueben los cambios que ha hecho cada usuario individualmente.

- El educador (y otros compañeros) pueden, directamente sobre la instancia de Google Documents, o en una página de MediaWiki, añadir comentarios y opiniones sobre el trabajo de un determinado grupo, favoreciendo la realimentación a lo largo del proyecto.
- Los estudiantes no tienen que descargar ninguna aplicación ni documento de la asignatura, ya que pueden trabajar en línea únicamente con un navegador web y conexión a Internet. Esto a su vez provoca que no haya incompatibilidades de versiones o de formatos derivados del uso de una aplicación concreta.

La herramienta Google Documents ha sido ya utilizada por algunos estudiantes previamente, y en cualquier caso, presenta una apariencia muy similar a los editores de texto más habituales como Microsoft Word y Open Office, además de ser compatible con los formatos generados por ambos. Por su parte, la plataforma MW está obteniendo gran aceptación por parte de numerosos educadores. Además, los estudiantes están en muchos casos acostumbrados a la utilización de wikis, como por ejemplo Wikipedia. La consecuencia final es que la innovación tecnológica llevada a cabo en esta asignatura requiere un esfuerzo de aprendizaje mínimo tanto para educadores como para estudiantes.

Por otro lado, la carga administrativa de los profesores a la hora de crear, configurar y enlazar las instancias de Google Documents en MediaWiki sí es significativa, especialmente cuando el número de grupos que participan en ISW es elevado. Por ello, en la parte final de la asignatura se ha probado la arquitectura GLUE! (Entorno Uniforme de Aprendizaje en Grupo – *Group Learning Uniform Environment*) [12] (<http://gsic.uva.es/glue>), la cual permite la integración de herramientas de terceros como Google Documents en plataformas de aprendizaje como MediaWiki. Para ello, GLUE! proporciona una interfaz gráfica que permite crear, configurar, modificar y borrar instancias de herramientas externas dentro del entorno de aprendizaje, reduciendo así la carga administrativa de los profesores.

D. Actividades colaborativas presenciales

La utilización de PBL en ISW presenta dos problemas importantes. El primero es que generalmente no existe una solución única (ni en el análisis, ni el diseño, ni en la implementación del sistema), y diferentes propuestas pueden ser válidas dependiendo de las posibles interpretaciones o prioridades dadas a los requisitos. En este sentido, conviene que los alumnos reflexionen sobre el coste y el beneficio que puede suponer la toma de una decisión frente a otra. El segundo es que conviene acotar el proyecto para que pueda ser controlado por los profesores y abarcado por los estudiantes durante el tiempo que dura la asignatura. Una forma sencilla de acotar es delimitar los requisitos funcionales que espera el cliente. De esta forma se restringen, en primera instancia, los casos de uso del sistema considerado, y posteriormente, pueden realizarse sólo algunos de ellos en el diseño y la implementación. Con la excusa de discutir posibles soluciones y acotar el ámbito del proyecto, pero sin perder de vista el desarrollo de las habilidades transversales de los alumnos relacionadas con el CL, se han llevado a cabo varias actividades colaborativas presenciales con la totalidad de los alumnos de ISW. En estas actividades se han aplicado principalmente dos patrones de aprendizaje colaborativo.

• **Brainstorming** (“tormenta de ideas”). Los alumnos de la clase al completo participan sugiriendo ideas para resolver un determinado problema. El profesor anota todas ellas en diferentes *post-it*, los cuales se van colocando en la pizarra. Es muy importante que el profesor no haga juicios previos sobre las ideas sugeridas y las coloque tal cual, ya que si no sesga la solución y coarta la participación de los alumnos. Una vez que se agotan las ideas, se analizan uno a uno los *post-it* confirmándolos o descartándolos. La técnica de *brainstorming* se ha aplicado en dos ocasiones: en la realización del diagrama de casos de uso del sistema; y en la realización del modelo conceptual del proyecto. En la primera ocasión se buscaba acordar un diagrama único que incluyese los actores y casos de uso más relevantes. A partir de este acuerdo, los profesores podían decidir qué casos de uso debería abordar cada grupo en las siguientes sesiones. En la segunda ocasión se buscaba identificar algunos de los conceptos más importantes y sus atributos (dejando que la discusión continuase posteriormente en los grupos de trabajo), lo cual es un paso previo muy importante para la posterior realización de los diagramas de clase y de interacción. Los *brainstormings* son una técnica especialmente recomendada para el análisis en grupo de sistemas complejos en el campo de la Ingeniería de Software [1]. En el aula favorecen además, la alta participación y la motivación de los alumnos, ya que se encuentran en un ambiente más relajado. A pesar de ello, es inevitable que algunos de los alumnos más introvertidos sean reticentes a expresar sus ideas en público. La Figura 2 muestra una parte del modelo conceptual del proyecto como resultado de uno de los *brainstorming* en ISW.

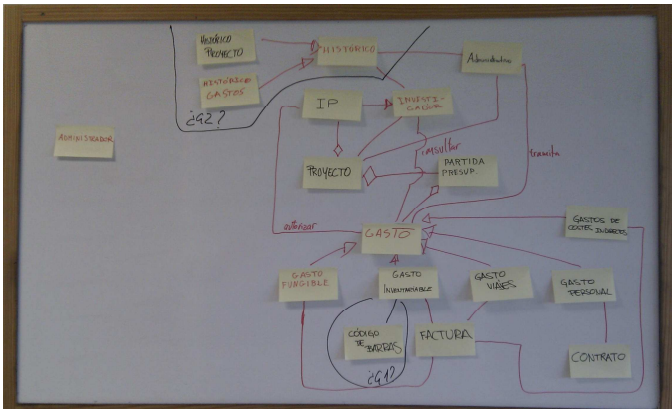


Fig. 2 Resultado del *brainstorming* del modelo conceptual del proyecto de ISW. Nótese que en la parte superior y en la parte inferior ha habido dos puntos de desacuerdo (G1 y G2). Por ello, los profesores han mantenido los conceptos en la pizarra, delimitando las zonas que los contienen, para que los alumnos continúen la discusión posteriormente en sus respectivos grupos. Nótese también que no se ha llegado a un acuerdo sobre cómo relacionar el concepto que aparece a la izquierda con el resto del diagrama.

• **Jigsaw** (“rompecabezas”). Un *jigsaw* consiste en la descomposición de un problema grande en varios sub-problemas que son abarcados por grupos diferentes. Cada grupo se convierte en “experto” de una parte del problema, mostrando posteriormente su solución al resto de la clase. De esta forma, con las contribuciones de cada grupo se consigue llegar a una solución global. Una variante de esta técnica, en la cual el proyecto se ha descompuesto a partir de sus casos de uso, ha sido aplicada varias veces durante el curso, para resolver: el

análisis detallado de los casos de uso; el diseño de los diagramas de secuencia del sistema para diferentes casos de uso; y el diseño de las diagramas de clases y de interacción para diferentes casos de uso. Concretamente cada grupo ha abarcado cuatro casos de uso, dos de los cuales eran comunes, y otros dos diferentes (teniendo éstos una dificultad similar). Posteriormente se han discutido entre todos, las similitudes y diferencias de los casos comunes, y cada grupo ha explicado a sus compañeros las soluciones propuestas a los casos de uso de los que eran “expertos”. Esta variante de *jigsaw* se ha empleado también en una de las sesiones de repaso de la asignatura, en la cual cada grupo debía responder a un cuestionario de verdadero o falso sobre un mismo diagrama de clases (Figura 3). Los *jigsaws* son una técnica utilizada frecuentemente en PBL ya que permiten simplificar proyectos complejos, y favorecen la adquisición de competencias tales como la crítica al trabajo de los compañeros, y la explicación de una propuesta en público, además de generar interdependencia positiva entre los miembros de un grupo [13].

Pregunta	Si	No
Pregunta 1	67%	33%
Pregunta 2	67%	33%
Pregunta 3	67%	33%
Pregunta 4	67%	33%

Fig. 3 Captura de pantalla de MediaWiki mostrando la página de un alumno durante la sesión de repaso. Las herramientas y recursos utilizados se han integrado en MediaWiki a través de la arquitectura GLUE!

E. Evaluación del aprendizaje

La evaluación de ISW está compuesta de dos partes: una nota de prácticas en la que se tiene en cuenta la evaluación continua del alumno a lo largo del proyecto realizado; y una nota de examen, el cual se realiza según el calendario académico, una vez que finaliza la asignatura. La nota de prácticas cuenta un 75% de la nota final (ya que tres de cada cuatro horas de la asignatura pertenecen a créditos prácticos), mientras que el examen determina el 25% de la nota.

La nota de prácticas tiene a su vez dos partes. La primera valora las capacidades horizontales adquiridas por los alumnos en la materia, principalmente mediante la evaluación de los documentos generados en cada una de las sesiones del proyecto. La segunda valora las capacidades transversales (principalmente la crítica y autocrítica, el trabajo en equipo, la comunicación oral y la toma de decisiones) a través de las diferentes anotaciones realizadas por los profesores durante las actividades colaborativas presenciales.

Finalmente, es necesario hacer ciertas consideraciones adicionales sobre el examen. Es conocido que por la propia naturaleza del PBL, un aprendizaje de este tipo no prepara bien a los alumnos para exámenes fuertemente teóricos y descontextualizados, en los que se piden definiciones o la explicación de ciertos temas. El PBL fomenta el aprendizaje práctico, por lo que en justicia la evaluación debe hacerse sobre casos prácticos. Además, se espera que los alumnos hayan aprendido que no existe una solución única, y que hay que ofrecer argumentos a las distintas posibilidades. Por ello, no deben plantearse exámenes con problemas en los que el profesor espera una solución determinada y no está dispuesto a considerar la explicación subjetiva del alumno. Finalmente, la resolución de un proyecto nuevo no es viable en un examen, y puesto que el objetivo fundamental es la “cuantificación del aprendizaje individual” puede ser suficiente con pedir en el examen pequeñas partes ya resueltas en el proyecto práctico de la asignatura, y solicitar argumentos sobre las decisiones. Si se quieren incluir preguntas objetivas, éstas deben ceñirse a los aspectos formales (p.ej. corrección de la notación UML de algunos diagramas).

V. VALORACIONES Y DISCUSIÓN

Tras la finalización del curso 2010-2011 los profesores de ISW están en disposición de realizar las siguientes valoraciones, apoyadas por observaciones no estructuradas tomadas a lo largo del curso y por los resultados de una encuesta anónima que los alumnos contestaron tras la última sesión de clase.

- *Sobre la planificación del curso.* El curso se ha desarrollado de forma satisfactoria, tal y como se había planificado inicialmente. Merece la pena destacar la asistencia del 100% de los alumnos a la totalidad de sesiones prácticas, lo que permite obtener indicios relacionados con la alta motivación de los alumnos a trabajar siguiendo la metodología PBL y a participar en las distintas actividades colaborativas presenciales.
- *Sobre el proyecto propuesto.* Los profesores pueden concluir que los dos grupos de ISW han resuelto satisfactoriamente el proyecto propuesto. El argumento que apoya esta afirmación es que los dos grupos han entregado toda la documentación requerida en cada una de

las sesiones, habiendo completado la totalidad de tareas encomendadas, presentando soluciones factibles al proyecto planteado.

- *Sobre el soporte tecnológico.* La utilización de MediaWiki y Google Documents como aplicaciones web de apoyo a ISW no ha supuesto, a priori, ningún impedimento para los alumnos durante las sesiones que componen el curso. Esto se desprende de la ausencia de quejas y preguntas relacionadas con el funcionamiento del soporte tecnológico. Además, la centralización de los recursos y herramientas en una misma plataforma, bien incluyendo los enlaces a éstas o bien integrándolas a través de la arquitectura GLUE! ha recibido críticas muy positivas en la encuesta por parte de los alumnos debido al “ahorro de tiempo” y a la “fácil organización”. De hecho, el 100% de los alumnos está de acuerdo o completamente de acuerdo en que disponer de los recursos y herramientas en MediaWiki ha facilitado la realización de las actividades propuestas durante el curso. La única herramienta que los alumnos no han utilizado desde MediaWiki es BoUML. En su momento, los profesores barajaron otras posibles herramientas CASE en línea en lugar de BoUML. Un ejemplo es la pizarra compartida Dabbleboard (<http://dabbleboard.com>) que sí está disponible actualmente para su integración mediante GLUE!, pero su escaso soporte a diagramas específicos de UML hizo que fuese descartada. Otros ejemplos son las herramientas CASE en línea Gliffy (<http://gliffy.com>) y gModeler (<http://gskinner.com/gmodeler>), pero sus limitaciones funcionales y la ausencia de soporte a la colaboración, también hicieron que fuesen descartadas. En cualquier caso, la gran proliferación de herramientas web en los últimos años probablemente permitirá que en futuros cursos de ISW puedan utilizarse herramientas CASE colaborativas en línea desde MediaWiki.
- *Sobre la colaboración entre alumnos.* Los profesores han podido comprobar que la colaboración, el trabajo en grupo y la participación han aumentado a medida que transcurría el curso. En este sentido, en las sesiones del bloque de introducción, los alumnos se limitaron a hacer dos tutoriales de BoUML y Java de forma individual, a pesar de que los grupos ya estaban formados. Posteriormente, en las sesiones de realización del proyecto, los alumnos han preferido discutir y trabajar en grupo, haciendo explícitos comentarios que afirman incluso que han llegado a reunirse en horario no lectivo para continuar la discusión de alguna de las sesiones, además de alargarse las sesiones más allá de la hora de finalización indicada en el horario. Por otro lado, las actividades colaborativas han sido bastante fluidas, favoreciendo la generación de ideas y la crítica constructiva. Es importante destacar que los profesores han observado un cierto desequilibrio en el comportamiento de algunos alumnos. Si bien varios de ellos permanecieron muy activos durante las actividades colaborativas, un pequeño conjunto apenas intervino. Esto quizá se explica por un carácter introvertido, por la falta de costumbre a la hora de hablar en público, o por miedo al rechazo de sus ideas. Precisamente técnicas como el *brainstorming* en las que todas las ideas son anotadas para ser discutidas a posteriori están pensadas para amortiguar esa sensación de rechazo.

Estas valoraciones de los profesores permiten extraer ciertos indicios sobre el comportamiento, la motivación y el aprendizaje de los alumnos al aplicar PBL con actividades CL, soportado todo ello a través de plataformas y herramientas web.

VI. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Este artículo ha presentado la experiencia llevada a cabo en un curso de ISW perteneciente al plan de estudios de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid. En dicho curso se ha combinado PBL con actividades colaborativas presenciales, y el soporte tecnológico del curso a través de plataformas y herramientas web, con el objetivo de favorecer la adquisición de las capacidades horizontales propias de la asignatura y de capacidades transversales necesarias en ISW, tales como la crítica, la exposición de ideas y el trabajo en grupo. Esta propuesta se plantea como alternativa a la docencia tradicional en Ingeniería de Software, basada en la exposición teórica y la realización de problemas aislados. Las valoraciones de los profesores tras la finalización de la asignatura indican una alta motivación de los alumnos para la asistencia a clase y la participación en las actividades colaborativas, un aumento de la discusión y del trabajo en grupo con respecto a las primeras sesiones y la resolución de las tareas planteadas en cada sesión de forma satisfactoria, por parte de los dos grupos que componen el curso.

Uno de los principales retos que se plantea para el futuro es la transición de ISW (actualmente asignatura optativa), a una asignatura obligatoria de segundo curso para los nuevos grados de: Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación; Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación; Ingeniería de Sistemas Electrónicos; e Ingeniería de Sistemas Telemáticos. La parte positiva es que ISW ya ha sido adaptada al EEES mediante metodologías de innovación docente, soporte tecnológico y evaluación continua de las capacidades adquiridas por los alumnos. Sin embargo, la parte más complicada de esta transición es la gestión de un número elevado de alumnos (se estiman entre 100 y 150 para el curso 2011/2012 entre las cuatro titulaciones), lo que presenta los siguientes problemas.

El primero es la necesidad de llevar a cabo múltiples seminarios con un número bajo de alumnos (máximo 20) para realizar las actividades colaborativas presenciales. La gran diversidad de opiniones e ideas que pueden surgir en cada uno de estos seminarios hacen que sea difícil para el profesor acordar propuestas comunes (por ejemplo para los casos de uso), que sirvan para homogeneizar el trabajo de los diferentes grupos y guiar el resto del proyecto. Esto es especialmente crítico si la asignatura es además impartida por múltiples profesores. El segundo es la gran cantidad de documentos que deben revisar los profesores cada semana para realizar la evaluación continua, especialmente si el número de grupos es muy elevado. La creación de grupos grandes supone una menor carga de trabajo para el profesor, pero también una mayor dificultad a la hora de valorar el trabajo diario que realiza cada alumno de forma individual. La tercera es la sobrecarga adicional por la gestión del ciclo de vida (creación, configuración con una plantilla inicial, enlazado en MediaWiki, etc.) de las instancias de Google Documents que debe utilizar cada grupo en cada sesión. En

este sentido, la arquitectura GLUE! [12], la cual ya ha sido introducida de forma satisfactoria en el presente curso, facilita a los educadores la gestión del ciclo de vida de las herramientas externas desde su plataforma habitual.

En cualquier caso, la transición de una asignatura optativa con pocos alumnos, a una asignatura obligatoria con muchos alumnos no es sencilla, y habrá que esperar a los próximos años para valorar la motivación y la adquisición de capacidades en los alumnos de los nuevos grados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (TIN2008-03-23), y por la Junta de Castilla y León (VA293A11-2).

REFERENCIAS

- [1] R.S. Pressman, *Ingeniería del software: un enfoque práctico*, 5ª ed., McGraw-Hill, Madrid, 2001.
- [2] C. Larman, *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process* 2ª ed., Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, EE.UU. 2001.
- [3] E. Gómez-Sánchez, Y. Dimitriadis, J.I. Asensio-Pérez, M. Rodríguez Cayetano, M.L. Bote-Lorenzo, G. Vega-Gorgojo, *Aplicación y evaluación del estudio de casos como técnica docente en el área de Ingeniería Telemática*, Actas de la IV Jornadas de Ingeniería Telemática, JITEL 2003, pp. 503-510, Gran Canaria, España, Septiembre 2003.
- [4] D.G. Moursund, *Project-Based Learning in an Information Technology Environment*. Eugene, OR: International Society for Technology Education, 1999.
- [5] C.R. Graham, *Blended learning systems. Definitions, current trends and future directions*. En: *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*, pp. 3-21, Pfeiffer, San Francisco, EE.UU. 2006.
- [6] P. Dillenbourg, *Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design*. En *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL?* pp. 61-91, Heerlen: Open Universiteit, Holanda, 2002.
- [7] J. Arlow, I. Neustadt. *UML and the Unified Process: Practical Object-Oriented Analysis and Design*, 1ª ed., Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, EE.UU. 2002.
- [8] A. Martínez-Monés, E. Gómez-Sánchez, Y. Dimitriadis, I.M. Jorrín-Abellán, B- Rubia-Avi, G. Vega-Gorgojo, *Multiple Case Studies to Enhance Project-Based Learning in a Computer Architecture Course*, IEEE Transactions on Education. 48(3):482-489, Agosto 2005.
- [9] P. Dillenbourg, What do you mean by "Collaborative Learning"? En *Collaborative Learning: cognitive and computational approaches*, P. Dillenbourg (ed.), Elsevier Science, pp. 1-19, Oxford, Reino Unido, 1999.
- [10] P. Dillenbourg, *Virtual learning environments*, EUN Conference, learning in the new millennium: building new education strategies for schools, 2000.
- [11] A. Martínez-Monés, S. Villagrà-Sobrino, R. Santos-Fernández, R. Anguita-Martínez, I.M. Jorrín-Abellán, *Social network analysis support for an IBL wiki-based course*, Actas del Taller Real-Time methods at International Conference of the Learning Sciences, ICLS 2008, Utrecht, Holanda, Junio 2008.
- [12] C. Alario-Hoyos, S. Wilson, *Comparison of the main Alternatives to the Integration of External Tools in different Platforms*, Actas de la International Conference of Education, Research and Innovation, ICERI 2010, pp. 3466-3476, Madrid, España, Noviembre 2010.
- [13] A. Brown, *Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings*, Journal on Learning Sciences, vol. 2, pp. 141-178, 1992.