

Aplicando la metodología *Project Based Learning* en la docencia de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

Isidro Calvo, José Manuel López-Guede y Ekaitz Zulueta

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (UPV/EHU). Spain. E-mails: isidro.calvo@ehu.es, jm.lopez@ehu.es, ekaitz.zulueta@ehu.es.

Resumen: El presente trabajo pretende difundir la aplicación de la metodología PBL (*Project Based Learning*) en el diseño del laboratorio de la asignatura Redes en la empresa, enmarcada en los estudios de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la EUI de Vitoria-Gasteiz (UPV/EHU). En la medida de lo posible, se ha tratado reproducir la futura labor profesional de los alumnos, que frecuentemente tendrán que colaborar en equipos de trabajo para el diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas de gestión de cierta complejidad. Para ello, se ha propuesto un proyecto de 15 semanas de duración en el que los alumnos, trabajando en grupos, tendrán que diseñar e implementar una aplicación distribuida con acceso a bases de datos. Dicho proyecto aborda las diferentes fases de desarrollo de aplicaciones informáticas. Como apoyo al desarrollo del laboratorio se utilizó la plataforma Moodle, bien por parte del profesor para proporcionar materiales de apoyo a los alumnos como por parte de los alumnos para entregar la documentación solicitada.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL), Didáctica de Aplicaciones Informáticas Distribuidas.

Title: Applying the PBL methodology in Computer Engineering

Abstract: The current paper aims to disseminate the application of the PBL (Project Based Learning) methodology to the design of the laboratory of "Business Networks", which is an elective subject in the studies of Computer Engineering at the EUI of Vitoria-Gasteiz (UPV/EHU). The laboratory has tried to reproduce, as far as possible, the future professional conditions in which the students will work. Typically, they will have to collaborate in working teams to design and develop computer applications of certain size and complexity. So, a relatively complex application, involving distribution and database access, has been proposed to be developed for the whole duration of the course (15 weeks). The students will have to address the different phases of the creation of computer applications. The Moodle platform was used to support the development of the laboratory in a bidirectional way: By the teachers to give support to the students and by students to deliver the documentation required in every phase.

Keywords: Project Based Learning (PBL), Didactics of Distributed Computer Applications.

Contexto de la asignatura

La asignatura Redes en la empresa pertenece al plan de estudios de la especialidad de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión que se imparte en la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Se trata de una asignatura optativa y cuatrimestral de 6 créditos (60 horas), 3 créditos de teoría y 3 de laboratorio, que se imparte íntegramente en el primer cuatrimestre. Junto con las asignaturas de Informática en la empresa y Control y aseguramiento de la calidad del software, forma parte de la línea curricular 2, denominada Aplicaciones empresariales. Aunque se trata de una asignatura optativa, y por tanto no hay restricciones para cursarla en el último año de estudios, se utilizan conceptos adquiridos en otras asignaturas que normalmente deberían haberse cursado de forma previa como son (ver figura 1): Redes, Ingeniería del software, Programación (1º y 2º) y Bases de Datos (2º y 3º). Cabe señalar que la asignatura de Redes en la empresa se oferta en el primer cuatrimestre, por lo que, desafortunadamente, dos asignaturas anuales íntimamente relacionadas con ella como son Desarrollo de bases de datos e Ingeniería del software normalmente se cursarán en paralelo, si bien la asignatura de Redes en la empresa permitirá afianzar los conceptos adquiridos en estas asignaturas y complementarlas.

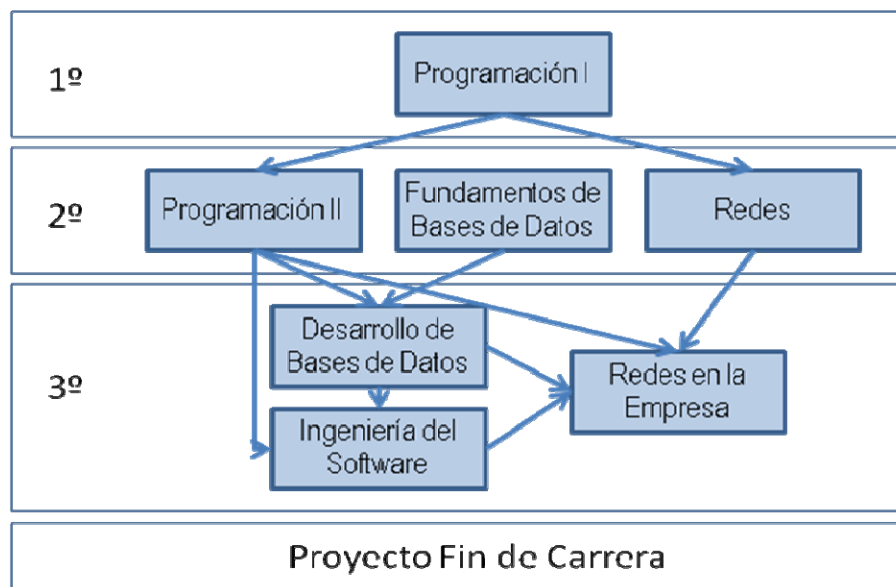


Figura 1. Asignaturas previas a Redes en la empresa de la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión (UPV/EHU).

El hilo conductor de la asignatura son las necesidades de comunicación de las aplicaciones empresariales. Para ello, en la parte de teoría se estudian diversas tecnologías modernas que simplifican la creación de aplicaciones distribuidas complementando los conocimientos adquiridos en la asignatura de Redes. Este trabajo se centra en la descripción del laboratorio de la asignatura, tal y como ha sido desarrollado durante los dos últimos cursos académicos: 2008/2009 y 2009/2010. Cabe señalar para la mayoría de los alumnos de los estudios de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la E.U.I. de Vitoria el desarrollo del proyecto propuesto en la asignatura de Redes en la empresa constituye la primera aplicación de entidad que afrontan y por tanto, prepara a los alumnos para asumir en mejores condiciones el desarrollo del Proyecto Fin de Carrera,

que en la mayoría de los casos se comienza en el último semestre o en curso siguiente.

Diseño de la asignatura: un enfoque basado en PBL

Los profesores han pretendido involucrar a los alumnos en el proceso de diseño de la asignatura buscando resolver los problemas identificados por Curty, Comesaña y Márquez (2010) en asignaturas similares: (1) Falta de motivación del alumnado; (2) Escasa asistencia a prácticas tras las primeras sesiones, y (3) Tendencia a dejar para las últimas semanas del curso la realización del trabajo pedido. Con la intención de conseguir una asignatura que cubriendo el temario resuelva estos problemas y que, además, resulte atractiva y útil para los alumnos se han utilizado técnicas de codiseño, propuestas en Cumming y Owen (2001). Se pueden encontrar en la bibliografía muestras de cómo se han aplicado estas técnicas en asignaturas de diferentes áreas de conocimiento universitario. Hay ejemplos en el área de Biología y Fisiología Vegetal (Fos Causera, 2007), en el área de la Electrónica (Gil y Montes, 2007) o en el área de los Procesos Industriales (Latorre, 2007).

La asignatura de Redes en la empresa ha servido soporte para varias experiencias docentes expuestas en trabajos previos (López-Guede *et al.*, 2008). Como resultado de la aplicación de las técnicas de codiseño, y gracias a la cooperación de los alumnos, el diseño de la asignatura ha ido evolucionando hacia una asignatura basada en la metodología *Project Based Learning*, PBL (Barron, 1998; Pucher *et al.*, 2002; Boss y Krauss, 2007) fuertemente orientada a relacionar los conceptos aprendidos en clase con su aplicación en la futura vida profesional de los alumnos. La metodología *Project Based Learning* es una pedagogía constructivista que busca un aprendizaje profundo en un tema al fomentar la búsqueda de información para encontrar soluciones a un proyecto propuesto de forma que se asimilen los conceptos previamente explicados. Es importante que los problemas sean cercanos a la realidad para que resulten motivadores. Este enfoque hace que los alumnos se involucren en la resolución de los problemas, la toma de decisiones e investiguen posibles soluciones de forma que encuentren soluciones propias a los problemas propuestos. Desde el punto de vista didáctico aporta la ventaja de que promueve la creatividad en la búsqueda de soluciones a la vez que muestra que puede haber varias formas de resolver los problemas reales. Por otra parte, la labor del profesor consiste en plantear los problemas y proponer a los alumnos posibles alternativas para que sean ellos quienes las evalúen y busquen soluciones parciales que les permitan desarrollar el proyecto.

La metodología PBL tiene aplicación en varios niveles educativos, desde la escuela elemental (Orenturk, 2004) a la enseñanza universitaria, habiéndose aplicado incluso de modo institucionalizado por una universidad de modo individual (Steedman *et al.*, 2006), como mediante redes de universidades creadas al efecto (Ponsa *et al.*, 2009). Dentro del mundo universitario existen referencias en la literatura que señalan su utilización con éxito en campos tan dispares como medicina (Fukuda *et al.*, 1999) o las artes (Slattery, 2006). Otro campo en el que ha tenido gran utilización es en el de ingenierías. Pueden verse trabajos que hacen referencia a la ingeniería en general (Hadim *et al.*, 2002), así como otros en áreas de la misma más específicas. Dentro de estas áreas más específicas, hay trabajos que recogen el uso exitoso del PBL en cursos de Electrónica (Macías-Guarasa *et al.*, 2006), de Ingeniería Eléctrica (Hosseinzadeh

et al., 2005), de Circuitos Integrados (Aziz *et al.*, 2008; González, 2007), de Mecatrónica (Habash *et al.*, 2010; Solis *et al.*, 2009) y de Análisis de Sistemas de Potencia (Hosseinzadeh, 2009).

Más concretamente, dentro del Área de la Ingeniería Informática, que es donde se enmarca el presente trabajo, en la literatura se pueden encontrar algunos trabajos en los que se muestran experiencias de uso del PBL en campos como el aprendizaje de Patrones de Diseño (Jeremic *et al.*, 2009), de Estructuras de Datos (Anquan *et al.*, 2009), Gráficos por Computador (Marti *et al.*, 2006), Procesado de Señal Biomédica (Abeyratne *et al.*, 2006) y Visión por Computador (Sokic *et al.*, 2008). El presente trabajo describe cómo se ha seguido un enfoque basado en la metodología PBL para diseñar el laboratorio de la asignatura Redes en la empresa.

Planteamiento del proyecto de la asignatura

Siguiendo la metodología PBL se propuso un proyecto consistente en una aplicación cliente/servidor. En la aplicación propuesta el servidor debe gestionar una base de datos y proporcionar una interfaz de comunicación que utiliza la aplicación cliente para acceder y manipular la información. Por otra parte, la principal tarea de la aplicación cliente consiste en visualizar la información de la base de datos. Esta tarea debe realizarse con una aplicación gráfica que resulte sencilla de utilizar por los usuarios finales. Un requisito del proyecto propuesto es que las aplicaciones cliente y servidor se puedan ejecutar en ordenadores diferentes comunicados a través de una red de computadores.

Un proyecto de este tipo cuenta con varias características interesantes. Por un lado, agrupa varias áreas del conocimiento de asignaturas previas (Ingeniería del Software, Bases de datos, Redes, Programación etc.) y, por otro, se trata de una aplicación real que la mayoría de los alumnos pueden tener que afrontar en su futura vida profesional. Además, constituye un proyecto de mediana complejidad, hasta el punto de que para la mayoría de los alumnos suele ser la aplicación software de mayor entidad realizada hasta cursar esta asignatura. Los alumnos trabajan en grupos, normalmente de tres personas, de forma que también se fomenta el trabajo en equipo: los alumnos deben compartir información, dividirse el trabajo etc.

Para desarrollar el proyecto propuesto los alumnos disponen de todas las sesiones de laboratorio de la asignatura. Tal y como se indicó en la presentación de la asignatura, se dispone de un total 30 horas para el laboratorio de la asignatura distribuidas semanalmente en sesiones de dos horas durante un semestre de 15 semanas.

En cuanto a la funcionalidad de la aplicación se consideró que debía ser algo real y cercano a los alumnos para que pudiesen centrarse en los pormenores de la aplicación y asimilarlos mejor. Por eso, se propuso una aplicación para la gestión académica de un centro educativo, de modo que las entidades que se manejan (asignaturas, titulaciones, matriculaciones, evaluación, etc.) resulten familiares a los alumnos. No obstante, cuando se planteó el enunciado se dejó abierta la posibilidad de cambiar la funcionalidad de la aplicación con alguna propuesta equivalente siempre que se mantuviese un nivel de dificultad técnica equivalente (base de datos, comunicaciones, carga de programación, etc.) tras consensuarlo con los profesores de la asignatura.

En el resto de cuestiones técnicas se dejó libertad absoluta a los alumnos para que pudiesen escoger las herramientas (base de datos, lenguaje de programación, entorno de desarrollo, tecnología de comunicación, etc.) que considerasen más adecuadas, ya que la elección de estas herramientas será una fase fundamental en el desarrollo de este tipo de aplicaciones en la futura vida profesional de los alumnos.

También se deseaba que los alumnos asimilasen que realizar un buen diseño en las fases iniciales de los proyectos facilita la implementación de las aplicaciones reduciendo el tiempo global de desarrollo. Asimismo, se concienció a los alumnos de la importancia de documentar debidamente la aplicación. Para ello, cuando en la primera sesión de laboratorio se planteó la práctica, se recordaron las fases de desarrollo de un proyecto software de acuerdo con lo aprendido en Ingeniería del software (Pressman, 2005) y se especificaron las fechas límite de entrega de los entregables del proyecto, estimadas en base a la experiencia del profesorado en cursos previos. Para estimular a los alumnos a esforzarse en las fases de diseño y evitar que no dejaran ese trabajo para el final, pensando más en un cumplimiento formal que real, se planteó que la documentación entregada en cada fase no iba a poder ser modificada después de la fecha límite, salvo en casos excepcionales y tras haberlo consensuado con los profesores. De esta forma, si tuviesen que modificar algún aspecto de la aplicación con respecto al diseño realizado sólo podían comunicarlo en un último documento entregado al final del proyecto en el que se recogen las discrepancias entre la aplicación especificada en la fase de diseño y la aplicación final.

La tabla 1 recoge los entregables requeridos así como las fechas límite (en número de semanas) para su entrega.

Nº	Nombre entregable	Tipo	Fecha límite
1	Análisis funcional en texto	Documento	Semana 2
2	Selección de las tecnologías utilizadas	Documento	Semana 3
3	Modelo de datos	Diagrama entidad-relación	Semana 4
4	Base de datos	Fichero con la base de datos	Semana 4
5	Diseño de las ventanas de la aplicación cliente	Documento	Semana 5
6	Prototipo de navegación de la aplicación cliente	Ejecutable	Semana 6
7	Protocolo de comunicaciones a nivel de aplicación	Documento	Semana 7
8	Pruebas realizadas	Documento	Semana 15
9	Aplicaciones codificadas y base de datos definitiva	Entregable	Semana 15
10	Informe final (Discrepancias etc.)	Documento	Semana 15
11	Presentación oral	Presentación	Semana 15

Tabla 1. Lista de entregables del proyecto.

Aunque en el curso 2008/2009 no se realizó una exposición oral, fundamentalmente por razones de tiempo, en el curso 2009/2010 se introdujo en la última sesión de laboratorio una exposición oral en la que los alumnos mostraban el trabajo realizado y describían las tecnologías utilizadas y su experiencia con ellas. Dicha exposición buscaba fundamentalmente dos

objetivos: (1) Acostumbrar a los alumnos a presentar proyectos software en público y (2) Dar a conocer al resto de los compañeros diferentes enfoques y desarrollos para un mismo enunciado.

Descripción de los entregables

Aunque no se exige ninguna metodología de diseño concreta que proporcione plantillas para los entregables, sí que se especificaron unos contenidos mínimos, descritos a continuación, que debían incluir cada uno de los entregables.

1. *Análisis funcional en texto*: este documento se plantea como un contrato entre los diseñadores de la aplicación (los alumnos) y el cliente (el profesor). Por tanto, debe recoger la mayor cantidad de información posible (objetivos, funcionamiento general, usuarios que interactúan con la aplicación, operaciones disponibles, información a mostrar etc.) para acotar el funcionamiento de la aplicación, intentando evitar unas especificaciones cambiantes por parte de los clientes a lo largo de la ejecución del proyecto. Tanto en el caso de que los alumnos escogiesen la aplicación propuesta por el profesorado (gestión académica) como en el caso de que propusiesen su propia funcionalidad, este documento es consensuado con los profesores. Los profesores hacen especial énfasis en que un documento ambiguo por parte de los alumnos puede inducir problemas futuros. Se recomienda en este entregable el uso de diagramas de casos de uso de UML.

2. *Selección de las tecnologías utilizadas*: en este documento los alumnos deben indicar todas las herramientas y tecnologías que van a utilizar para realizar el proyecto (motor de base de datos, lenguaje de programación, entorno de desarrollo, tecnología de comunicación empleada etc.) justificando su elección. Con objeto de concienciar a los estudiantes de la importancia de escoger las herramientas adecuadas en el desarrollo de un proyecto software, los profesores han introducido la restricción de que estas herramientas no podrán ser modificadas en fases posteriores del proyecto. Así se obliga a los alumnos a investigar las opciones disponibles, experimentar con ellas para ver su idoneidad, y seleccionar las que les parezcan más adecuadas, lo cual se adecua a la metodología PBL. Por otra parte, tal y como se comenta en el apartado de evaluación, los profesores valoran positivamente el uso de tecnologías novedosas.

3. *Modelo de datos*: en este documento los alumnos deben realizar el diseño de la base de datos. Se requiere la entrega de un diagrama entidad-relación con las entidades utilizadas y las relaciones entre ellas, así como los campos de cada tabla. El entregable debe incluir una pequeña descripción de cada tabla así como de cada uno de sus campos con información del tipo de datos utilizado. Este documento obliga a los alumnos a organizar la información que va a manejar la aplicación. El hecho de que no se pueda cambiar sustancialmente en el futuro, requiere que los alumnos realicen un esfuerzo importante en esta fase, ya que una vez entregado no se admiten cambios en el diseño de la base de datos.

4. *Base de datos*: este entregable es la implementación del anterior. En realidad no se pide un documento, sino un fichero con el esqueleto de la base de datos creado para el motor de base de datos seleccionado.

5. *Diseño de las ventanas de la aplicación cliente*: en este documento los alumnos deben proporcionar un diagrama con el árbol de navegación de las

diferentes ventanas así como una breve descripción en texto de cada ventana indicando cuál es su función y la información que gestiona.

6. *Prototipo de navegación de la aplicación cliente:* este entregable consiste en una aplicación visual que permita navegar entre las ventanas de la aplicación mostrando cuál será su aspecto final, pero sin funcionalidad asociada, a modo de prototipo. Se plantea a los alumnos que en muchas ocasiones éste es el primer entregable que permite a los clientes hacerse una idea de cómo va a ser la aplicación final y que normalmente conviene consensuarlo con ellos. En este caso, los profesores asumen el rol de clientes y los alumnos tienen que consensuar el prototipo con ellos. Así se consigue que los alumnos tengan bien definido en una etapa temprana el aspecto del proyecto que se va a hacer. Dado que el proyecto está acotado por la duración de un semestre, frecuentemente algunos grupos experimentan cómo proponer un prototipo demasiado ambicioso se puede convertir en un arma de doble filo, al requerir un gran trabajo de implementación.

7. *Protocolo de comunicación a nivel de aplicación:* en esta fase del proyecto, los alumnos deben especificar el protocolo de aplicación con los mensajes que se intercambiarán el cliente y el servidor, incluyendo el formato y semántica de los mensajes y las interfaces de las aplicaciones cliente y servidor.

8. *Pruebas realizadas:* este entregable describe las pruebas a las que se ha sometido a la aplicación antes de su entrega, así como los errores corregidos.

9. *Aplicaciones codificadas y base de datos definitiva:* este entregable consiste en los ejecutables finales que se proporcionarían a los clientes que hubiesen adquirido la aplicación. El entregable se mostrará a los profesores quien revisará su funcionamiento previamente a realizar la presentación oral.

10. *Informe final:* al finalizar se requiere que los alumnos entreguen un informe en el que se detalle el grado de consecución de los objetivos iniciales, el grado de acabado de la aplicación propuesta, las discrepancias de la aplicación final con respecto a los entregables anteriores, así como las principales dificultades encontradas en el transcurso del proyecto.

11. *Presentación oral:* en la última sesión de clase los alumnos deben realizar una presentación oral, en la que participen todos los miembros del grupo, en la que muestran al resto de alumnos de clase la aplicación realizada, hagan una descripción de las tecnologías utilizadas y una exposición de las principales dificultades encontradas en el desarrollo de la aplicación.

Tal y como se indica en la tabla 1 la fase de diseño acaba en la semana 7, por lo que quedan otras 7 semanas en las que los alumnos se deben concentrar en desarrollar y probar la aplicación. De acuerdo a la metodología PBL, se fomenta que los alumnos busquen soluciones a los problemas que van apareciendo por sus propios medios (aunque ocasionalmente el profesor ejerce el rol de facilitador al proporcionar los recursos que considere que pueden resultar de ayuda). Los alumnos por tanto se ven obligados a buscar información en internet, libros técnicos, revistas de programación, apuntes de cursos previos, consultas con otros compañeros etc. tal y como tendrán que hacer en su futura vida profesional.

Por otra parte, en el proceso de recogida de entregables se utilizó la plataforma Moodle por varios motivos. Se trata de una excelente herramienta de apoyo a la docencia que puede usarse de forma bidireccional: por parte de los

alumnos para subir los entregables solicitados durante las diversas fases del curso y por parte de los profesores para facilitar material de apoyo a los alumnos. Un aspecto interesante de esta herramienta es que permite especificar fechas límite para la entrega de las tareas reforzando la sensación por parte de los alumnos de que estos plazos son estrictos. Por otra parte, en la opinión de los profesores, los alumnos deben acostumbrarse al uso de herramientas de trabajo cooperativo, y Moodle en cierto modo lo es, para utilizarlas en el desarrollo de proyectos software, ya que en un mundo globalizado como el nuestro el uso de este tipo de herramientas se está generalizando de forma importante.

Desarrollo del laboratorio

Esta sección describe el transcurso del laboratorio de la asignatura Redes en la empresa durante los cursos 2008/2009 y 2009/2010. Como ya ha sido descrito, de las 15 sesiones de 2 horas que consta el laboratorio, la primera sesión se dedicó a plantear las pautas del proyecto, las fases que deberían seguirse y la documentación requerida, mientras que la última se dedicó a que los estudiantes mostrasen las aplicaciones realizadas en exposición pública. En el resto de sesiones se dejó la iniciativa a los estudiantes, ejerciendo el profesor el rol de facilitador, además de encargarse de seguir el trabajo de los grupos.

El número de estudiantes matriculados en la asignatura fue de 22 alumnos de los que aprobaron el laboratorio 21 en el curso 2008/2009 y 25 alumnos de los que aprobaron 22 en el curso 2009/2010. En la mayoría de los casos, los suspensos se debieron a abandonos durante el curso al no entregar la documentación cumpliendo los plazos establecidos. Cada curso académico el laboratorio estuvo disponible en dos horarios por lo que los alumnos se distribuyeron en clases de 10-14 alumnos. Se dejó a los alumnos que creasen grupos de trabajo en base a afinidades personales preferentemente formados por 3 personas, aunque algunos fueron de 2 personas. En total hubo simultáneamente 4 grupos de trabajo en cada uno de los horarios de laboratorio, lo que facilitó el seguimiento de las aplicaciones por parte de los profesores.

Durante los dos cursos académicos que se ha desarrollado el laboratorio en el presente formato se han utilizado diversas tecnologías. Así, en el curso 2008/2009 tres grupos que escogieron herramientas que habían utilizado en asignaturas de cursos previos (fundamentalmente MySQL, Java, NetBeans y Java/RMI), otros tres grupos de alumnos utilizaron tecnologías de Microsoft, concretamente Visual Studio 6.0, a pesar de resultar obsoleto, bien por su sencillez o porque las conocían de antemano. Por último, hubo grupos que optaron opciones más novedosas como programar una aplicación web con Java/Struts o utilizar tecnologías diferentes en el cliente (Flash/ActionScript) y en el servidor (Java). La tabla 2 resume las tecnologías empleadas en el curso 2008/2009.

Por otra parte, en el curso 2009/2010 los alumnos optaron por tecnologías diferentes como se puede ver en la tabla 3. Mientras que la mayor parte de los alumnos optaron por utilizar tecnología web (Java y Servlets en el servidor y JavaScripts en el cliente) y comunicaciones sobre HTTP, todavía hubo algún grupo que utilizó tecnologías obsoletas como Visual Basic 6.0. Otros grupos se decantaron por las tecnologías más actuales de Microsoft. Concretamente usaron el entorno de desarrollo gratuito de Microsoft Visual Basic .NET 2008 Express Edition (se trata de un entorno gratuito orientado a programadores noveles) y

programaron la aplicación sobre Visual Basic .NET. Otros grupos construyeron la aplicación usando tecnología Java junto a sockets Java y tecnología Java/RMI respectivamente.

Base de datos	MySQL	Access	MySQL	MySQL
Lenguaje de programación	Java	Visual Basic 6.0	Java/Flash-ActionScript	Java/Struts (Aplicación Web)
Entorno de programación	NetBeans (2) / Eclipse (1)	Visual Studio 6.0	NetBeans/AdobeFlashCS4	NetBeans
Comunicaciones	Java/RMI	Sockets de Windows (Winsock)	Objetos serializados (JSON)	http
Numero grupos	3	3	1	1

Tabla 2. Tecnologías y herramientas utilizadas en el curso 2008/2009.

Base de datos	MySQL	Access (1) /MySQL (1)	MySQL	Access
Lenguaje de programación	Java/Servlets / JSP/JavaScript	Visual Basic .Net	Java	Visual Basic 6.0
Entorno de programación	Netbeans (1) /Eclipse (2)	Visual Basic .NET 2008 Express Edition	NetBeans	Visual Studio 6.0
Comunicaciones	HTTP	Sockets	Java/RMI (1) / Sockets (1)	Sockets de Windows (Winsock)
Numero grupos	3	2	2	1

Tabla 3. Tecnologías y herramientas utilizadas en el curso 2009/2010.

En cuanto al grado de acabado de las aplicaciones cabe señalar que no fue igual en todos los casos. Aproximadamente en cada curso la mitad de los grupos presentaron unas aplicaciones totalmente acabadas, sin embargo otros grupos tuvieron más problemas debido a diferentes razones, por ejemplo, porque la selección de las tecnologías no había resultado adecuada (en el caso de Flash-ActionScript/Java) o a la falta de asimilación de conceptos de otras asignaturas que deberían estar ya aprendidos. Aún en estas circunstancias, el desarrollo del proyecto se consideró muy satisfactorio y pedagógico por parte de los profesores.

Evaluación del laboratorio

En esta sección se especifican los criterios que se utilizaron para evaluar a los alumnos. Todos ellos se puntuaban de 0 a 10 y la nota final se obtenía realizando la media aritmética:

1. *Funcionalidad de la aplicación:* En este criterio se tenía en cuenta el número de opciones que proporcionaba la aplicación y la sencillez de uso del interfaz gráfico.

2. *Grado de acabado:* Con este criterio se puntuaba el grado de consecución de los objetivos iniciales en las aplicaciones finales.

3. *Innovación de las tecnologías:* Este criterio pretendía valorar positivamente aquellas iniciativas que habían utilizado tecnologías más novedosas.

4. *Documentación aportada:* Se evalúa la calidad de los documentos que se han ido entregando, así como el grado de cumplimiento de las fechas prefijadas para los mismos.

La nota media obtenida de los apartados anteriores, la misma para todos los componentes del grupo, es modificada por un factor de corrección diferente para cada alumno. Este factor de corrección se obtiene a partir del reparto de un número de puntos que los profesores otorgan a cada grupo de forma que los alumnos tienen que consensuar entre ellos cómo se los distribuyen en base a su grado de implicación en el proyecto. Los alumnos deben indicar a los profesores cómo se reparten estos puntos.

La figura 2 muestra las notas obtenidas en el laboratorio en los cursos 2008/2009 y 2009/2010 para los 22 y 25 alumnos matriculados respectivamente. Se consideró no presentado a un alumno que sólo vino a la primera sesión de laboratorio en el curso 2009/2010. A aquéllos que abandonaron la asignatura después de la semana 7, uno en el curso 2008/2009 y tres en el curso 2009/2010 se les consideró suspendidos.

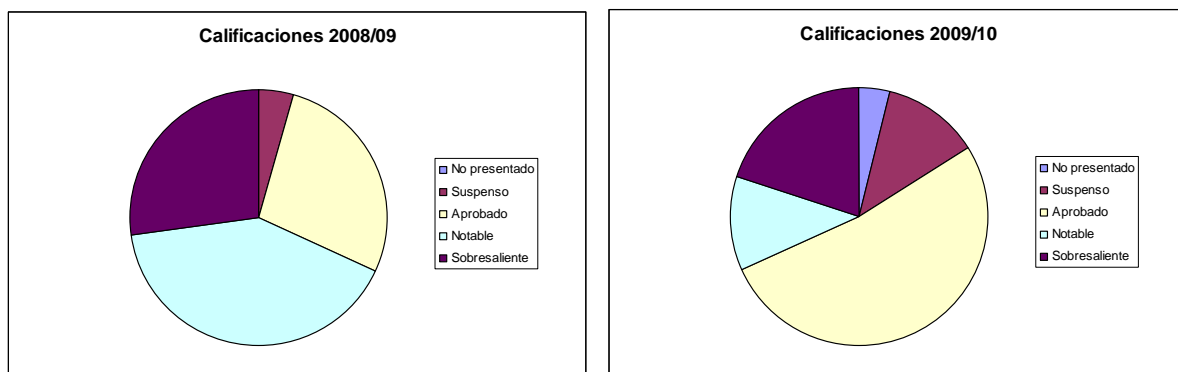


Figura 2. Resultados académicos.

Resultados de la encuesta

En la última sesión de laboratorio se realizó una encuesta para conocer cuál era la opinión de los alumnos. Esta encuesta fue respondida en los cursos 2008/2009 y 2009/2010 por 20 de los 22 y 19 de los 25 alumnos matriculados en la asignatura respectivamente. A continuación se muestran los resultados más relevantes:

1. *Utilidad del laboratorio de la asignatura:* la figura 3 muestra las respuestas de los alumnos cuando se les preguntó acerca de la utilidad del laboratorio respecto a diversas futuras tareas profesionales. Dicha figura agrupa las 39 respuestas obtenidas en los dos cursos académicos en los que se aplicó el diseño del laboratorio en el formato actual. Considerando las respuestas 3 (Normal), 4 y 5 (Mucho) puede verse que la opinión de los alumnos, en general, es bastante positiva. Como se puede ver en la figura son especialmente favorables las respuestas obtenidas para los apartados de "Diseño de aplicaciones" y "Programación", dos áreas clave en la tarea de los futuros ingenieros de informática.

Cuando se les preguntó cómo de útil les había resultado el laboratorio comparado con otras asignaturas de la titulación (ver figura 4), la mayoría de los 39 alumnos que respondieron la encuesta respondió que más útil (22) o igual de útil (15), frente a los que lo consideraron menos útil (2).

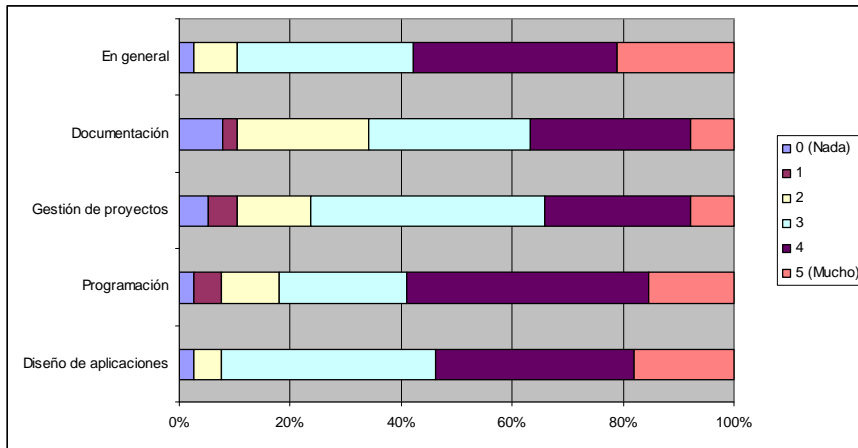


Figura 3. ¿Cómo de útil consideras el laboratorio para futuras tareas profesionales?

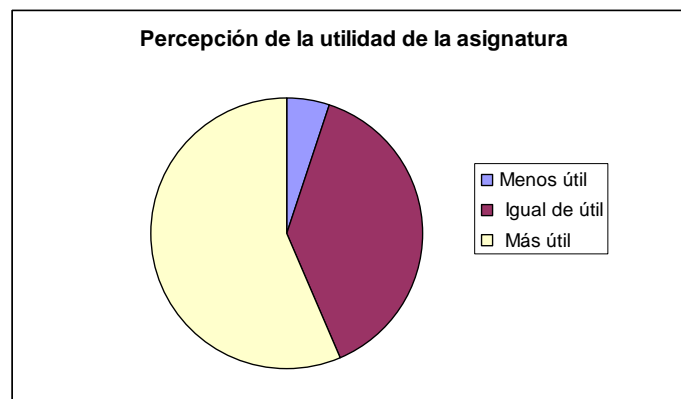


Figura 4. Percepción de la utilidad de la asignatura comparada con otras de la titulación.

2. *Esfuerzo realizado y satisfacción:* cuando se les preguntó acerca del esfuerzo que consideraban haber realizado en el laboratorio con respecto al laboratorio de otras asignaturas optativas, se puede observar que la mayoría de los alumnos (30 respuestas de 39) consideró que el esfuerzo era muy elevado (ver figura 5).

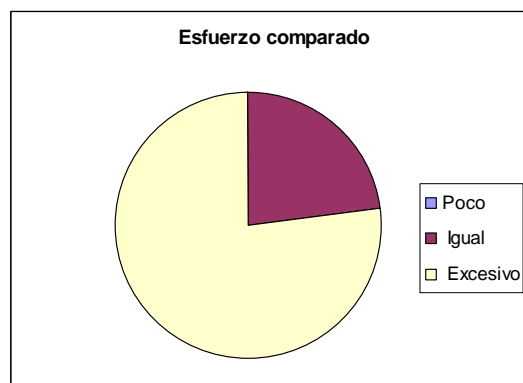


Figura 5. Esfuerzo comparado con otras asignaturas optativas.

Sin embargo, cuando se les preguntó acerca del grado de satisfacción con la realización del proyecto se puede observar (figura 6) que en general los alumnos estaban satisfechos. De hecho, cuando se les preguntó acerca de si recomendarían la asignatura a otros compañeros, de los 39 alumnos que habían respondido la asignatura en los dos cursos académicos, el 77 % de los alumnos respondió afirmativamente.

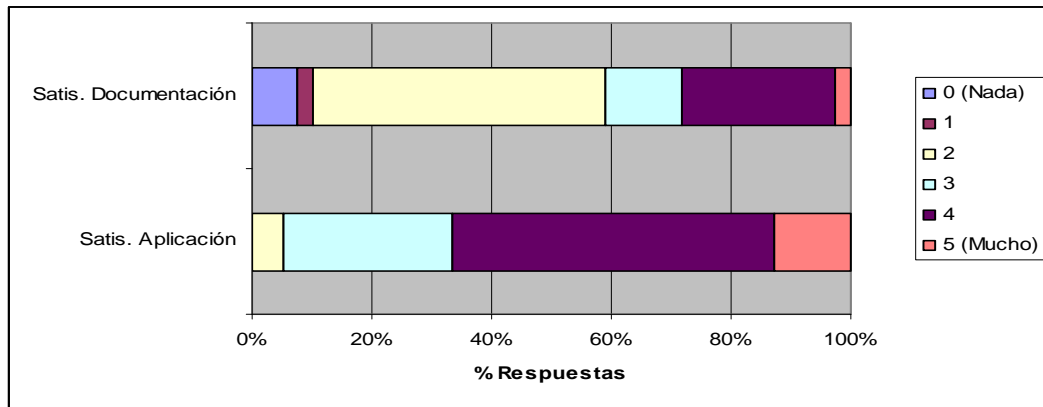


Figura 6. Satisfacción al acabar la asignatura.

3. *Conexión con otras asignaturas:* También se les preguntó acerca de cómo consideraban que el proyecto planteado complementaba a otras asignaturas. La Figura 7 combina las 39 respuestas obtenidas para los dos cursos académicos en los que se desarrolló el laboratorio en el formato actual. Tal y como puede observarse los alumnos consideran que, en general, el laboratorio de la asignatura "Redes en la Empresa" es un buen complemento a otras favoreciendo la adquisición de competencias transversales.

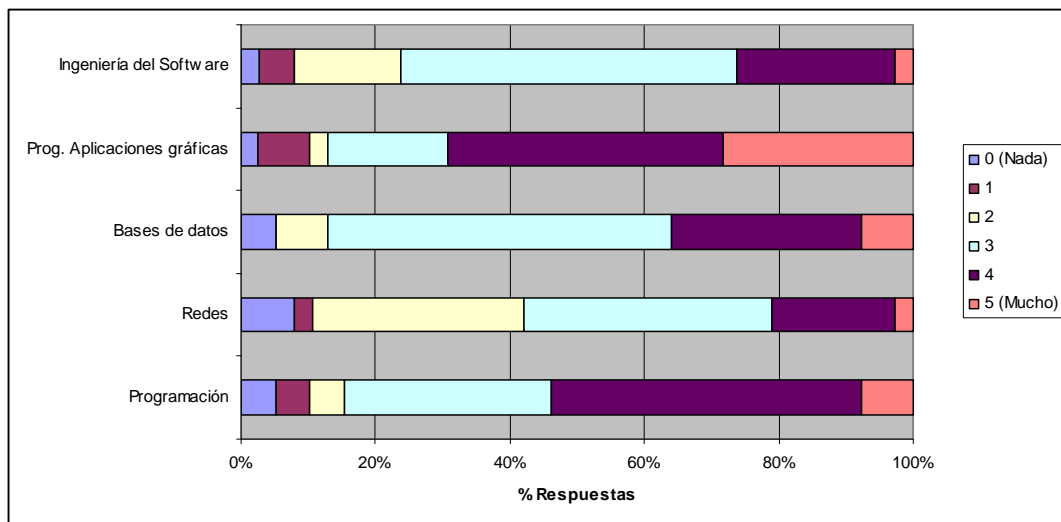


Figura 7. Complemento de otras asignaturas.

4. *Materiales utilizados:* Cabe señalar que la mayoría de los alumnos usaron varias fuentes de información, tal y como muestra la figura 8, lo cual está de acuerdo con la propia metodología PBL.

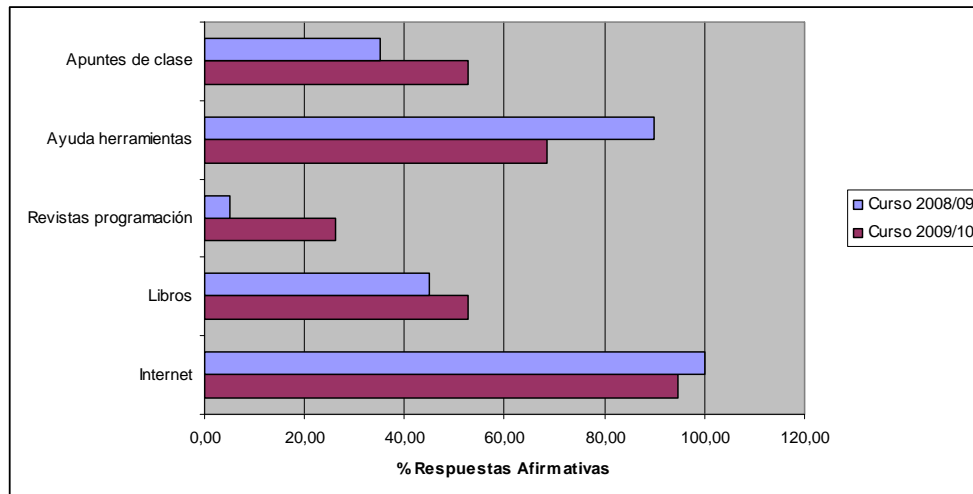


Figura 8. Porcentajes de alumnos que usaron esos recursos.

5. *Selección de herramientas:* Por último, se les plantearon diversas cuestiones acerca de la libertad de escoger ellos mismos las tecnologías y herramientas a utilizar en el desarrollo del proyecto. Las respuestas más relevantes de los 39 alumnos encuestados fueron las siguientes: un 62 % de los alumnos respondió que habían utilizado herramientas nuevas, un 77 % respondió que volverían a utilizar las mismas herramientas y un 92 % consideró positiva la libertad para seleccionar ellos mismos las herramientas.

Conclusiones

Este artículo describe una experiencia que se ha llevado a cabo en la asignatura Redes en la empresa de los estudios de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión basada en la metodología PBL (*Project Based Learning*). En la aplicación de esta metodología se ha buscado satisfacer los siguientes objetivos: (1) Motivar al alumnado de forma que tomasen un rol proactivo en el desarrollo del laboratorio; (2) Relacionar los conocimientos adquiridos en la parte de teoría de la asignatura con conceptos adquiridos en otras asignaturas; (3) Reproducir al máximo posible las condiciones de la futura vida profesional de los alumnos; y (4) Marcar pautas de trabajo orientadas a evitar que los alumnos dejen todo el trabajo para el final.

Para ello se ha planteado un proyecto de mediana complejidad consistente en una aplicación cliente/servidor en la que el servidor gestiona una base de datos y el cliente es una aplicación visual orientada a ventanas que se desarrollará en grupos durante las 15 semanas del semestre que dura la asignatura. Los alumnos tienen gran libertad en el desarrollo de la aplicación: diseño de la funcionalidad detallada de la aplicación, selección de las tecnologías utilizadas, diseño de la base de datos, interfaz gráfico, protocolo de comunicación a nivel de aplicación, división del trabajo entre los componentes del grupo etc. Sin embargo, deberán cumplir un estricto plan temporal en el que se utiliza Moodle para subir periódicamente la documentación entregada (entregables). Estos entregables son revisados por el profesorado de forma que los alumnos reciben realimentación a la semana siguiente de haberlos entregado.

Este proyecto ha sido para la mayoría de los alumnos la aplicación software más compleja desarrollada y ha permitido a los alumnos observar las

correlaciones existentes entre las diferentes ramas del conocimiento que han ido adquiriendo en diversas asignaturas. Por último, se les ha preguntado a los alumnos de los últimos dos cursos académicos (2008/2009 y 2009/2010) la opinión acerca de la experiencia habiéndose encontrado opiniones favorables en la mayoría de los casos, lo que a los profesores nos anima a continuar con el planteamiento propuesto.

Referencias bibliográficas

Abeyratne, U. R. (2006). Learning How to Learn Medical Signal Processing: a Case Study. *International Journal of Engineering Education*, 24, 6, 1084-1090.

Aziz, S. M., Sicard, E. y Ben Dhia, S. (2008). Effective Teaching of the Physical Design of Integrated Circuits Using Educational Tools. *Education, IEEE Transactions on*, 99, 1-15.

Barron, B. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (3/4), 271-311.

Boss, S. y Krauss, J. (2007). *Reinventing project-based learning: Your field guide to real-world projects in the digital age*. Washington, D C: International Society for Technology in Education (ISTE).

Cumming, J. y Owen, C. (2001). *Reforming schools through innovative teaching*. Deakin, ACT: Australian College of Education, Enterprise and Career Education Foundation and Dusseldorp Skills Forum.

Curty, M., Comesaña, P. y Márquez, O. W. (2010). Experiencias metodológicas en la titulación de Ingeniería de Telecomunicación: Utilización de una plataforma de teleenseñanza en el proceso de evaluación continua. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 3 (2), 77-87.

Fos Causera, M. (2007). Experiencia de Innovación educativa en las asignaturas de Biología Vegetal y Fisiología Vegetal de la titulación de Ingeniería Técnica Forestal. En las Actas del 15º *Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* (Valladolid, España, 18-20 de julio, 2007). CUIEET '07.

Fukuda, S., Kostov, V. y Fukuzaki, A. (1999). What we have learned from our experience from TMIT-Stanford shared class. *Systems, Man, and Cybernetics, 1999. IEEE SMC '99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on*, 2, 230-234.

Gil, A. y Montes Hernando, A. (2007). Aplicación de las metodologías activas a la enseñanza de la Electrónica Analógica en la E.T.S.I.D. de Valencia. En las Actas del 15º *Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* (Valladolid, España, 18-20 de julio, 2007). CUIEET'07.

González-V, J. L. y Loya-Hernández, J. E. (2007). Project-based learning of reconfigurable high-density digital systems design: An interdisciplinary context based approach. *Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, 2007. FIE '07. 37th Annual* (pp. S1C-1-S1C-6).

Habash, R. y Suurtamm, C. (2010). Engaging High School and Engineering Students: A Multifaceted Outreach Program Based on a Mechatronics Platform. *Education, IEEE Transactions on*, 53 (1), 136-143.

Hadim, H. A. y Esche, S. K. (2002). Enhancing the engineering curriculum through project-based learning. *Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual, 2*, F3F-1- F3F-6.

Hosseinzadeh, N. y Hesamzadeh, M. R. (2009). A course in power system analysis based on project based learning methodology. *Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE* (pp. 1-6).

Hosseinzadeh, N., Hesamzadeh, M. y Senini, S. (2009). A curriculum for electrical power engineering based on project based learning philosophy. *Industrial Technology, 2009. ICIT 2009. IEEE International Conference on* (pp. 1-5)

Jeremic, Z., Jovanovic, J. y Gasevic, D. (2009). Semantically-Enabled Project-Based Collaborative Learning of Software Patterns. *Advanced Learning Technologies, 2009. ICAIT 2009. Ninth IEEE International Conference on* (pp. 569-571).

Anquan, J., Dengwen, G., Qinghong, Y., Lan, W. y Yunqing, L. (2009). Research and practice of the PBL model for data structure curriculum. *Computer Science & Education, 2009. ICCSE '09. 4th International Conference on* (pp. 1512-1515).

Latorre Dardé, R. (2007). Diseño de actividades de aprendizaje activo en la asignatura Procesos Industriales de Ingeniero Industrial. En las Actas del 15º Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (Valladolid, España, 18-20 de julio, 2007). CUIEET '07.

López-Guede, J. M., Zulueta, E. y Calvo I. (2008). Implantación de un Modelo de Codiseño de un Curso. En las Actas de la *International Conference on Educative Innovation for High Education: Toward European Convergence Process* (Móstoles, Madrid, España, 22-24 de octubre de 2008).

Macias-Guarasa, J., Montero, J. M., San-Segundo, R., Araujo, A. y Nieto-Taladriz, O. (2006). A project-based learning approach to design electronic systems curricula. *Education, IEEE Transactions on*, 49 (3), 389-397.

Marti, E., Gil, D. y Julia, C. (2006). A PBL experience in the teaching of computer graphics. *Computer Graphics Forum*, 25 (1), 95-103.

Orenturk, B. (2004). Communication beyond walls: an e-class project. *Information Technology Based Higher Education and Training, 2004. ITHET 2004. Proceedings of the Fifth International Conference on* (pp. 382- 386).

Ponsa, P., Amante, B., Roman, J. A., Oliver, S., Diaz, M. y Vives, J. (2009). Higher Education Challenges: Introduction of Active Methodologies in Engineering Curricula. *International Journal of Engineering Education*, 25 (4), 799-813.

Pressman, R. S. (2005). *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Pucher, R., Mense, A. y Wahl, H. (2002). How to motivate students in project based learning. *Africon Conference in Africa, 2002. IEEE AFRICON 6th*, 1, 443-446.

Slattery, D. M. (2006). Using Information and Communication Technologies to Support Deep Learning in a Third-Level On-Campus Programme: A Case Study of the taught Master of Arts in E-Learning Design and Development at the

University of Limerick. *International Professional Communication Conference, 2006 IEEE* (pp. 170-182).

Steedman, M., Smith, K., Keleher, P. y Martin, F. (2006). Successful Cross-Campus Management of First Year Engineering Courses. *Frontiers in Education Conference, 36 th Annual* (pp. 14-19).

Solis, J. y Takanishi, A. (2009). Practical issues on robotic education and challenges towards Roboethics Education. *Robot and Human Interactive Communication, 2009. RO-MAN 2009. The 18th IEEE International Symposium on* (pp. 561-565)

Sokic, E. y Ahic-Djokic, M. (2008). Simple Computer Vision System for Chess Playing Robot Manipulator as a Project-based Learning Example. *Signal Processing and Information Technology, 2008. ISSPIT 2008. IEEE International Symposium on* (pp. 75-79).