

# Experiencias Docentes de la aplicación del PBL en Ingeniería

Isidro Calvo <sup>1</sup>, Jerónimo Quesada <sup>2</sup>, Karle Olalde<sup>3</sup>, Beñat García <sup>4</sup>

Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz  
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

<sup>1</sup> Dept. de Ingeniería de Sistemas y Automática  
[isidro.calvo@ehu.eus](mailto:isidro.calvo@ehu.eus)

<sup>2</sup> Dept. de Tecnología Electrónica  
[jeronimo.quesada@ehu.eus](mailto:jeronimo.quesada@ehu.eus)

<sup>3</sup> Dept. Expresión Gráfica y Proyectos de  
Ingeniería  
[karle.olalde@ehu.eus](mailto:karle.olalde@ehu.eus)

<sup>4</sup> Dept. de Ingeniería Minera y Metalúrgica  
[benat.garcia@ehu.eus](mailto:benat.garcia@ehu.eus)

## Resumen

El presente artículo muestra una serie de experiencias docentes de aplicación de la metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos (ABP) en Ingeniería realizadas en la E.U.I. de Vitoria-Gasteiz. El artículo presenta diferentes enfoques que puedan servir como material de reflexión o partida a aquellos profesores interesados en este tipo de metodologías o que estén pensando aplicar este tipo de metodologías en su docencia por primera vez.

## Abstract

This work presents several examples of how to apply the Project Based Learning (PBL) methodology in Engineering disciplines. All experiences were implemented in the University College of Engineering of Vitoria-Gasteiz. Several approaches were presented in the article, so those instructors who are thinking about applying this kind of methodologies in their teaching may use this material for discussion or as starting point.

## **Laburpena**

Vitoria-Gasteizko IUEn egindako Ingeniaritza Proiektuetan Oinarritutako Ikaskuntza (POI) metodologiaren zenbait irakaskuntza esperientzia azaltzen dira artikulu honetan.

Metodologia horretan interesa duten irakasleek, edo beraien irakaskuntza metodologian lehenengo aldiz hau aplikatu gura dutenek, gogoetarako ikuspuntu desberdinak aurkituko dituzte ondorengo artikuluan.

**Palabras Clave:** Metodologías activas, Aprendizaje basado en Proyectos, PBL

## ***Introducción***

El presente artículo describe diversas experiencias de aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (*Project Based Learning*, PBL) llevadas a cabo en la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, de la UPV/EHU (E.U.I. de Vitoria-Gasteiz, <http://www.ingeniaritza-gasteiz.ehu.es/>) durante el curso académico 2013/14. Estas experiencias se implantaron por los autores en diversas asignaturas de los distintos grados de los ámbitos de Ingeniería Industrial así como del grado de Ingeniería Geomática y Topografía. En todos los casos, uno de los objetivos principales que se perseguían era involucrar a los alumnos en el aprendizaje buscando resolver los problemas identificados por M. Curty, P. Comesaña y O.W. Márquez (2010) en asignaturas similares:

- 1) Falta de motivación del alumnado
- 2) Escasa asistencia a prácticas tras las primeras sesiones
- 3) Tendencia a dejar para las últimas semanas del curso la realización del trabajo pedido

Los autores optaron por utilizar la metodología PBL (Barron, B., 1998; Pucher, R. *et al*, 2002; Boss, S., Krauss, J., 2007) ya que facilita la adquisición de competencias requeridas en la futura vida profesional de los egresados en las distintas titulaciones técnicas como las analizadas en el artículo. De hecho, es habitual que la labor de un ingeniero consista en desarrollar proyectos en equipos multidisciplinares debiendo satisfacer unos requisitos estrictos tanto con respecto a los tiempos de entrega como a al cumplimiento de las especificaciones de diseño. Por tanto, al aplicar esta metodología, los profesores consiguen reproducir esta problemática, a escala reducida. Este enfoque obligó a los alumnos a implicarse en su aprendizaje ya eran ellos mismos quienes detectaban las necesidades de aprendizaje para conseguir realizar el proyecto y aprendían a aplicar de forma proactiva y autónoma las técnicas necesarias en el desarrollo del proyecto.

La metodología PBL 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 motivadores para 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, B., 2004) a la enseñanza universitaria, habiéndose aplicado incluso de

modo institucionalizado por una universidad de modo individual (Steedman, M. *et al*, 2006), como mediante redes de universidades creadas al efecto (Ponsa, P. *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, S. *et al*, 1999) o las Artes (Slattery, D.M., 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, H.A. *et al*, 2002; Latorre Dardé, R., 2007), 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 (Macias-Guarasa, J. *et al*, 2006; Gil, A. y Montes-Hernando, A., 2007), de Ingeniería Eléctrica (Hosseinzadeh, N. *et al*, 2009), de Circuitos Integrados (Aziz, S. M. *et al*, 2008; Gonzalez-V, J.L., 2007), de Mecatrónica (Habash, R. *et al*, 2010; Solis, J. *et al*, 2009), de Análisis de Sistemas de Potencia (Hosseinzadeh, N., 2009) o de Informática de Gestión (Calvo, I. *et al*, 2010).

En el presente artículo se analiza la aplicación de la metodología PBL en diversas asignaturas impartidas en la E.U.I. de Vitoria-Gasteiz: (1) “Informática Industrial” e (2) “Instrumentación Electrónica”, impartidas en el Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática; (3) “Gestión de Proyectos”, común a todos los grados de ingenierías industriales y (4) “Fotogrametría”, impartida en el Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.

### ***Informática Industrial***

En esta sección se describe brevemente cómo se ha implementado la metodología PBL en la asignatura Informática Industrial, impartida en el tercer curso del Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, de la E.U. de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (UPV/EHU). Se

puede encontrar más detalle en el cuaderno del estudiante, disponible en Calvo, I. (2013). Esta asignatura se diseñó en el marco del programa ERAGIN de la UPV/EHU (Eragin, 2013).

### *Objetivo y competencias*

El principal objetivo de esta asignatura consiste en profundizar en los conocimientos informáticos adquiridos en asignaturas previas así como su utilización en aplicaciones industriales. Además, se presentan conceptos básicos de comunicaciones industriales, que se utilizan en otras asignaturas de la titulación impartidas en paralelo o con posterioridad. Este objetivo se engloba dentro de la competencia específica TEEOI10 (*Conocimiento aplicado de informática industrial y comunicaciones*) del módulo de Electrónica Industrial. Esta competencia incluye las siguientes competencias específicas detalladas que se describen en la tabla:

*Tabla 1. Competencias básicas de la asignatura “Informática Industrial”*

Competencia	Descripción
C3	Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
C4	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
C5	Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
C10 (Transversal)	Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.
C12 (Transversal)	Adoptar una actitud responsable, ordenada en el trabajo y dispuesta al aprendizaje

	considerando el reto que planteará la necesaria formación continua.
C13 (Transversal)	Aplicar las estrategias propias de la metodología científica: analizar la situación y problemática cualitativa y cuantitativamente. Plantear hipótesis y soluciones utilizando los modelos propios de la ingeniería industrial, especialidad electrónica industrial
C14 (Transversal)	Trabajar eficazmente en grupo integrando capacidades y conocimientos para adoptar decisiones en el ámbito de la ingeniería industrial, especialidad electrónica industrial.

### Temario

El temario de la asignatura se divide en los siguientes bloques temáticos:

Tabla 2. Temario de la asignatura

Tema	Descripción	Metodología
Presentación	Descripción del temario. Objetivos. Bibliografía y Evaluación	Magistral
Introducción	Problemática específica de las aplicaciones de control. Rol del computador en el control de diferentes tipos de sistemas industriales. Control centralizado vs. Control distribuido.	Magistral
Sistemas Operativos	Funciones de los sistemas operativos. Tipos. Componentes. Rol del Núcleo. Planificador de tareas.	Magistral
Programación Avanzada en C	Repaso de C. Estructuras de datos complejas. Uso del API del sistema operativo. Diseño <i>top-down</i> . Pruebas unitarias. Construcción de software complejo a partir de componentes más simples ( <i>bottom-up</i> ). Introducción a la programación concurrente.	PBL
Programación de sistemas embebidos	Problemática de programación de sistemas embebidos. Ciclo de ejecución de los sistemas embebidos: Adquisición de datos, ejecución del algoritmo de control y actuación.	PBL
Introducción a las redes de	Estructuración de las comunicaciones en capas. Descripción del modelo de referencia OSI de ISO. Descripción de la pila de	Magistral

comunicación	protocolos TCP/IP.	
Comunicaciones industriales	Problemática específica de las comunicaciones de datos en entornos industriales. Pirámide de automatización. Buses de campo. Redes comunes en entornos industriales.	Magistral

Como se puede observar, algunos temas del temario se imparten predominantemente en el aula (*Metodología Magistral*) y otros a través de la metodología PBL (*PBL*), siendo estos fundamentalmente impartidos en el laboratorio. El desarrollo del proyecto principalmente involucró los temas de “Programación avanzada en C” y “Diseño de sistemas embebidos”.

#### *Desarrollo del PBL*

Se optó por plantear la programación del controlador de un robot ya la robótica resulta una disciplina atractiva para los estudiantes, debido a su interés en la sociedad actual (Solis, J. y Takanishi, A., 2009). Además, la programación de un robot es una tarea transversal que requiere la aplicación de conocimientos adquiridos en diferentes disciplinas, reforzando su aplicación y obligando a los alumnos a pensar de forma global, no sólo teniendo en cuenta lo aprendido en una asignatura. Tras un análisis de diferentes plataformas realizado por los autores, disponible en Calvo, I. y Perianez, G. (2010), se optó por la plataforma LEGO NXT Mindstorms. Esta plataforma proporciona una CPU con prestaciones adecuadas, así como un conjunto de componentes que permiten construir dispositivos mecatrónicos manteniendo una buena relación coste / prestaciones. Como lenguaje de programación se escogió el lenguaje NXC, que es una adaptación del lenguaje C para ser utilizada en controladores LEGO Mindstorms.

Dado que la asignatura se centra en aspectos informáticos y debido a restricciones temporales, para agilizar el desarrollo del proyecto se proporcionó a los alumnos un robot LEGO

previamente montado con configuración planar (o SCARA de 2 grados de libertad), ver Figura 1. No obstante, los alumnos disponen de libertad para modificar su geometría a voluntad.

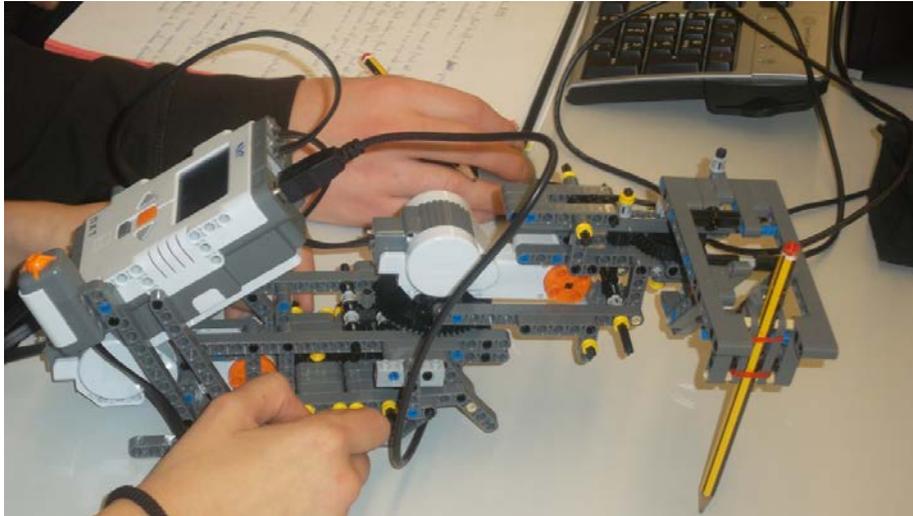


Figura 1. Detalle del robot LEGO y su CPU

El proyecto propuesto se dividió en una serie de subproyectos que se describen a continuación:

**Primer subproyecto:** consistió en crear en lenguaje C un simulador de un robot polar que generase la trayectoria determinada a partir de unas ecuaciones paramétricas dadas y la escribiese en un fichero de texto. Este primer subproyecto pretende servir como preparación y filtro para el siguiente subproyecto, ya que su el hecho de no realizar programación cruzada simplifica mucho su elaboración. Este subproyecto tenía varios objetivos: (1) afianzar los conceptos de programación en C; (2) aprender conceptos básicos de robótica (morfología de un robot, cinemática directa, cinemática inversa, interpolación de trayectorias, etc.); (3) afrontar un proyecto de programación de mayor complejidad que requiriese aplicar la táctica del *divide y vencerás*; (4) acostumbrar a los alumnos a trabajar con un entorno de programación sencillo en el

mismo ordenador donde se ejecutaría la aplicación; y (5) trabajar conceptos de programación que no abarcaba el segundo proyecto, como por ejemplo el manejo de ficheros. Además de estos objetivos, (6) se pretendía que los alumnos creasen un conjunto de módulos (funciones de código C) cuyo esqueleto pudieran reaprovecharse en la realización del segundo subproyecto.

**Segundo subproyecto:** consiste en crear el programa en lenguaje NXC para la CPU del robot mostrado en la Figura 1 que realice una trayectoria dada. Concretamente, se propuso que el robot dibujase un polígono de N lados. En principio, los alumnos deberían poder reutilizar la estructura del programa creado en el primer subproyecto como punto de partida. Este subproyecto añade varias dificultades novedosas como son: (1) interacción con componentes mecánicos; (2) uso de sensores y actuadores; (3) tratamiento de la concurrencia; (4) uso de la API del robot LEGO Mindstorms; y (5) programación cruzada. Como paso previo para realizar el segundo subproyecto se exige que los alumnos hayan aprobado un examen de programación en C, realizado al finalizar el primer subproyecto.

**Presentación del proyecto:** Se realiza al acabar el curso y es obligatoria. Se propone un guión que los alumnos deben seguir y que se detalla a continuación.

1. Objeto del proyecto
2. Fases del proyecto y duración (Fecha inicio – fecha fin de cada fase)
3. Montaje del robot
  - a. Vistas (Fotos): Planta – Alzado – Perfil + Isométrica
  - b. Variables fundamentales: Longitud del brazo 1, longitud del brazo 2, relación de engranajes 1 y relación de engranajes 2
4. Grado de cumplimiento de los objetivos del proyecto
5. Principales dificultades encontradas
6. Vídeo de funcionamiento
7. Conclusiones

La totalidad de la presentación no debe extenderse en más de 15 minutos, y se establecen turnos de preguntas de 5 minutos. Todos los años se ha invitado a profesorado ajeno a la asignatura, con libertad plena para realizar preguntas, con el objeto de dar un carácter más formal a la presentación, con buenos resultados.

La siguiente tabla resume la evaluación realizada:

*Tabla 3. Resumen de la puntuación realizada*

Tipo de actividad	Porcentaje
Actividades colaborativas en el aula	10
Examen individual de programación en C	20
Primer subproyecto (PBL)	10
Segundo subproyecto (PBL)	25
Presentación proyecto (PBL)	10
Examen final en el periodo de exámenes	25

Como se puede observar la suma del PBL (Primer subproyecto + segundo subproyecto + presentación) supone un 45% de la asignatura. Por otro lado, la exigibilidad individual se garantiza gracias a los exámenes individuales (examen individual de programación en C y examen final de teoría). Cabe señalar que la evaluación se ha presentado de forma resumida, para más detalle se puede acceder al cuaderno del estudiante, disponible en Calvo, I., (2013).

Para comunicarse con los alumnos se utilizó la plataforma Moodle/eGela. Tanto para proporcionar recursos (tutoriales, transparencias, páginas Web) que facilitaran el aprendizaje autónomo de los alumnos (una de las competencias de la asignatura), como para recoger los entregables descritos en el cuaderno del estudiante (Calvo, I., 2013) necesarios en la evaluación.

### *Valoración*

La asignatura de Informática Industrial se ha desarrollado de acuerdo a las directrices descritas en esta sección. Se ha aplicado durante los cursos 2012/13, 2013/14 y 2014/15 sin apenas modificaciones a grupos relativamente pequeños, en torno a unos veinte alumnos. Los alumnos desarrollaron el proyecto en pequeños grupos creados aleatoriamente de dos o tres personas (preferiblemente tres). El profesor ha detectado que la aplicación de esta metodología ha conseguido incrementar la motivación e implicación de los alumnos en la asignatura, a la vez que se conseguían los objetivos de aprendizaje y competencias.

### ***Instrumentación Electrónica***

#### *Objetivos y competencias*

Se trata aquí la implementación de PBL en la asignatura “Instrumentación Electrónica” del tercer curso del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática impartido en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (Universidad de País Vasco UPV/EHU). El diseño del curso se realizó en el contexto del programa ERAGIN III (Eragin , 2013), durante el curso académico 2011-2012, fue implementado inicialmente durante el segundo cuatrimestre del curso 2012-2013, primer año en que se impartía la asignatura en los nuevos grados adaptados al ECTS, y posteriormente se ha aplicado en el curso 2013-14 y se prevé continuar su aplicación en sucesivos cursos, con ligeras variantes. Durante la propuesta y diseño se plantearon unas características diferenciales a considerar en esta implementación de PBL frente a otros casos de aplicación en electrónica industrial (Macias et al. 2006), (Martinez et al., 2011):

- a) Los proyectos asignados a los estudiantes no son de definición única o uniformes. De hecho cada grupo de estudiantes puede definir su propio proyecto, siempre dentro de los requerimientos generales que se transmiten y considerando disponibilidad de medios para implementación en laboratorios. Los requerimientos generales implican que cada grupo ha de resolver un problema de instrumentación, medida y adquisición de datos que ha de incluir el diseño de la electrónica de sensado, acondicionamiento y amplificación y el desarrollo de una aplicación de instrumentación virtual y registro de datos usando el entorno Labview de National Instruments (National Instruments, 2013). La definición del proyecto debe presentar un problema de aplicación del mundo real, similar a los que se le presenten a un ingeniero en su vida profesional (Castro, M.; Sebastian, R.; Quesada, J.,2010), (Sainz et al. 2010)
- b) Cada proyecto es definido, diseñado e implementado por un grupo de dos alumnos, pero entre estos grupos se establece una relación cliente-proveedor de forma que cada grupo actúa como cliente de otro grupo y a su vez proveedor de un grupo alternativo, como se detalla más adelante esta relación permite aplicar ideas de ingeniería de sistemas en las que la implementación es supervisada en cuanto a requerimientos de forma independiente y en la que cada grupo se ejercita en tareas de implementación, por una parte y de seguimiento y contraste de requerimientos, por la otra. Este reparto de roles es habitual, por ejemplo, en desarrollo de proyectos de software aplicando metodologías ágiles (Huang et al, 2012), (Matsuo et al, 2010).
- c) El proyecto se desarrolla a lo largo de todo el cuatrimestre, en tres fases fundamentales: (1) definición y especificación; (2) Desarrollo de electrónica; (3) Desarrollo de aplicación Labview e integración final y puesta en marcha.

Por otra parte en el diseño se tuvieron en cuenta las competencias específicas y transversales que se detallan en las tablas 4 y 5, a partir de las cuales se derivaron los objetivos de aprendizaje incluidos en la tabla 6.

*Tabla 4. Competencias específicas de la asignatura “Instrumentación Electrónica”*

11	Identificar y emplear con rigor de conceptos como: Magnitud, variable, señal, ruido, relación señal-ruido, etc. y los relacionados con las propiedades de una medida: error, exactitud, precisión, veracidad, incertidumbre,...
12	Demostrar conocimiento de los amplificadores de instrumentación aplicables en la amplificación de señales derivadas de sensores a nivel de análisis, especificación y diseño de estos circuitos.
13	Demostrar capacidad de diseño de circuitos de filtro activo aplicables en el acondicionamiento de señales derivadas de sensores e instrumentación
14	Diferenciar y explicar los procesos fundamentales (muestreo, discretización, ...) involucrados en la conversión de señales analógicas en variables digitales, las imperfecciones y errores que se pueden generar en esos procesos y las técnicas aplicables para mantener limitados esos errores.
15	Demostrar conocimiento de las técnicas de conversión analógico-digital y las características a tener en cuenta en la elección de un determinado dispositivo o circuito de conversión analógico-digital
16	Definir y desarrollar aplicaciones de instrumentación virtual con el entorno Labview (con un nivel cercano al homologable como desarrollador asociado de Labview)
17	Demostrar conocimiento de las arquitecturas de adquisición de datos más habituales y la programación en Labview para acceso a instrumentos a través de buses de instrumentación, utilizando interfaces SCPI y VISA.
18	Diferenciar y explicar los principios y técnicas de proceso digital y de comunicación de datos aplicables en sistemas de instrumentación.
19	Diferenciar y explicar los tipos interferencias que pueden afectar a un sistema de instrumentación, origen, caminos de acoplamiento y efectos sobre el sistema y las técnicas aplicables para mitigar esos efectos negativos sobre el sistema.

*Tabla 5 Competencias transversales*

FB7	Aplicar las estrategias propias de la metodología científica para resolver problemas: realizar observaciones con conciencia del marco teórico e interpretativo que las dirige; analizar la situación problemática cualitativa y cuantitativamente, plantear hipótesis y soluciones utilizando los modelos adecuados
FB8	Comunicar adecuadamente los conocimientos, procedimientos, resultados, destrezas y aspectos inherentes a las materias básicas de la ingeniería, utilizando el vocabulario, la terminología y los medios apropiados.
FB9	Trabajar eficazmente en grupo integrando capacidades y conocimientos para adoptar decisiones en el desarrollo de las tareas propuestas.
FB10	Adoptar una actitud responsable, ordenada en el trabajo y dispuesta al aprendizaje, desarrollando recursos para el trabajo autónomo.

*Tabla 6 Objetivos de aprendizaje*

Objetivos de aprendizaje		Competencias asociadas	
OBJ1	Especificar un sistema de instrumentación para captación y proceso de variables asociadas a una magnitud física, estableciendo propiedades de la medida, parámetros de calidad, robustez y prestaciones. Capacidad para discutir, defender y contrastar esa especificación	I1	FB7, FB8, FB9, FB10,
OBJ2	Diseñar, desarrollar y poner en marcha un circuito amplificador, acondicionamiento y filtrado para sensores de magnitudes físicas y su conversión a variables eléctricas de forma apropiada. Solución de nivel cercano a profesional.	I2,I3, I9	
OBJ3	Especificar y desarrollar una aplicación de adquisición de datos e instrumentación virtual en Labview demostrando conocimientos de nivel equivalente a desarrollador asociado certificado NI de Labview.	I4,I5,I6,I7	

OBJ4	Documentar, validar, presentar y defender un proyecto de instrumentación	FB8	
------	--	-----	--

### Actividades

En el programa de la asignatura se cubren los aspectos teóricos y prácticos relacionados con los sistemas de instrumentación y adquisición de datos, cubriendo los procesos que se esquematizan en la Figura 2. El proyecto se desarrolla a lo largo del cuatrimestre en tres fases, según un diagrama Gantt como el presentado en la Figura 3. Un grupo de dos alumnos, con identificador numérico  $i$ , es cliente del grupo con identificador numérico  $i+1$ , y proveedor del grupo con identificador con identificador  $i-1$ , siguiendo una relación circular. La interacción entre grupo cliente y proveedor en cada proyecto, y con el profesor, se desarrolla según un flujo de trabajo preestablecido. Al final de cada una de las fases el grupo cliente contrasta y evalúa el desarrollo del grupo proveedor en cuanto a cumplimiento de requerimientos (sin entrar en detalles de implementación) e informa al profesor. El profesor realiza una evaluación final, considerando detalles de implementación.

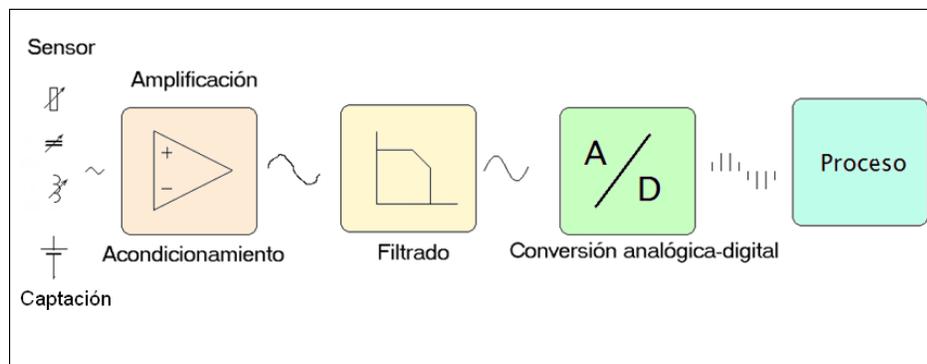


Figura 2. Procesos en un sistema de instrumentación

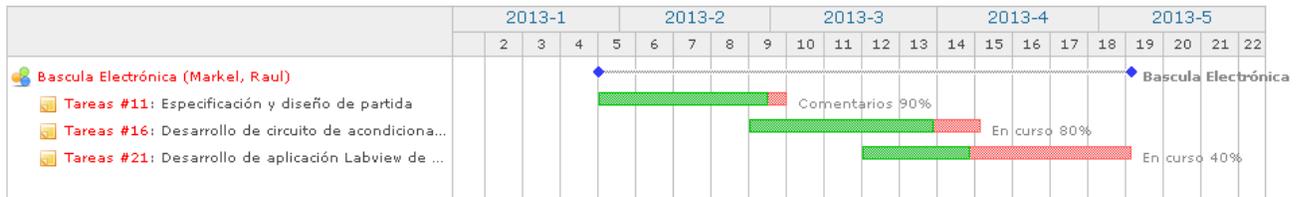


Figura 3. Diagrama Gantt de un proyecto

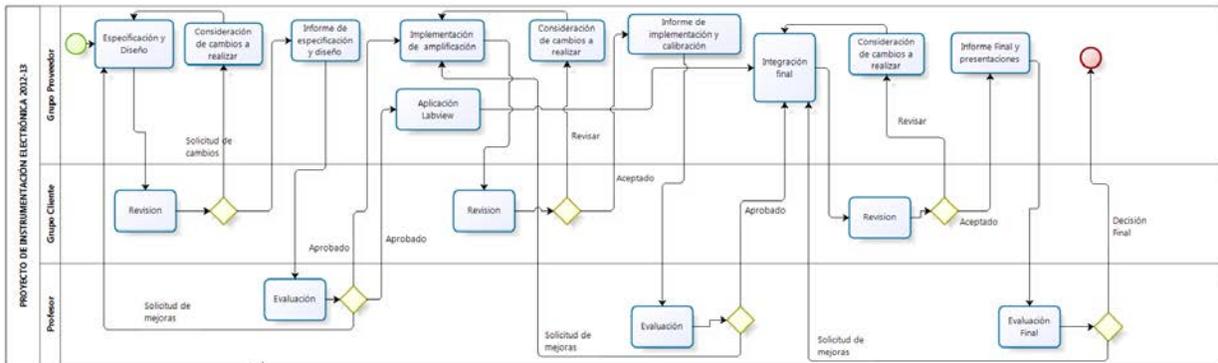


Figura 4. Flujo de trabajo detallando interacción entre grupo cliente, grupo proveedor y profesor

Además de las clases magistrales clásicas y de prácticas guiadas en laboratorio, durante el cuatrimestre se establecen una serie de sesiones de trabajo colaborativo en las que los alumnos definen, especifican, implementan y validan su desarrollo, en interacción entre grupo cliente y proveedor. Al final del cuatrimestre se realiza una sesión de presentación de proyectos y demostración en el laboratorio.

### Evaluación

La evaluación global de la asignatura se basa un 50% en exámenes (dos exámenes parciales y examen final) y el 50% restante en evaluación de proyecto y algunas prácticas adicionales de laboratorio. En la evaluación de proyecto se aplican rúbricas conocidas por los alumnos, parte de la evaluación es realizada por el grupo cliente.

### *Valoración de los alumnos y resultados*

Se realizaron encuestas valorando la aplicación de PBL en detalle en el aprendizaje de los alumnos a través de una encuesta. Los resultados principales para los cursos 2013-14 y 2014-15 se resumen en la Tabla 7.

*Tabla 7 Satisfacción y Valoración*

Grado de satisfacción global (respuestas de alumnos en cada categoría)				
	Nada	Poco	Bastante	Mucho
Curso 2013-14	0	0	8	1
Curso 2014-15	0	0	18	1
Ayuda en aprendizaje, frente a metodología tradicional				
	Menos	Igual	Más	Mucho más
Curso 2013-14	0	2	6	1
Curso 2014-15	0	2	14	3

Además de estos datos objetivos, se detectaron otros indicios que demuestran el interés con el que los alumnos acogen la metodología. Fundamentalmente el hecho de que los alumnos colaboran con entusiasmo en el desarrollo y puesta en marcha del proyecto, cubriendo fechas e hitos, y dando prioridad a sus compromisos con el proyecto frente a objetivos individuales. A modo de ejemplo, hubo alumnos que a pesar de decidir no presentarse a la evaluación final, por razones de sobrecarga de trabajo u otras razones, participaron activamente en las tareas de proyecto.

### ***Gestión de Proyectos***

#### *Objetivos*

El objetivo principal de la aplicación de metodologías activas en la enseñanza de la asignatura de Gestión de proyectos, es superar los niveles de aplicación de la teoría que se imparte en esta asignatura a través de proyectos desarrollados íntegramente por grupos de alumnos. Dado que se trata de una asignatura de 4º curso de carrera, este objetivo requiere la aplicación de conocimientos adquiridos en diversas asignaturas previas (Mesa Fernández *et al*, 2008). De hecho, el hecho de ser una asignatura de último curso permite que los alumnos afronten con mayor facilidad el desarrollo de proyectos innovadores y exclusivos. Como hilo conductor del proyecto se utiliza una pregunta motriz, que se indica en la primera semana del curso. El proyecto se realiza con el respaldo del resto de compañeros, así como del profesor, quien los tutoriza en todo momento (González Pascual *et al*, 2009). Durante el desarrollo del proyecto son los propios alumnos los que van detectando las necesidades de aprendizaje en función del proyecto elegido.

### *Actividades*

Las actividades llevadas a cabo durante el curso son:

- **Torre espagueti** (trabajo en grupo, roles), juego de roles con baraja cartas, en tiempo limitado (1h), con la finalidad de que se formen los grupos aleatoriamente y que se vean los roles que cada miembro del grupo quiere adoptar y coordinar con el resto de miembros.
- **Sesión de posters** (¿Qué crees que es la Gestión de Proyectos?), tiempo limitado para hacer el poster y para exponerlo (1h), con el objetivo de ver la capacidad de sintetizar ideas y exponerlas al resto del la clase

- **Presentaciones**, preliminar, avance y final del proyecto, con el objetivo de perder el miedo escénico y mejorar la presentación definitiva. Tiempo limitado por grupo, p.e. 12min.



*Figura 5. Ejemplo de presentación de un proyecto*

- **Test de autoaprendizaje** sobre temas teóricos de la asignatura, a realizar en tiempo y fecha, limitados por la plataforma (Moodle /eGela) y de forma individualizada para conseguir los conocimientos teóricos mínimos que se requieren para superar la asignatura
- **Aprendizaje colaborativo de software de Gestión de Proyectos** (MS Project, Open Project), en grupos de expertos, tipo actividad Puzzle.
- **Base de datos** (en Moodle), para actualizar actas del grupo, semanalmente; dicha actividad ha funcionado muy bien y han podido aportarla a la documentación del proyecto.

- **Elaboracion de un proyecto**, en grupo, aplicando todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera así como los que han necesitado para desarrollar su idea a partir de la pregunta motriz y de la guía del profesor.

### Evaluación de las actividades

Una de las características del PBL es que todas las actividades se deben evaluar de forma continua y personalizada, así como con la ayuda de rúbricas que ayuden a mantener un *feedback* con el alumno y entre ellos mismos (Kolmos, A., 2004).

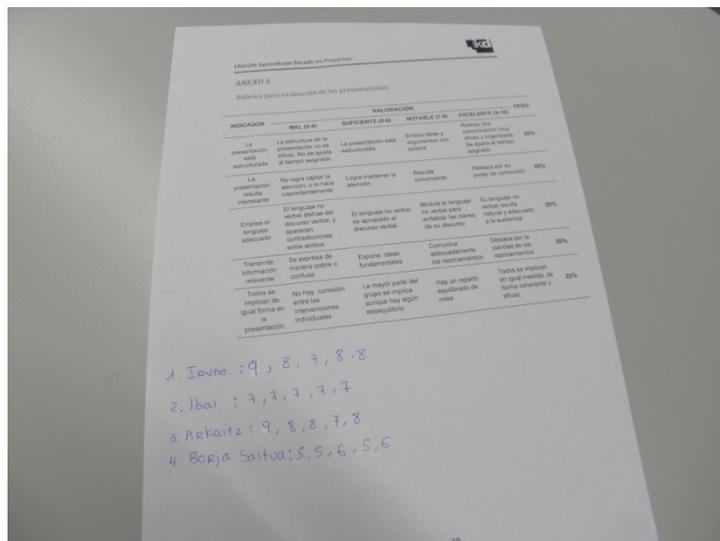


Figura 6. Rúbrica presentación

### Valoración de los alumnos y conclusiones

Los alumnos siempre tienen la oportunidad de valorar su experiencia en las distintas actividades así como la de sus compañeros a través de rúbricas interactivas almacenadas en la plataforma y a veces realizadas en papel en el aula.

La valoración final es positiva si se tiene en cuenta los resultados obtenidos (Echavarría MV, 2010). La aplicación de la metodología PBL frente a la enseñanza tradicional, obliga a aplicar de una manera más autónoma y real los conocimientos adquiridos a lo largo del grado y además permite al alumno administrarse mejor, tanto su tiempo como el de sus compañeros. Además, los alumnos están obligados a trabajar en grupo y tienen que aplicar los principios de corresponsabilidad para con sus compañeros de grupo y de clase. Por tanto, se puede decir que adquieren muchas más habilidades que por el método tradicional. Además, este tipo de metodologías facilitan la evaluación continua, mejorando así la autoestima del alumno, porque se puede dedicar más tiempo tanto a nivel personal como en grupo.

### ***Fotogrametría***

A continuación se pretende detallar el proceso de adaptación a PBL de la asignatura de Fotogrametría, impartida en el segundo cuatrimestre y segundo curso, de la titulación de Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía, con una carga de 9 créditos ECTS. Este proceso se diseñó y planificó siguiendo el proyecto ERAGIN de la UPV/EHU (Eragin 2012) y culminó con la publicación en *ikdbaliabideak*, pudiéndose encontrar los detalles de implementación en el cuaderno del estudiante, disponible en García, B. y Valle, J.M. (2012).

### ***Objetivos***

El objetivo principal de esta asignatura es mostrar al alumno las técnicas fotogramétricas para la realización de planos en 3 dimensiones a partir de fotografía digital aérea, deben tener conocimientos adquiridos en otras asignaturas como Tratamiento de imagen digital (para el conocimiento de las posibilidades de las imágenes digitales), de Geodesia Espacial y Cartografía

matemática (tanto para la selección de los sistemas de referencia adecuados como de los puntos de apoyo necesarios para la realización del proyecto), como de cartografía (para saber cómo representar y presentar adecuadamente un plano cartográfico). Es por tanto una asignatura muy relacionada con la profesión y una salida natural al mercado laboral.

*Competencias desarrolladas en la asignatura:*

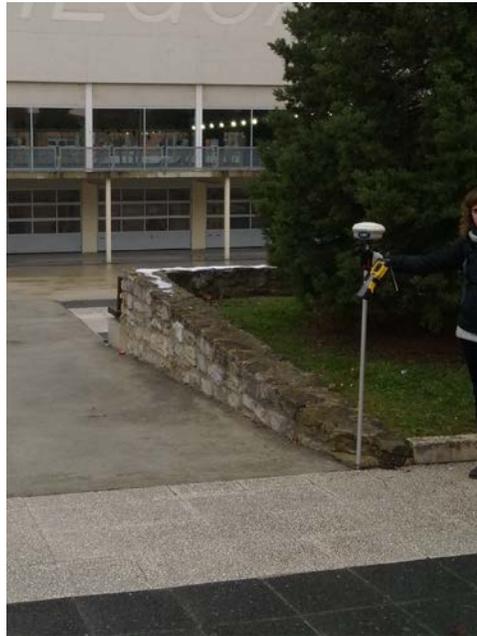
- Competencias de módulo: la competencia fundamental es la CRT.2: Conocimiento, utilización y aplicación de instrumentos y métodos fotogramétricos adecuados para la realización de cartografía. Aunque también se trabajan de manera colateral otras competencias.
- Competencias específicas, destaca la CE.3: "Ser capaz de evaluar los productos fotogramétricos" que por su carácter generalista destaca en este artículo.
- Competencias transversales: Se trabajan varias competencias transversales pero de acuerdo a la coordinación de curso en esta asignatura se debe valorar específicamente la competencia CT.3: "Ser capaz de comunicarse oralmente en un nivel 1".

*Lista de actividades*

Para poder abordar este proceso de aprendizaje se emplean clases magistrales y trabajos colaborativos. Se realizan puzzles, varias tareas colaborativas y un proyecto. A continuación se detallan las tareas más significativas:

**Tarea 1:** Preparar una presentación en PowerPoint sobre 7 cuestiones de una lista de 13, cada grupo elegirá 7 y hará una introducción a las mismas (se puede decir que está todo el temario de la asignatura repartido en las 13 cuestiones, se busca que aprendan a gestionar y conseguir la información, antes incluso de conocer la asignatura). Se pretende fomentar el

autoaprendizaje, la capacidad de filtrar información, la capacidad de trabajar en grupo, capacidad de síntesis, capacidad de exponer en público (sirve para detectar el nivel con el que llegan respecto a la competencia transversal que se debe evaluar CT3), redactar actas de trabajo y gestionar el tiempo.



*Figura 7. Localizando los puntos de apoyo en campo*

**Tarea 2:** Realizar el apoyo fotogramétrico de un modelo estereoscópico de una zona de Vitoria-Gasteiz (5 puntos de apoyo). Se trata de una aplicación real de cómo se realiza un apoyo fotogramétrico y es un trabajo colaborativo. Se desarrolla durante dos semanas.

**Tarea 3:** Saber aplicar y resolver un Hellmert 2d aplicando técnicas básicas de mínimos cuadrados. Se espera de ellos que sean capaces de plantear el problema y su posterior resolución a partir de interactuar con ellos. Se desarrolla durante dos semanas.

**Tarea 4. PBL:** Aprendizaje basado en proyectos, la pregunta motriz que proponemos sería: "¿Puedes hacer un plano de tu ciudad sin mancharte los pies?". Este es el proyecto estrella. Deberán hacer un plano fotogramétrico de una zona próxima al campus universitario, cada persona hace una parte, cada grupo de personas presenta el trabajo del equipo y la suma de todos los equipos sería el trabajo final de la clase. Para que el resultado sea aceptable los trabajos tienen que solaparse correctamente para que el plano final sea continuo. La carga total de este proyecto representaría el 33% del total teniendo una duración ponderada equivalente a 5 semanas.

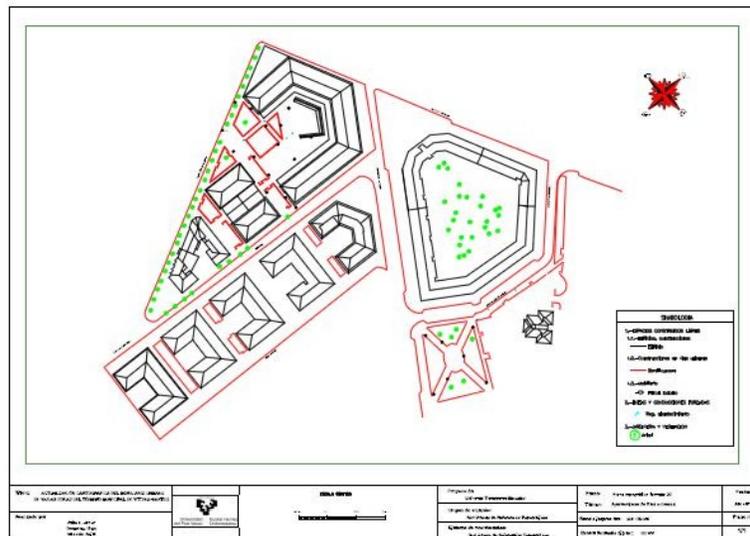


Figura 8. Ejemplo de plano fotogramétrico realizado por los alumnos en la tarea 4.

### Evaluación Actividades

Se podrá rechazar un entregable por baja calidad en contenidos, presentación o por presentarse más de 7 días fuera de plazo (durante esos 7 días la calificación del entregable supone la pérdida del 20% de la calificación y a partir del octavo día no se evalúa el entregable).

La evaluación del documento de proyecto responde a una rúbrica en la que se analizan los aspectos formales, los relativos a la consecución de objetivos, los de innovación. Además, se valorará la exposición, también mediante una rúbrica, que será aplicada por los alumnos con un peso del 80%.

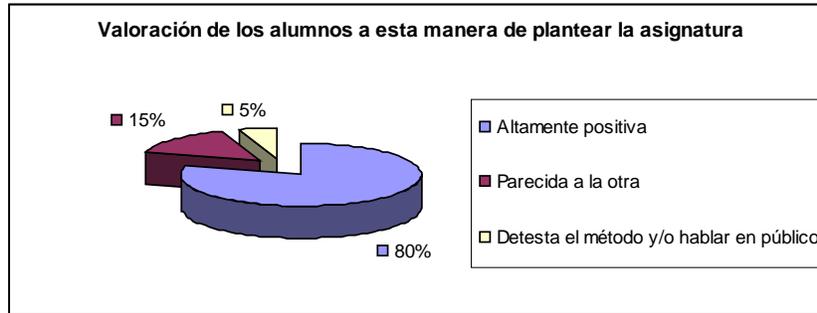
La evaluación se realiza mediante la composición de calificaciones individuales y grupales. El 40% de la nota es un examen clásico de contenidos de 10 preguntas teóricas cortas y 4 ejercicios teórico/prácticos.

*Tabla 8 Tabla resumen con la forma de valorar todas las actividades y lograr la nota final*

Entregables	Ponderación de la nota	Valoración Competencia transversal	Porcentaje	Descripción
Tarea 1	5%			
Tarea 2	5%	Nota del profesor	20%	Mi nota
Tarea 3	5%	Nota puesto por los compañeros	80%	Se elimina la mejor y la peor y se promedia la que ellos deciden de sus compeñeros
Tarea 4. PBL	40%	Total	(*) 100%	El 5% de la nota final corresponde a la CT3 que aquí obtienen.
Examen	40%			
CT3 (*)	5 %			
TOTAL	100%			

### *Valoración de los alumnos y conclusiones*

La implementación de este tipo de metodologías requiere un feedback constante, a través de correcciones de los trabajos, tiempo que hay que dedicar a cada grupo, etc. Por tanto, se puede convertir en una tarea ardua, especialmente si el número de alumnos crece demasiado.



*Figura 9. Valoración de los alumnos consultados sobre esta otra metodología de acercarse a la enseñanza.*

No obstante, consultada la opinión de los alumnos, se puede decir que el 80% de los mismos está a favor de la metodología basada en proyectos y solamente un 5% la detesta, aunque en ciertas ocasiones este rechazo, lo que en realidad oculta, es otro tipo de miedos: como tener que hablar en público o tener que interactuar con otros compañeros.

### **Conclusión general**

El presente artículo presenta cómo se ha aplicado la metodología basada en proyectos en titulaciones del ámbito de Ingeniería en diversas asignaturas impartidas en la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. El artículo pretende servir de material de reflexión y apoyo a aquellos profesores que estén interesados en la aplicación de este tipo de metodologías en el ámbito de la Ingeniería. Los autores coinciden en señalar que si bien la aplicación de este tipo de metodologías es exigente para el profesorado cuando se compara con la metodología habitual de impartir clase magistral y realizar examen final los resultados obtenidos en el alumnado son satisfactorios. Nuestra opinión como docentes es que aunque el trabajo que me exige es muy superior al de las técnicas convencionales, los resultados

académicos mejoran muchísimo así como la satisfacción del docente con los resultados obtenidos.

## Referencias

- American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1996. "Digital Photogrammetry: an addendum to the Manual of Photogrammetry". Bethesda. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
- Aziz, S.M., Sicard, E., Ben Dhia, S. (2010). "Effective Teaching of the Physical Design of Integrated Circuits Using Educational Tools" *Education, IEEE Transactions on*, vol. 53, n. 4, pp. 517-531
- Balluerka, N, Alkorta, I, Vicerrectorado de calidad e innovación docente, UPV/EHU, (2011) "Desarrollo curricular de las nuevas titulaciones de grado".
- Barrón, 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., Krauss, J. (2007). "Reinventing project-based learning: Your field guide to real-world projects in the digital age." *International Society for Technology in Education*, ISBN: 978-1-56484-238-1
- Calvo, I., Lopez-Guede, J.M., Zulueta, E. (2010). "Aplicando la metodología Project Based Learning en la docencia de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión", *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, Vol.3, Nº. 4, 166-181
- Calvo, I., Perianez, G. (2010). "Uso conjunto de la plataforma LEGO MINDSTORMS NXT y metodologías PBL en Informática Industrial", *Ikastorratza*, Vol. 6, 1-18.
- Calvo, I. (2013). "Programación de un robot planar para que dibuje", *IKD baliabideak* 5, pp. 1-24, Disponible en: <http://cvb.ehu.es/ikd-baliabideak/ik/calvo-05-2013-ik.pdf>

- Castro, M.; Sebastian, R.; Quesada, J. (2010), "A systems theory perspective of electronics in engineering education," *Education Engineering (EDUCON)*, 2010 IEEE , vol., no., pp.1829,1834, 14-16
- Cooper, M.A.R., Cross, P.A. (1991). "Statistical concepts and their application in photogrammetry and surveying"
- Curty, M., Comesaña, P., 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*, Vol.3, Nº. 2, 77-87
- Echavarria MV. Problem based learning application in engineering. *Revista EIA*. 2010(14):85-95. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3669073&orden=299775&info=link>; <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3669073.pdf>
- Eragin (2013). University of the Basque Country UPV/EHU. ERAGIN Presentation. Disponible en: <http://www.ehu.es/ehusfera/helaz/files/2010/04/eragin.pdf>
- Fukuda, S., Barron, B., Kostov, V., 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*, pp.230-234
- Garaizar, J. Goñi, JM, (2006-07) "Proyectos de innovación educativa de la UPV/EHU, "Nuevos escenarios para el aprendizaje en la universidad: Propuestas de innovación educativa de la UPV/EHU."
- García, B.; Valle, J.M. (2012). "Fotogrametría", *IKD baliabideak* 4, pp. 1-7, Disponible en: <http://cvb.ehu.es/ikd-baliabideak/garciagracianteparaluceta-04-2012.htm>

- Ghosh, S.K., (1988). "Analytical Photogrammetry". Lexington. Lexington books
- Gil, A., 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" *Actas del 15º Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* Valladolid, España, 18-20 de julio, 2007
- González Pascual JL, López Martín I, Toledo Gómez D. (2009) "Portafolio y aprendizaje basado en problemas (ABP): Comparación en la adquisición de competencias transversales" *Revista ROL de enfermería*. 32(7):51-58.
- González-V, J.L., 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*
- Habash, R., Suurtamm, C., (2010): "Engaging High School and Engineering Students: A Multifaceted Outreach Program Based on a Mechatronics Platform," *Education, IEEE Transactions on*. Vol.53. No.1, pp.136-143
- Hadim, H.A., Esche, S.K., (2002): "Enhancing the engineering curriculum through project-based learning," *Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual*, Vol.2, pp. F3F-1- F3F-6 vol.2
- Hosseinzadeh, N., 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.R., Senidi, 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
- Huang, P.M.; Darrin, A.G.; Knuth, A.A. (2012), "Agile hardware and software system engineering for innovation," *Aerospace Conference, 2012 IEEE* , vol., no., pp.1,10, 3-10  
March
- Kolmos A. (2004) "Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos" *Educar*. 2004(33):77-96. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=989396&orden=46946&info=link>
- Kraus, K. (1992) "Photogrammetry. Vol I". Bonn. Ümmler Verlag
- Kraus, K. (1992) "Photogrammetry. Vol II". Bonn. Ümmler Verlag
- Latorre Dardé, R. (2007). "Diseño de actividades de aprendizaje activo en la asignatura Procesos Industriales de Ingeniero Industrial" *Actas del 15º Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* Valladolid, España, 18-20 de julio, 2007
- Lerma García, J.L. (1999) "Problemas de fotogrametría"(4 tomos), Universidad Politécnica de Valencia. Valencia
- Lerma García, J.L. (2002). "Fotogrametría Moderna: Analítica y digital". Universidad Politécnica de Valencia
- Macias-Guarasa, J., Montero, J.M., San-Segundo, R., Araujo, A., Nieto-Taladriz, O. (2006). "A project-based learning approach to design electronic systems curricula," *Education, IEEE Transactions on*, vol.49, no.3, pp.389-397

- Martinez, F.; Herrero, L.C.; De Pablo, S. (2011), "Project-Based Learning and Rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity," *IEEE Transactions on Education*, vol.54, no.1, pp.87,96,
- Matsuo, K.; Anzawa, S. (2010) "Work in progress — Project practices of agile software development for undergraduate students," *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2010 IEEE , vol., no., pp.S2D-1,S2D-2, 27-30
- Mcglone, J.C., (2013). "Manual of Photogrammetry". American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Maryland
- Mesa Fernández JM, Álvarez Cabal JV, Villanueva Balsera JM, Cos Juez FJd. "Actualización de métodos de enseñanza-aprendizaje en asignaturas de dirección de proyectos de ingeniería" *Formación Universitaria*. 2008;1(4):23-28. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3714596&orden=310979&info=link>.
- Moffit-Mikhail, Introduction to Modern Photogrammetry. Wiley. New York
- National Instruments Corporation, Labview official site (2013) <http://www.ni.com/Labview> (last accessed 4 April 2013)
- 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
- Pérez, J.A. (2001). "Apuntes de Fotogrametría II". Mérida: Servicio de publicaciones
- Pérez, J.A. (2001). "Apuntes de Fotogrametría III". Mérida: Servicio de publicaciones
- Ponsa, P., Amante, B., Roman, J.A., Oliver, S., Diaz, M., Vives, J., (2009). "Higher Education Challenges: Introduction of Active Methodologies in Engineering Curricula," *International Journal of Engineering Education*, Vol.25, no. 4, pp.799-813

- Pucher, R., Mense, A., Wahl, H. (2002), "How to motivate students in project based learning," *Africon Conference in Africa, 2002. 6<sup>th</sup> IEEE AFRICON*, pp. 443- 446
- Sainz, J. A.; Gil-García, J.M.; Aguado, L. A.; Aledo, A.; Quesada, J. (2010), "Knowledge management and professional profiles in electronic systems engineering: The function of university-industry collaboration," *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE* , vol., no., pp.365,368, 14-16.
- Sainz, J. A.; Gil-García, J.M.; Aguado, L. A.; Aledo, A.; Quesada, J. (2010), "Knowledge management and professional profiles in electronic systems engineering: The function of university-industry collaboration," *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE* , vol., no., pp.365,368, 14-16.
- Schenk, T. (2002). *Fotogrametría digital*, ICC-Marcombo, Barcelona
- 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 Limeric" *IEEE International Professional Communication Conference, 2006*, pp. 170-182
- Steedman, M., Smith, K., Keleher, P., Martin, F. (2006): "Successful Cross-Campus Management of First Year Engineering Courses" *Frontiers in Education Conference, 36th Annual*, pp.14-19
- Solis, J., 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
- Wolf, P.R. (2000). "Elements of Photogrammetry with Applications in GIS". McCraw Hill. New York