

## **PBL + CW = ¿UNA COMBINACION EXITOSA?**

*Daniel García Almiñana*

Departamento de Proyectos de Ingeniería  
Edificio ETSEIAT TR5 – Despacho 206  
Colom 11, 08222 Terrassa  
Universidad Politécnica de Catalunya

daniel.garcia@upc.edu

*Elaine Armelin*

Departamento de Ingeniería Química  
Edificio ETSEIB - Planta 0 - Despacho 23.59  
Diagonal 647, 08028 Barcelona  
Universidad Politécnica de Catalunya

elaine.armelin@upc.edu

### **RESUMEN**

El aprendizaje basado en problemas (PBL) así como el trabajo cooperativo (CW) son herramientas de docencia que han ido ganando en relevancia durante los últimos 50 años.

Actualmente, la convergencia hacia un espacio europeo de enseñanza superior (EEES) implica necesariamente una transformación de los modelos tradicionales de enseñanza (focalizados sobre el profesor y basados en clases expositivas por parte de éste) hacia modelos de aprendizaje (focalizados sobre los alumnos y basados en la capacitación alcanzada por los mismos al final del ciclo).

Asimismo, la revolución de las TIC's aporta cada vez más medios y entornos para facilitar tanto la implantación de nuevos modelos de asignatura como la gestión de la información generada con el fin de optimizar el proceso de evaluación de las capacidades adquiridas por parte de los alumnos.

Esta comunicación analiza el proceso seguido durante los últimos años por parte del Departamento de Proyectos de Ingeniería en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa (ETSEIAT) para la definición del modelo de aprendizaje en las seis asignaturas de Proyectos que imparte (y más concretamente la denominada "Fundamentos de Proyectos"). Asimismo se presenta una experiencia innovadora de aplicación de la técnica de "puzzle" para la resolución y el aprendizaje de problemas que se ha introducido en una asignatura de primer curso para Ingenieros Químicos, denominada "Enlace y Estructura", de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB).

La principal conclusión es que tanto el PBL como el CW son una combinación exitosa de técnicas para el aprendizaje de Proyectos. Sin embargo, estas herramientas no son más que dos de los "ingredientes" a utilizar ya que una posible "receta universal" no existe. Cada Plan de Estudios tiene su propia definición, con sus objetivos y particularidades y los métodos de enseñanza que se elijan no

solamente dependen de dicho Plan de Estudios sino también del perfil de los profesores asignados a aquella docencia y de las expectativas del alumnado en la asignatura.

PALABRAS CLAVE – Aprendizaje basado en problemas (PBL), trabajo cooperativo (CW), técnica del puzzle

### **ABSTRACT**

Problem Based Learning (PBL) as far as Cooperative Work (CW) are teaching tools that have been increasing relevance during last 50 years.

At present, convergence to European Higher Education Area (EHEA) necessary means transforming traditional teaching models (focused on professor and based on expositive lessons) into learning models (focused on students and based on achieving capabilities at the end of their process).

Information and Communication Technologies (ICT's) revolution is also bringing more and more frameworks and tools to make easy introducing new subject models such as management of produced information, in order to optimize test process about students acquired capabilities.

This paper deals with processes developed during last years by Engineering Projects Department in *Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa (ETSEIAT)* in order to define a new learning model for its six project subjects (and specifically the one called "Project Fundamentals". It will also show an innovative experience of puzzle technique, to solve and learn problems, carried out in subject "Bond and Structure", in first course of Chemical Engineering in *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB)*.

Main conclusion affirms that PBL as far as CW is a successful combination of techniques for Projects learning. However, those tools are just two "ingredients" that can be used and there is no "universal recipe". Each Studies Plan has its own definition, its own objectives and special features and selected teaching methods depend not only on Studies Plan but also on specific profile of allocated professors for those subjects and also on specific expectation of students.

Keywords - Problem Based Learning (PBL), Cooperative Work (CW), puzzle technique.

## INTRODUCCION – ¿QUÉ SON PBL Y CW?

La necesidad de establecer las bases científicas del aprendizaje se ha ido satisfaciendo mediante distintos estudios de entre los que destaca la denominada taxonomía de Bloom (en honor de Benjamín Bloom quien dirigió entre 1948 y 1956 un grupo de trabajo de la Asociación Norteamericana de Psicología, sobre educación y aprendizaje). Dicha taxonomía establece seis niveles del dominio cognitivo en el fenómeno del aprendizaje [Bloom et al 1956]. Cada nivel requiere un conjunto creciente de habilidades y para adquirirlas es preciso adaptar el método de enseñanza y evaluación:

- Nivel 1 – *Conocimiento*: Observar y recordar la información; conocimiento de fechas, eventos, lugares, fórmulas, definiciones; conocimiento de las ideas principales; dominio de la materia.
- Nivel 2 – *Comprensión*: Entender la información, captar el significado, trasladar el conocimiento a nuevos contextos, interpretar hechos, comparar, contrastar, ordenar, agrupar, inferir las causas, predecir las consecuencias.
- Nivel 3 – *Aplicación*: Hacer uso de la información; utilizar métodos, conceptos, teorías, en situaciones nuevas; solucionar problemas usando habilidades o conocimientos.
- Nivel 4 – *Análisis*: Encontrar patrones; organizar las partes; reconocer significados ocultos; identificar componentes.
- Nivel 5 – *Síntesis*: Utilizar ideas viejas para crear otras nuevas; generalizar a partir de datos suministrados; relacionar conocimiento de áreas diversas; predecir conclusiones derivadas.
- Nivel 6 – *Evaluación*: Comparar y discriminar entre ideas; dar valor a la presentación de teorías; escoger basándose en argumentos razonados; verificar el valor de la evidencia; reconocer la subjetividad.

Para la adquisición de habilidades por encima del nivel tercero de Bloom resulta más efectivo el planteamiento de la enseñanza a partir de fórmulas distintas de las “clases expositivas” convencionales [ICE 2003]. Entre las fórmulas aplicables se destaca la denominada Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem Based Learning-PBL*).

Asimismo [GIAC 2004], el aprendizaje cooperativo (*Cooperative Work-CW*) aparece como una de las posibilidades de potenciación del nivel de conocimientos adquiridos y de mejora del resultado global del trabajo. Entre las ventajas del CW se destacan:

- Mayor motivación del estudiante por la tarea.
- Mejores actitudes de implicación y de iniciativa.
- Mayor comprensión de lo que se hace y del porqué se hace.
- Mayor volumen de trabajo realizado.
- Mayor calidad del mismo.
- Mayor grado de dominio de procedimientos y conceptos.
- Relación social en el aprendizaje.

## DOCENCIA DE PROYECTOS – UN EJEMPLO DE PBL

En la ETSEIAT, así como en otras escuelas de ingeniería, se imparte docencia de proyectos de ingeniería aprovechando las ventajas y posibilidades que ofrece el PBL. En líneas generales, se imparte docencia sobre aspectos teóricos aplicables a cualquier ámbito proyectual y se desarrollan dichos conocimientos en forma de un proyecto práctico supervisado por el profesor tutor asignado a cada grupo. El grado de profundidad que se alcanza en el desarrollo del proyecto depende de cada una de las asignaturas y varía desde la ingeniería conceptual de la asignatura “*Fundamentos de Proyectos*” (6º cuatrimestre), hasta el proyecto básico de “*Proyectos I*” (8º cuatrimestre) o hasta un diseño de ingeniería de detalle en “*Proyectos II*” (9º cuatrimestre).

Los grupos, de entre 8 y 12 alumnos, se organizan en subgrupos de trabajo en torno al coordinador del grupo (uno de los alumnos, elegido para tal fin) y se establecen reuniones periódicas de seguimiento del grupo con el tutor y de puesta en común de avances, problemas e interrelaciones entre los trabajos en desarrollo, reorientación de trabajos, conclusiones parciales y globales, etc.

Las reglas de funcionamiento del grupo (elección de coordinador y secretario, elaboración de actas y órdenes del día, definición de formatos de trabajo, programación, etc) son definidas entre los integrantes del grupo en las primeras sesiones y sirven como referencia para la ejecución de los trabajos. En ese sentido se da una elevada importancia a los aspectos formales, tanto del proyecto como de la propia gestión y organización de los trabajos.

Al final del cuatrimestre correspondiente a Proyectos II, los alumnos muestran el resultado global de su trabajo-proyecto en forma de una sesión póster abierta a toda la escuela, de forma que se genera una mayor implicación de los alumnos en su trabajo y, asimismo, un mayor conocimiento del sentido de los proyectos en el ámbito de la escuela.

## ENTORNO BSCL – UN EJEMPLO DE CW

Desde Febrero de 2002 se ha ido introduciendo, en la docencia de proyectos de la ETSEIAT, una herramienta de trabajo cooperativo denominada BSCW-BSCL (*Basic Support for Cooperative Work-Basic Support for Cooperative Learning*) siguiendo el calendario indicado en la *Tabla 1*:

CUATRIMESTRE	ASIGNATURA
Primavera 2002 (Curso 2001-2002)	Proyectos de Organización (presencial)
Otoño 2002 (Curso 2002-2003)	Proyectos I y Proyectos de Organización (semipresencial)
Primavera 2003 (Curso 2002-2003)	Proyectos II
Otoño 2003 (Curso 2003-2004)	Proyectos de Automática y Electrónica Industrial
Primavera 2004 (Curso 2003-2004)	Fundamentos de Proyectos

*Tabla 1.- Calendario de introducción del BSCL en las asignaturas de Proyectos*

Durante la implantación del BSCL en las diferentes asignaturas impartidas, el número de alumnos y profesores conectados al BSCL ha ido creciendo hasta una cifra actual en torno a los 500 usuarios, trabajando en más de 35 grupos de laboratorio independientes.

El volumen de información recopilada y generada estos años es suficientemente abundante y se ha constatado la posibilidad/necesidad de que aquella información tenga una utilidad más allá de grupo concreto de laboratorio que ha estado trabajando en un determinado proyecto [Garcia 2004].

El BSCL ofrece un entorno de trabajo colaborativo en el cual los alumnos y profesores pueden acceder desde cualquier ubicación con conexión a Internet y permite aportar y supervisar, de forma efectiva, el trabajo desarrollado por parte del grupo.

El coordinador de la asignatura define una estructura básica de carpetas (véase figura 1):

Nombre	Size	Compartido	Nota	Calific.	Propietario	Fecha	Eventos	Acciones
<b>B - Biblioteca de informació recopilada</b> Cal anar-la organitzant en subcarpetes, de forma que no hi hagi mai més de 8 elements sense classificar!	5				Daniel	2005-03-03 11:17		
<b>C - Comunicats del/al tutor / Revisió de documents</b> Línia de comunicació del grup amb el tutor i a l'inrevés.	2				Daniel	2005-02-28 13:48		
<b>D - Desenvolupament del treball</b> Carpeta per al desenvolupament dels treballs per part del grup (exercicis provisionals i documents de treball).	0				Daniel	2005-01-18 16:27		
<b>F - Fòrum de debat del grup</b> Fòrum de discussió intern sobre l'enfoc dels exercicis.	0				Daniel	2005-01-18 16:27		
<b>S - Seguiment del treballs</b> Carpeta amb les ordres del dia i actes de reunió per a la seva acceptació per part del tutor.	1				Daniel	2005-02-23 20:27		
<b>T - Treballs definitius</b> Carpeta de traspàs del treballs un cop validats per part del grup. No s'avaluaran treballs lliurats en paper que no estiguin també dins d'aquesta carpeta.	0				Daniel	2005-01-18 16:27		

Figura 1.- Carpeta general de grupo en el BSCL

- B - Biblioteca de información recopilada – Fondo documental de referencia para el proyecto.
- C - Comunicados del/al tutor / Revisión de documentos - Línea de comunicación del grupo con el tutor i al revés.
- D – Desarrollo del trabajo - Carpeta para el desarrollo de los trabajos por parte del grupo.
- F - Forum de debate del grupo - Forum de discusión interno sobre el enfoque de los trabajos.
- S - Seguimiento del trabajo - Carpeta con las órdenes del día y actas de reunión para su aceptación por parte del tutor.
- T - Trabajos definitivos - Carpeta de traspaso de los trabajos una vez validados por parte del grupo (carpeta de evaluación de los trabajos).

No obstante ello los alumnos pueden, a partir de dicho diseño preliminar, organizar y adaptar subcarpetas para su proyecto concreto.

El BSCL incorpora un importante conjunto de herramientas para facilitar el trabajo en grupo. Entre ellas destacan las siguientes (véase *figura 2*):

- Herramientas de caracterización de documentos: Además del nombre e informaciones como tamaño, tipo de fichero o fecha, cada documento incorpora una descripción amplia de su contenido, una calificación del mismo y la posibilidad de “añadirle” notas de debate.
- Herramientas de seguimiento: Se trata de la indicación de un conjunto de eventos de seguimiento como son lectura (para saber quien y cuando se ha leído el documento en cuestión), modificación (para saber quien y cuando se ha alterado el contenido del documento), nuevo (para indicar nuevos documentos no leídos), reserva (para identificar los ficheros sobre los que se está trabajando en ese momento, previniendo su alteración accidental...).



*Figura 2.- Caracterización de documentos en el BSCL*

El conjunto de ventajas que ofrece el BSCL es amplio [García et al, 2003]:

- Trabajo en equipo sin necesidad de coincidencia física ni temporal. Cada miembro del equipo puede acceder a la última versión de todos los documentos en cualquier instante y desde cualquier lugar.
- Generación de una agenda común para la planificación y actualización de las actividades previstas en el desarrollo del proyecto.
- Archivo compartido para la documentación generada y obtenida por los distintos miembros del equipo. Dicha documentación se organiza en carpetas y subcarpetas, las cuales, además, permiten un seguimiento preciso de las distintas versiones de cada documento (con el fin de conocer el grado de evolución del mismo así como las distintas aportaciones realizadas por cada miembro del equipo). Los documentos colgados del BSCL pueden ser calificados (evaluación cualitativa de la calidad / importancia de cada documento) y se admite la posibilidad de añadir notas explicativas y aclaratorias al contenido de los mismos.
- Seguimiento de la labor de los demás miembros del grupo. Cada alumno puede conocer, para cada uno de los documentos colgados del BSCL, si dicho documento ha sido leído, modificado, sustituido, revisado o incluso borrado, por parte de cualquier otro componente del equipo.
- Foro de debate con el tutor sobre cualquier tema relacionado con el proyecto a desarrollar y foro de debate general, acerca del funcionamiento de la asignatura.
- Reducción drástica en el consumo de papel como soporte para los distintos borradores de documento, apuntes, etc. El seguimiento y evaluación de los trabajos puede desarrollarse íntegramente desde Internet (una de las consignas de trabajo durante estos cuatrimestres ha sido: “todo lo que no esté en el BSCL no existe!”).

- El grado de involucración individual de los alumnos ha aumentado tanto por el mayor interés que suscita el empleo de esta herramienta así como la posibilidad de obtener mejores resultados del trabajo en grupo ya que a las reuniones semanales de seguimiento el nivel de avance alcanzado es notablemente superior.
- Además, el profesor puede realizar más fácilmente el seguimiento de la evolución del proyecto desde cualquier lugar y en cualquier momento del día, pudiendo limitar el número de sesiones de control en grupo.
- También se facilita el conocimiento preciso del grado de participación y trabajo específico de cada componente del grupo, lo cual redundará en una menor subjetividad para la calificación objetiva del trabajo individual.

## **LA TECNICA DEL “PUZZLE” COMO EJEMPLO DE PBL+CW**

Cuando se combinan dos herramientas, como el PBL y el CW, los resultados pueden ser sorprendentes. Así, además del caso anterior, focalizado sobre la docencia de Proyectos en la ETSEIAT, a continuación se muestra una técnica que se ha aplicado con éxito en las clases de problemas de 2h de la asignatura de “Enlace y Estructura”, en la carrera de Ingeniería Química impartida en la ETSEIB. Dicha técnica se denomina “puzzle” y consta básicamente de 4 fases:

### 1ª FASE:

1. Los alumnos se organizan en grupos reducidos (3-4 personas) y cada uno de ellos recibe un problema para resolver (y para explicar también el procedimiento de su resolución).
2. Cada alumno trabaja individualmente (dentro del primer grupo) en su problema durante 10 minutos.

### 2ª FASE:

3. Al cabo de ese tiempo, todos los alumnos que tienen el mismo problema se reúnen y trabajan en su resolución colectivamente y en base a su trabajo previo personal. El tiempo dedicado es también de 10 minutos.

### 3ª FASE:

4. La tercera fase es la formación de una serie de grupos que contienen 1-2 alumnos por problema resuelto. Cada estudiante debe explicar la resolución de su ejercicio a los demás componentes del grupo. El objetivo es que todos los alumnos sepan todos los problemas propuestos en esta sesión. El tiempo para poner en común la metodología de resolución de los ejercicios es de 40 minutos.

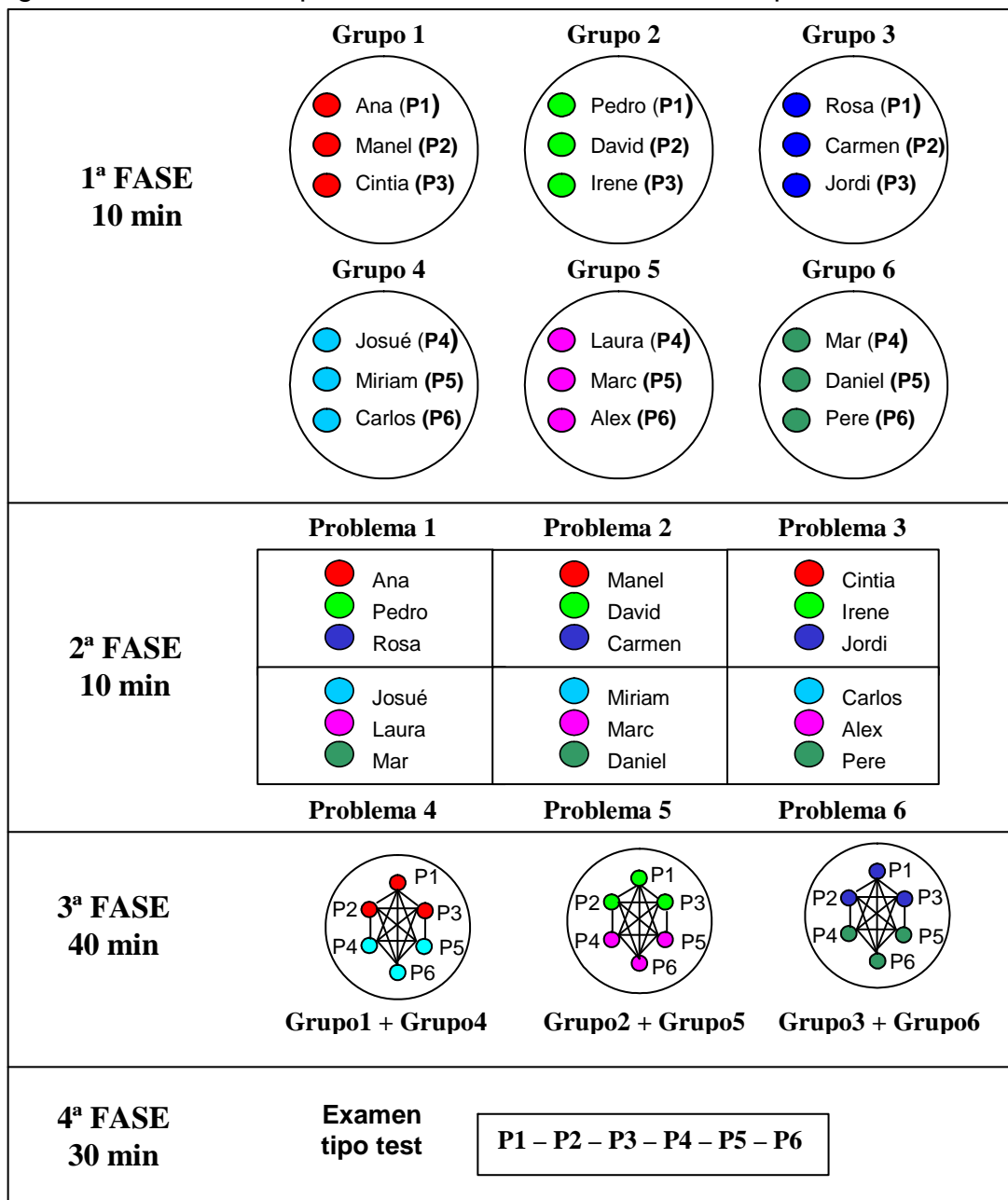
### 4ª FASE:

5. Finalizadas las sesiones en grupo, el profesor reparte un examen individual tipo Test que contiene el enunciado de cada problema. El alumno ha de contestar a todas las preguntas, exceptuando la del problema que le ha tocado resolver, que debe anexar al examen.
6. El profesor corrige el Test y califica el problema que cada alumno ha resuelto según el número de compañeros que han logrado contestar correctamente la

pregunta del test relacionada con dicho ejercicio. Es decir se evalúa no según la capacidad de resolver los ejercicios sino en función del aprendizaje de los demás sobre su ejercicio concreto.

El grado de implicación de los alumnos en la resolución de los ejercicios es notablemente superior al existente cuando el profesor simplemente resolvía los problemas en la pizarra y, en paralelo, su nivel de dominio en la resolución de los mismos aumenta extraordinariamente. Del mismo modo, la carga de monotonía que recae sobre el profesor se reduce ya que son los propios alumnos los que aprenden y resuelven los ejercicios, con poca o muy poca participación del profesor. Es una técnica global de aprendizaje basado en problemas y trabajo necesariamente cooperativo.

La *figura 3* muestra el esquema de desarrollo de una sesión “puzzle”.



*Figura 3.- Esquema de una clase de problemas basada en la técnica del “puzzle”.*



## CONCLUSIONES

- La docencia de Proyectos de Ingeniería mediante métodos PBL es presumiblemente la forma más adecuada de aprendizaje para los estudiantes, como así lo demuestran las encuestas SEEQ (Students' Evaluation of Educational Quality) realizadas en los últimos años.
- Las posibilidades de trabajo colaborativo que ofrece el entorno BSCL es asimismo de notable ayuda en el alcance de los objetivos de la asignatura.
- La integración PBL+CW que tan buen resultado da en las asignaturas de Proyectos puede, cuando es convenientemente diseñada, aplicarse a un amplio espectro de asignaturas. El ejemplo mostrado de aplicación en una asignatura aparentemente tan alejada del área de Proyectos como es la asignatura de "Enlace y Estructura" así lo permite afirmar.

## BIBLIOGRAFIA

- [Bloom et al 1956] Bloom B., Englehart M., Furst E., Hill W., Krathwohl D., "*Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*".
- [ICE 2003] Barà, J., "*Aprendizaje Basado en Problemas / Proyectos: ¿Qué, por qué, cómo?*", Institut de Ciències de l'Educació, Julio 2003.
- [Garcia et al 2003] García D., Ferrari E., Angulo E., Martí I., Aragonès J., Doménech J.M., Torrilla M.G., Fradera N., Galín R., Gassó S., Bogumil T., Sánchez V., "*Dos años de experiencia de trabajo con el entorno colaborativo BSCW*", XI Congreso Universitario de Innovación en las Enseñanzas Técnicas. Vilanova i la Geltrú, Julio 2003.
- [Garcia 2004] García D., Vives J., "*Organització de la informació de treball en entorns d'ensenyament virtuals i cooperatius: l'experiència de Projectes d'Enginyeria*", XII Congreso Universitario de Innovación en las Enseñanzas Técnicas. Barcelona, Julio 2004.
- [GIAC 2004] Página de acceso a los recursos del Grupo de Interés en Aprendizaje Cooperativo <http://giac.upc.es>