

## ¿CÓMO ASEGURARIAS QUE A MI 12º PISO LLEGUE EL SUMINISTRO DE AGUA? (DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN DE BOMBEO)

Javier Sancho Saiz  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
[Javier.sancho@ehu.es](mailto:Javier.sancho@ehu.es)

Íñigo Errasti Arrieta  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
[inigo.errasti@ehu.es](mailto:inigo.errasti@ehu.es)

Unai Fernández Gámiz  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
[Unai.fernandez@ehu.es](mailto:Unai.fernandez@ehu.es)

José Antonio Ramos  
Hernanz  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
[Josean.ramos@ehu.es](mailto:Josean.ramos@ehu.es)

Eduardo Puelles Pérez  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
Eduardo [Puelles@ehu.es](mailto:Puelles@ehu.es)

Juan José Arrugaeta Gil  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
[Juanjose.arrugaeta@ehu.es](mailto:Juanjose.arrugaeta@ehu.es)

Teodoro Rico Pastrana  
Universidad del País  
Vasco/Euskal Herriko  
Unibertsitatea  
[Teodoro.rico@ehu.es](mailto:Teodoro.rico@ehu.es)

### Resumen

Se presenta la experiencia de aplicación del Aprendizaje Cooperativo (AC) y, en especial, del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la asignatura de Mecánica de Fluidos, que se cursa en varios títulos de Grado en Ingeniería. Se explica la estrategia docente empleada, las razones de aplicación de la misma y se incide en la etapa de elaboración de un Proyecto de una instalación de bombeo empleando la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Se analiza el método desarrollado, el sistema utilizado de evaluación, así como los resultados obtenidos. Los alumnos han asistido a clase de manera masiva ha mejorado su motivación y han aprobado en un porcentaje muy elevado.

### Objetivos

El diseño y cálculo de una instalación de bombeo de un líquido es el proyecto que han tenido que realizar los alumnos de la asignatura Mecánica de Fluidos (6 créditos) correspondiente al segundo curso de los Grados en Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Química Industrial y Electrónica y Automática Industrial. Lo realizaron durante las cinco últimas semanas del cuatrimestre empleándose la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), de manera que todas las horas de clases magistrales se dedicaron a la elaboración del mismo con el apoyo del profesorado. En este trabajo se muestra el procedimiento seguido en la aplicación de la metodología ABP, así como los resultados, tanto académicos como en cuanto a la percepción del alumnado, derivados de su aplicación. También se presentan otras propuestas de aplicación del ABP en otras asignaturas de 3º curso que se implementan durante el presente curso académico 2012-13 y que se apoyan en el diseño de la instalación de Bombeo.

### Desarrollo

La metodología que se lleva utilizando durante los últimos 3 cursos en la asignatura Mecánica de Fluidos (o en su precedente Ingeniería Fluidomecánica) consiste en el empleo del Aprendizaje Cooperativo (AC) durante las primeras 10 semanas de docencia de la asignatura y del ABP durante la fase final de la misma, prestándose en todo momento un cuidado especial por el cumplimiento de las cinco características del aprendizaje cooperativo: Ya desde el primer día de clase, y tras justificar la necesidad del trabajo en equipo en ingeniería, se aprovecha el pase de la encuesta inicial para proceder a la formación de los equipos de trabajo (de 3-4 miembros, formados aleatoriamente por el profesor) que se emplean durante toda la asignatura. Durante las primeras semanas se emplean estrategias como el puzzle de Aronson

(Aronson et al. 1978) o los grupos de Investigación (Sharan y Sharan, 2004), la elaboración de diversas tareas de profundización en la asignatura, así como otras actividades de aprendizaje cooperativo informal como las señaladas en Sancho (2012). Para cada actividad, los miembros de cada equipo deben asignarse unos roles rotatorios: coordinador, secretario, controlador y revisor. Durante la fase de Aprendizaje Cooperativo, varios temas de la asignatura han dejado de impartirse de la manera tradicional, empleándose el AC.

Centrándonos en el Proyecto de Diseño y cálculo de la instalación de bombeo, se les indica a los alumnos la necesidad de realizarlo durante las semanas finales de la asignatura. Los temas correspondientes dejan de impartirse de la manera tradicional, de manera que se pasa el testigo del aprendizaje al propio alumno, quien debe definir, en primer lugar, el tipo de instalación a calcular y, a partir de ahí, definir los conocimientos que posee y lo que necesita aprender para poder realizar dicha instalación de acuerdo con los criterios especificados. El desarrollo de la Guía Docente del Proyecto mediante la utilización de la metodología ABP se realizó dentro del programa ERAGIN de formación en metodologías activas de enseñanza/aprendizaje de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (Sancho 2011). Los alumnos trabajan en los mismos equipos con los que comenzaron el curso, con objeto de aprovecharse de la dinámica de trabajo autoestablecida en cada uno y son ellos los que, con la ayuda del profesorado, van resolviendo todos los problemas de formación que necesitan para realizar el Proyecto. La función del profesor es la de asesoramiento, seguimiento, pasando por los equipos en todo momento para ayudar al alumnado en su trabajo, e interrumpiendo, cuando lo considera necesario, para impartir “miniclasas” relacionadas con algún aspecto concreto de la instalación (de no más de 15 minutos) para orientar el trabajo cuando se detecta que varios grupos se atascan en situaciones problemáticas similares.

La definición del proyecto tiene como punto de partida el planteamiento de la pregunta motriz (la correspondiente al título de esta comunicación) que moviliza, motiva y anima al alumnado y pasa a analizarse el escenario: situación o problema que se da en la práctica profesional y que da origen al proyecto. Cada equipo de alumnos debe, entonces, definir su propio proyecto, ya que ellos eligen el tipo de instalación a diseñar y calcular. Como ejemplos de proyectos elegidos por algunos grupos de alumnos se pueden citar el cálculo de la instalación de bombeo de agua para una piscina situada en lo alto de un hotel de lujo en los Emiratos Árabes, o la correspondiente al funcionamiento de un carguero semisumergible.

El resultado final es un Proyecto, del que también se realiza una presentación oral al resto del alumnado, y para cuya valoración se emplea la coevaluación: el resto de los grupos valora las presentaciones teniendo en cuenta unas matrices de valoración propuestas por el profesorado.

La evaluación de la asignatura se realiza de la manera siguiente:

- Tareas de trabajo cooperativo. 20%.
- Dos exámenes de mínimos (previos al proyecto): 30%
- Informe prácticas laboratorio: 15%
- Proyecto: 35%. Se valora el proyecto, la presentación oral y la calidad del trabajo en equipo desempeñado.

La nota del proyecto se individualiza para cada alumno dentro del grupo utilizando un método adaptado del sugerido por Oakley et al (2004) y la calidad del trabajo en equipo se

determina a partir de la observación del trabajo de los equipos en el aula, así como de una encuesta de autoevaluación grupal.

Debe señalarse que para el aseguramiento de la efectividad de la metodología ABP es necesario establecer procedimientos para el seguimiento del trabajo en los distintos grupos, sobre todo cuando el número de alumnos pasa de unos 70, lo cual ha ocurrido en algún caso para esta asignatura. Para ello, las estrategias implementadas han consistido en, por una parte, la realización de tutorías grupales para analizar posibles disfunciones en el funcionamiento de los grupos, así como la entrega por parte de todos los grupos de la situación del proyecto correspondiente a mitad del período de 5 semanas dedicado al mismo. Todo ello se complementa con la cumplimentación de las correspondientes actas en las que se solicita explícitamente la planificación, el modo de reparto de trabajo entre los componentes del grupo y un análisis del funcionamiento del mismo.

Los resultados de la metodología seguida han sido muy positivos en todos los aspectos. Se ha pasado de un porcentaje de un 40% de aprobados (curso 09-10, último en el que se empleo la metodología tradicional) a un 89% (sobre matriculados) en el curso 2011-2012.

Por otro lado, se les pasó a los alumnos una encuesta propia para valorar la utilidad de la metodología seguida, habiéndose obtenido los siguientes resultados (curso 11-12) (escala Likert de 1 (casi nada) a 5 (mucho)):

- Consideran que han adquirido las 5 competencias de la asignatura, asignándoles valores medios entre 3,65 y 4,16.
- Han aprendido más y mejor con esta asignatura que con otra en formato tradicional: 4,19.
- La valoración que dan a las tareas y al Proyecto es la misma: 4,22.
- Ha aumentado su interés y motivación por la asignatura (4,26)
- Han aprendido a investigar por su cuenta en relación con el trabajo planteado (4,16).
- Ha ayudado a analizar situaciones de interés para la práctica profesional (4,10)
- Han desarrollado competencias necesarias en su futura vida profesional (4,03)
- Han desarrollado habilidades de trabajo en grupo (4,23)
- Han desarrollado habilidades de comunicación oral (3,81) y escrita (3,74).
- Han aprendido a resolver problemas y situaciones reales (4,32)
- El sistema de evaluación ha sido adecuado a la metodología (4,19)
- Su valoración global de la experiencia es 4,16

## Conclusiones

El empleo de una metodología que integra el AC y el ABP aumenta en gran medida la motivación del alumnado, mejoran ostensiblemente los resultados académicos y el alumnado percibe que se desarrollan competencias y habilidades muy necesarias en su futura vida profesional, por lo que, a partir de la experiencia en esta asignatura de 2º curso, y de Máquinas Hidráulicas (3 curso), otras dos asignaturas de 3º curso: Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión (Grado en Ingeniería Eléctrica) y Diseño de Máquinas (Grado en Ingeniería Mecánica) están desarrollando Proyectos (uno de ellos basado en la instalación de bombeo) empleando la metodología ABP.

Las razones fundamentales del éxito de la metodología, corroboradas por la bibliografía existente y por nuestra propia experiencia son las que señalan, por ejemplo, (Chickering y Gamson, 1987) como principios de una docencia de calidad:

1. Estimula el contacto entre profesores y alumnos (directo e inmediato durante las sesiones presenciales)
2. Estimula la cooperación entre alumnos.
3. Estimula el aprendizaje activo (son los alumnos los responsables)
4. Proporciona "feedback" a tiempo (prácticamente en el momento oportuno)
5. Dedicar tiempo a las tareas más relevantes (el proyecto tiene relación directa con la actividad profesional de un ingeniero)
6. Proyecta ante los alumnos expectativas elevadas (se confía en que van a ser capaces de diseñar una instalación de bombeo)
7. Respeta los diferentes talentos y formas de aprendizaje (cada grupo elige el tipo de proyecto en función de sus intereses)

Mediante el ABP se desarrollan competencias en los tres dominios de aprendizaje: cognitivo, procedimental y actitudinal, consiguiéndose, además, alcanzar los niveles superiores en las taxonomías de aprendizaje (véase, por ejemplo, Bloom et al., 1956) por lo que se puede considerar una metodología muy completa y recomendable a utilizar en ingeniería.

El presente trabajo ha sido financiado por la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, dentro de la convocatoria de Proyectos de Innovación Educativa 2011-2013, con cargo al proyecto: Diseño e implementación de un programa interdisciplinar de aplicación del aprendizaje cooperativo y del aprendizaje basado en proyectos en asignaturas de ingeniería.

### Bibliografía

Aronson, E., Blanesy, N., Sikes, J., Stephan, G. y Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills CA: Sage Publication.

Bloom, B., Englehart, M. Furst, E, Hill, W. y Kratwohl, D. (1956) *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain*.

Chickering, A.W. y Gamson, Z.F. Seven principles for good practice in undergraduate education. *American Association for Higher Education Bulletin*, marzo 1987.

Oakley, B., Felder, R.M., Brent, R. y Elhajj, I. (2004). Turning student groups into effective teams. *Journal of student centered learning*, vol.2, nº 1, pp 9-34. Recuperado el 20 de mayo de 2011 desde <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Oakley-paper%28JSL%29.pdf>.

Sancho, J. (2011). *Diseño y cálculo de una instalación de bombeo*. Recuperado el 21 de febrero de 2013 desde <https://addi.ehu.es/handle/10810/6684>.

Sancho, J. (2012). *Taller de aprendizaje cooperativo para ingeniería*. Recuperado el 21 de febrero de 2013 desde <https://addi.ehu.es/handle/10810/9044>.

Sharan, Y. y Sharan, S. (2004) *El desarrollo del aprendizaje cooperativo a través de la investigación en grupo*. Sevilla: Movimiento Cooperativo de la Escuela Popular.

**Cuestiones y/o consideraciones para el debate**

- ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas de la aplicación del ABP en Ingeniería?
- ¿Es viable la implementación del ABP “puro” en ingeniería, eliminándose totalmente las clases magistrales o, para su aplicación, es necesaria la adquisición de unos fundamentos teóricos previos?
- ¿Sería viable la aplicación de ABP a lo largo del curriculum integrando competencias de varias asignaturas por módulos o cursos?
- ¿Cómo podemos motivar al profesorado reticente a la aplicación de dicha metodología?