

# LA DOCENCIA DE ESTRUCTURAS POR COMPETENCIAS MEDIANTE ABP

Enrique de Justo<sup>1</sup>, Antonio Delgado<sup>2</sup> Manuel Vázquez-Boza<sup>3</sup> María Concepción Bascón<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Estructuras de Edificación, Universidad de Sevilla, ejem@us.es*

<sup>2</sup>*Departamento de Estructuras de Edificación, Universidad de Sevilla, antoniodelga@us.es*

<sup>3</sup>*Departamento de Estructuras de Edificación, Universidad de Sevilla, mboza@us.es*

<sup>4</sup>*Dpto. de Estructuras de Edificación, Universidad de Sevilla, mc\_bascon@hotmail.com*

## Resumen

La puesta en marcha en 2010 del Espacio Europeo de Educación Superior ha impuesto nuevos retos a las universidades Europeas. Los métodos de enseñanza tradicionales, basados en clases expositivas con evaluación por exámenes, no se adaptan bien a un enfoque educativo centrado en la adquisición de competencias. Los métodos de aprendizaje activo como el aprendizaje basado en problemas (ABP), encajan mejor en este nuevo esquema. Este artículo explora los efectos del cambio a una docencia por competencias mediante ABP en el campo de las Estructuras de Edificación, llevado a cabo en una asignatura de primer curso en la Escuela de Arquitectura de Sevilla.

En primer lugar se describe el diseño del programa de la asignatura, con detalles de la implementación del ABP en nuestro contexto. En segundo lugar se lleva a cabo una evaluación del programa de la asignatura, basada principalmente en encuestas y grupos de discusión con profesores y estudiantes. Los resultados de la evaluación realizada indican que el programa ha sido eficaz en el logro de los objetivos propuestos. Entre las ventajas del nuevo enfoque destacan el aumento en la motivación de los estudiantes y la mejora sustancial de los resultados académicos. Los retos principales a los que ha habido que hacer frente han sido el aumento en la dedicación de los profesores y la falta de implicación de algunos estudiantes en el trabajo en equipo. Es posible la extrapolación a otras disciplinas, aunque ello requeriría una reestructuración en profundidad de los contenidos de la materia.

Palabras clave: Aprendizaje basado en problemas; Docencia de Estructuras; Competencias; Espacio Europeo de Educación Superior.

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En 2008, la revolución educativa propugnada por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) llevó al equipo de profesores del departamento de Estructuras de Edificación a reconsiderar la forma en que se enseñaba Estructuras en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla (ETSAS). Un nuevo modelo de educación, basado en competencias y centrado en el estudiante, debía reemplazar al modelo tradicional de enseñanza centrado en clases expositivas y exámenes.

El principal objetivo en el nuevo modelo pasa a ser la adquisición de competencias, que implican conocimientos asociados a la acción. Los perfiles académicos deben estar orientados a la aplicación de conocimientos y a la práctica profesional. Además de las competencias *específicas*, propias de cada materia, los planes de estudio contemplan el aprendizaje de competencias *transversales*, como *trabajo en equipo* o *resolución de problemas*. Se adopta el sistema de créditos ECTS que mide el trabajo del estudiante en lugar del número de horas lectivas impartidas por el profesor.

Este artículo examina los efectos del cambio a una docencia por competencias en una asignatura obligatoria de Estructuras de primer curso en la escuela de Arquitectura de Sevilla con la metodología de aprendizaje basado en problemas. La experiencia alcanzó a un total de 324 estudiantes, divididos en 12 grupos. Se trata de la primera experiencia documentada de aplicación de la metodología ABP a gran escala en la disciplina de Estructuras en España. Los resultados obtenidos permiten extraer conclusiones sobre la eficacia del programa de la asignatura, sus puntos fuertes y las principales dificultades encontradas, que pueden ser útiles para la extrapolación de la experiencia a otros contextos cercanos en el campo de la Arquitectura y la Ingeniería.

## 1.2 La docencia de Estructuras

La docencia tradicional en las asignaturas introductorias de Estructuras en las escuelas de Ingeniería y Arquitectura consiste básicamente en un curso de Resistencia de Materiales, con clases teóricas y clases prácticas, en las que se resuelven problemas de cálculo en modelos simplificados de Estructuras sencillas. En los exámenes, los estudiantes deben resolver una serie de problemas en un tiempo acotado.

Tal como está planteada, la docencia clásica tiene algunas limitaciones importantes: en primer lugar, la poca relevancia de los ejemplos que son objeto de estudio. En segundo lugar, la concepción del análisis como un fin en sí mismo, sin tener en cuenta sus implicaciones en el proceso global de diseño [1]. Se trata de una disciplina compleja, asociada a niveles muy bajos de rendimiento [2].

En el caso de la ETSAS, la asignatura de Estructuras 1 ha presentado históricamente problemas graves de rendimiento. Con una tasa de rendimiento cercana al 35%, fue en el plan 98 la asignatura con el rendimiento más bajo de toda la titulación. El alto índice de fracaso académico provocó un aumento gradual del número de alumnos matriculados, llegando hasta 1398 alumnos en el curso 2009-10. Uno de los factores que explican los malos resultados en la asignatura es el bajo porcentaje de asistencia a clase, que se estimó en un 25% en un estudio realizado en el curso 2010-11.

## 1.3 El aprendizaje basado en problemas

### 1.3.1 Características del ABP

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es “un método en el que el aprendizaje se produce durante el trabajo de comprensión y resolución de un problema. El problema es lo primero que se encuentran los estudiantes en el proceso de aprendizaje, y servirá como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos” [3].

El ABP llevado a cabo en la asignatura Estructuras 1 tiene las características que debe reunir un entorno ABP para que sea efectivo [4]: el problema es la base de partida; los estudiantes dirigen su propio aprendizaje; el nuevo conocimiento se construye sobre el conocimiento previo; el aprendizaje se produce en colaboración, bajo la guía de un tutor/facilitador; por último, el programa de la asignatura está organizado por problemas, y no por contenidos.

Para llevar a la práctica este esquema, el curso se dividió en cinco módulos, con una duración aproximada de tres semanas. En cada módulo, los estudiantes deben enfrentarse a un problema de Estructuras. Los problemas son de complejidad creciente, desde el dimensionado de una barra hasta el diseño y análisis de una estructura completa. En cada módulo, se repasan el aprendizaje de los módulos anteriores, empleando una estrategia de repetición para afianzar lo aprendido.

El trabajo semanal en clase se organiza en *sesiones tutoriales*. Son sesiones de trabajo en grupo de dos horas de duración en presencia del tutor en la que los estudiantes razonan sobre el problema, identifican objetivos de aprendizaje y elaboran un plan de trabajo para el estudio individual durante la semana, que les debe permitir avanzar en el problema a la semana siguiente.

### 1.3.2 ABP en Estructuras

Varias contribuciones recientes relatan experiencias de aplicación del ABP en la disciplina de Estructuras, pero en todos los casos se trata de implementaciones parciales del método en asignaturas que siguen un esquema tradicional [5], o de experiencias que afectan a un número muy reducido de estudiantes [6]. Otros autores [7] han aplicado estrategias más informales de aprendizaje activo, aunque estas carecen del rigor metodológico que respalda al ABP.

A nivel internacional, el precedente más importante publicado sobre aplicación del ABP a Estructuras fue el desarrollado en la Escuela de Arquitectura de Newcastle, con un plan de estudios completo centrado en ABP [8]. Se puso en marcha un modelo muy ambicioso, con talleres de Arquitectura semestrales en los que participaban todas las áreas de conocimiento. Sin embargo, debido a las dificultades iniciales para integrar la docencia de Estructuras en un planteamiento multidisciplinar, el modelo evolucionó hacia un ABP centrado en la *aplicación e integración* del conocimiento, mientras que la *adquisición* del conocimiento se realizaba en asignaturas de Estructuras independientes con un enfoque docente tradicional.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Objetivos del programa

Al tratarse de la primera asignatura de Estructuras del grado, su objetivo principal es introducir a los estudiantes en la competencia principal asignada a la disciplina en el plan de estudios, *proyectar estructuras*. Esta competencia se desglosa en unidades más simples, llamadas subcompetencias o *resultados de aprendizaje*.

Los objetivos del programa se muestran en el cuadro 1 e incluyen: resultados de aprendizaje específicos (relacionados con la competencia *proyectar estructuras*), competencias transversales y una serie de objetivos adicionales igualmente relevantes relacionados con la asistencia y la motivación.

OBJETIVOS DEL PROGRAMA
1. Conseguir los resultados de aprendizaje específicos de la asignatura: <ul style="list-style-type: none"><li>a) Identificar las tipologías estructurales más habituales en edificios construidos y describir su funcionamiento, y su relación con el proyecto arquitectónico.</li><li>b) Determinar los valores aproximados de las acciones más frecuentes.</li><li>c) Determinar el comportamiento de la barra, calculando las reacciones, esfuerzos, tensiones y deformaciones.</li><li>d) Aplicar el método de los estados límite en casos sencillos, en relación con los requisitos estructurales de equilibrio, resistencia y rigidez.</li><li>e) Analizar, de modo esquemático e introductorio, estructuras sencillas, estableciendo un modelo y empleando aplicaciones informáticas.</li><li>f) Diseñar, de modo esquemático e introductorio, estructuras sencillas, adecuadas al proyecto arquitectónico, con elección de la tipología estructural, geometría, material y vínculos.</li></ul>
2. Adquirir las competencias transversales: trabajo en equipo, resolución de problemas, capacidad de análisis y de síntesis, capacidad de aplicar la teoría a la práctica y capacidad de organizar y planificar.
3. Conseguir niveles altos de satisfacción de alumnos y profesores con la asignatura.
4. Conseguir mejorar perceptiblemente el porcentaje de asistencia a clase.
5. Conseguir que el tiempo de dedicación a la asignatura en horario no presencial de los estudiantes se ajuste al ECTS (entre 4 y 6 horas).
6. Conseguir que el tiempo de dedicación de los profesores a la asignatura no sea excesivo.

Cuadro 1. Objetivos del programa de la asignatura *Estructuras 1*.

### 2.2 Evaluación del programa

La evaluación del programa de la asignatura se llevó a cabo a través de encuestas y grupos de discusión de profesores y alumnos. La encuesta a los alumnos fue realizada el último día de clase. 276 estudiantes completaron el cuestionario, lo cual representa un 85% de la población total, los 324 alumnos matriculados en la asignatura. El cuestionario consta de 33 preguntas, 30 de respuesta cerrada que siguen una escala de valoración tipo Likert, con cinco niveles de respuesta, y 3 de respuesta abierta, sobre puntos fuertes, puntos débiles y propuestas de mejora para el programa. La encuesta a profesores fue completada por todos los profesores que impartieron docencia en la asignatura: cuatro profesores a tiempo completo y cuatro a tiempo parcial.

Para el análisis de datos se emplearon técnicas de estadística descriptiva. Los datos de las respuestas abiertas y los grupos de discusión fueron clasificados en categorías de puntos fuertes y puntos débiles. La codificación fue llevada a cabo por dos investigadores de forma independiente.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Eficacia del programa

Evaluar la eficacia del programa implica valorar si se ha cumplido o no cada uno de los objetivos previstos (cuadro 1):

##### 3.1.1 *Conseguir los resultados de aprendizaje de la asignatura*

La eficacia en la consecución de los resultados de aprendizaje se valora a través del rendimiento académico. En este sentido, los resultados son altamente positivos. La tasa de rendimiento media en la asignatura alcanzó el 84.6%, y la tasa de abandono fue tan solo del 8%.

##### 3.1.2 *Adquirir las competencias transversales*

La adquisición de competencias transversales, como habilidades de trabajo en equipo, es un objetivo del programa. No obstante, la falta de mecanismos para evaluar esta competencia en el sistema de evaluación de la asignatura impide una valoración objetiva de su consecución.

##### 3.1.3 *Conseguir niveles altos de satisfacción de estudiantes y profesores*

La satisfacción de estudiantes y profesores fue evaluada mediante la encuesta. Los estudiantes dieron una puntuación media de 3.86 sobre 5 en el ítem de satisfacción con el curso. Además de la media, el porcentaje de estudiantes que no están satisfechos (valores menores que 3 en la escala) también es un dato relevante para medir la satisfacción. En este caso, solo un 6.1% de los estudiantes se muestran claramente descontentos con el programa. Las encuestas a profesores muestran también niveles altos de satisfacción, con un valor medio de 4 en la escala de 1 a 5.

##### 3.1.4 *Conseguir mejorar perceptiblemente el porcentaje de asistencia a clase.*

El porcentaje de asistencia media (sobre matriculados) es del 84%. La tasa de asistencia, ya sea medida respecto a los matriculados o respecto a los presentados, ha experimentado una mejora superior al 100% respecto al plan 98 (tabla 1). Por tanto, este objetivo se alcanza plenamente.

##### 3.1.5 *Carga de trabajo de los estudiantes y profesores*

Según los datos recogidos en la encuesta a alumnos, el tiempo semanal medio dedicado a la asignatura por los estudiantes en horario no presencial ha sido de 4.5 horas. Este valor encaja dentro del intervalo de 4 a 6 horas establecido en los objetivos del programa, de acuerdo con la carga en créditos ECTS de la asignatura (6 créditos). En cuanto a los profesores, el curso supuso una carga de trabajo media de 5.1 horas para el equipo docente (además de las horas de clase). Aunque la dedicación es asumible para los profesores a tiempo completo, aún es considerada demasiado alta para los profesores a tiempo parcial.

Comparación resultados académicos plan 98 -- plan 2010			
	Tasa de rendimiento (aprobados/matriculados)	Tasa de abandono (abandonos/matriculados)	Tasa de asistencia (asistencia/matriculados)
Plan 98 (tradicional)	35%	46.8%	25.4%
Plan 2010 (ABP)	85%	8%	84%

Tabla 1. Comparación rendimiento, asistencia y abandono plan 98-plan 2010.

#### 3.2 Puntos fuertes / puntos débiles

El trabajo en equipo con aprendizaje cooperativo es el punto fuerte del programa con mayor incidencia en la evaluación (uno de cada tres alumnos lo señala en las cuestiones de respuesta abierta). Las principales ventajas del trabajo en equipo apuntan al principio de *interdependencia positiva*, uno de las bases del aprendizaje cooperativo: los alumnos aprenden unos de otros y adquieren responsabilidad con el grupo, que les exige asistir a clase y llevar la asignatura al día. Además, el trabajo en equipo influye positivamente en la motivación: el ambiente en la clase mejora, los estudiantes se implican para trabajar por el triunfo común del grupo.

El enfoque práctico de la asignatura también ha sido destacado como aspecto positivo. El trabajo con problemas reales, en un contexto arquitectónico, aumenta, por una parte, la motivación, y por otra, tiene efectos beneficiosos sobre la calidad y persistencia del aprendizaje.

La desorientación inicial al enfrentarse a los problemas sin haber recibido clases previamente ha sido señalada como punto débil por los alumnos en las respuestas abiertas al cuestionario y en los grupos de discusión. Los estudiantes se sienten perdidos, y se quejan de pérdidas de tiempo en clase y en la fase de estudio individual.

Otra de las dificultades de más peso detectadas fue la falta de implicación de algunos alumnos en las tareas del grupo. Este punto débil incide negativamente en la motivación de los estudiantes más implicados y afecta a la moral de los profesores, siendo una de las causas principales de rechazo de la metodología por parte de algunos de estos últimos. A pesar de que el número de estudiantes que no se implican es una minoría (este problema afecta aproximadamente a un 20% de los equipos) su incidencia en el funcionamiento del programa es alta, debido a la forma en que el problema afecta a estudiantes como profesores.

## **4 CONCLUSIONES**

En términos generales, se puede afirmar que el programa ha sido eficaz en el logro de la mayor parte de los objetivos. Es de especial relevancia la mejora obtenida en el rendimiento académico y en el porcentaje de asistencia a clase con respecto al plan de estudios del 98 (tabla 1).

La adquisición de competencias transversales no ha podido ser valorada, debido a la falta de instrumentos previstos en el sistema de evaluación de la asignatura. Además, el número de competencias transversales asignado a la asignatura es excesivo para prestarles la atención necesaria y sería conveniente reducirlo, procurando su integración en el sistema de evaluación.

El trabajo en equipo es uno de los principales puntos fuertes del programa e influye muy positivamente en el aprendizaje, la motivación y la asistencia a clase. El principal punto débil es, precisamente, la falta de implicación de algunos estudiantes en las tareas del grupo. Este punto débil tiene efectos negativos importantes, aunque su incidencia sea minoritaria.

Teniendo todo ello en cuenta, la extrapolación a otras disciplinas es posible, aunque requeriría, en primer lugar, redefinir los objetivos de las asignaturas en términos de competencias y resultados de aprendizaje, y en segundo lugar, reestructurar en profundidad sus contenidos, organizándolos en torno a los problemas relevantes del área que se resolverán durante el curso.

## **REFERENCIAS**

- [1] De Miguel, J. L. (1997). 15 notas sobre las prácticas de estructuras II. Consultado el 26/09/2014 en <http://www.aq.upm.es/Departamentos/Estructuras/e2/notas.html>.
- [2] Basset, L., Guardiola, A., & Serrano, B. (2009). Más de 30 años de cálculo de Estructuras en la ETS de Arquitectura de Valencia. IV Congreso de Arquitectos de España, Valencia.
- [3] Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). Problem-based learning: An approach to medical education. New York: Springer Publishing Company.
- [4] Savery, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem-based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, 31-38.
- [5] Solís, M., Romero, A., & Galvín, P. (2012). Teaching Structural Analysis through Design, Building, and Testing. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 138(3), 246-253.
- [6] Quinn, K. A., & Albano, L. D. (2008). Problem-based learning in structural engineering education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 134(4), 329-334.
- [7] Fernández-Sánchez, G., & Millan, M. A. (2013). "Structural Analysis Education: Learning by "hands-on" projects and calculating structures." *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 139(3), 244-247.
- [8] Banerjee, H. K. (1994). Handling of a specialist subject in an integrated problem based learning programme. En S. E. Chen, R. Cowdroy, A. Kingsland & M. Ostwald (Eds.), *Reflections on problem-based learning* (pp. 219-235). Sydney, Australia: Australian Problem Based Learning Network.