



Aplicación del método de proyectos para la adquisición de competencias específicas del cálculo estructural

Víctor Calvet Rodríguez^a, Montserrat Haro Rodríguez^b y Manuel Valcuende Payá^c

Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universitat Politècnica de València

vccalrod@csa.upv.es, monharod@upvnet.upv.es y mvalcuen@csa.upv.es.

Abstract

For the reinforced concrete structure design, senior architecture students should learn the basic and specific structure design skills. Because in the last years, the academic results obtained in Construction III have not desired, it was decided to change the teaching methodology based on Master Class by Project Method, which is a more active and participatory learning method. This innovation focuses on teaching basic competence in concrete structural design, including: identification of structural elements, analytic design sections of reinforced concrete structural elements, computer-based design of reinforced concrete sections and a comparison of the results of both methods. This project-based learning method is delivered in the following sequence: (a) choice of project by each group of students, (b) analysis of building structure, (c) analytical design of structure, (d) design by structure software, (e) comparison of analytical and computer design results and conclusions. This method ensures that the dynamics of the learning process is as similar as possible to professional activity. In addition, the average mark for the students has increased and it has achieved the goal of the course on the number of passes. At the same time, surveys made by students show a higher satisfaction level.

Keywords: structural design, architrave, learning by projects.

Resumen

Para el diseño de la estructura de hormigón armado de un edificio, los alumnos de último curso de Arquitectura deben adquirir una serie de competencias básicas y otras específicas del diseño de estructuras. Debido a que los resultados académicos obtenidos en la asignatura de Construcción III, en los últimos años, no han sido los deseados, se ha decidido modificar la metodología docente, pasando del antiguo método de lección magistral a un

Aplicación del método de proyectos para la adquisición de competencias específicas del cálculo estructural

método más participativo y activo de Aprendizaje Basado en Proyectos. La innovación propone el aprendizaje de las competencias básicas relacionadas con el cálculo de estructuras de hormigón: identificación de elementos estructurales, diseño analítico de secciones y armado de las piezas de la estructura, diseño mediante programa informático de secciones y armado y, comparación y análisis de ambos resultados. Con este método docente basado en Proyectos, cuyo procedimiento es: (a) elección del proyecto por parte de cada grupo de alumnos, (b) análisis de la estructura del edificio, (c) diseño analítico de la estructura, (d) cálculo mediante programa informático de la estructura, (e) comparación de resultados analíticos e informáticos y conclusiones del cálculo; se ha conseguido que la dinámica del proceso de aprendizaje sea lo más similar a la actividad profesional. Además, la nota media de los alumnos se ha incrementado, y se ha alcanzado el objetivo de la asignatura respecto al número de aprobados. Al mismo tiempo, que las encuestas revelan un mayor grado de satisfacción de los alumnos.

Palabras clave: *cálculo estructural, architrave, aprendizaje por proyectos.*

1. Introducción

La asignatura de Construcción III se desarrolla en el último curso del grado en Arquitectura. Esta forma parte del bloque de materias troncales, su duración es anual, y le corresponden 10 créditos. El número de alumnos matriculados es del orden de 322, repartidos en 5 grupos.

En los últimos años, debido a diferentes motivos: (a) estancamiento docente de los profesores de esta asignatura, que no se han formado en metodologías docentes, (b) a la disposición de un número insuficiente de profesores, uno por grupo, y un elevado número de alumnos; la metodología docente que se había realizado era la tradicional, a base de lecciones magistrales. Mediante esta metodología los alumnos no eran capaces de contextualizar los contenidos, procedimientos y actitudes necesarias para el diseño estructural. Por lo que el aprendizaje no era significativo. Al mismo tiempo, se producía una diferencia substancial entre el trabajo realizado en la vida profesional y el propuesto y desarrollado hasta ahora en clase. Respecto a los resultados académicos obtenidos hasta ahora, el porcentaje de aprobados era del 50 %, un resultado deficiente según los objetivos de la asignatura, establecido en el 60 %. Del mismo modo, hay que destacar que un 25 % de los alumnos matriculados no se presentaron al examen final de la asignatura.

2. Objetivos

Los resultados obtenidos, hasta la fecha, con la metodología de lección magistral no han sido adecuado. Por lo tanto, era necesario modificar la metodología docente. Para ello, se valoraron diferentes metodologías docentes, seleccionando preferiblemente aquellas que según Jornet (2012):

- Doten de un aprendizaje significativo
- Promocionen un rol activo del alumno en su proceso de aprendizaje
- Promocionen el pensamiento crítico, reflexivo y constructivo
- Desarrollen los procesos cognitivos que integren fácilmente los nuevos conocimientos, sobre estructuras ya desarrolladas, y faciliten su adaptabilidad, flexibilidad y cambio
- Coadyuden al alumno en su desarrollo socio-afectivo, promoviendo competencias para el trabajo en equipo, y su adaptación a los contextos institucionales y sociales cambiantes.

Además, para una contextualización del procedimiento de diseño de estructuras de hormigón armado y de la asignatura, según Johnson et al. (1991) es necesario un aprendizaje cooperativo, donde el alumnado forme parte activa del procedimiento de aprendizaje, lo que comporta según Imbermon (2009), de un mayor afianzamiento de los conocimientos e incremento la relevancia y la utilidad de aquello que se aprende. De las distintas metodologías docentes valoradas para su aplicación: (a) Método de Casos, (b) Resolución de Problemas, (c) Aprendizaje Basado en Problemas y (d) Aprendizaje Orientado por Proyectos; se ha escogido el Aprendizaje Orientado por proyectos. Mediante esta nueva metodología se pretende que los alumnos desarrollen nuevas competencias, adecuadas a los escenarios profesionales, que produzcan soluciones creativas a los problemas e incentiven el trabajo en grupo (Markham et al. 2003). Además se pretende conseguir que estos adquieran una serie de competencias básicas relacionadas con el diseño de estructuras de hormigón, como son: (1) identificación de elementos estructurales, (2) diseño analítico de secciones y armado de las piezas de la estructura, (3) diseño mediante programa informático de secciones y armado y, (4) comparación y análisis de ambos resultados. Que con las otras tres metodologías no se podrían alcanzar.

Para lograr estas competencias, la mayoría de los alumnos debe incrementar las horas de dedicación y trabajo, respecto al año anterior. En cuanto a los profesores, este cambio metodológico supone un sobreesfuerzo añadido a la dedicación docente, debido a la necesidad de atender a cada uno de los grupos de estudiantes de manera individualizada. Por tanto, es fundamental la estrecha colaboración entre el profesorado, sin la cual no se lograr esta actividad, consolidando un aprendizaje de calidad y con profundidad, que

Aplicación del método de proyectos para la adquisición de competencias específicas del cálculo estructural

además requiere de una rigurosa planificación y programación docente, comunicación y selección idónea de contenidos, todo ello acompañado de sistemas de evaluación para fomentar un aprendizaje fructífero a largo plazo (Gibbs y Simpson, 2009).

Por lo tanto, los objetivos principales del cambio de la metodología de Lecciones Magistrales por la de Aprendizaje Orientado por Proyectos, en la asignatura de Construcción III, son los siguientes:

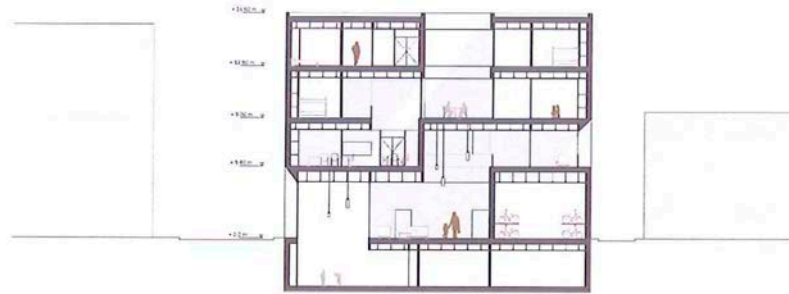
- Adquisición de las competencias básicas necesarias para el diseño de estructuras de hormigón armado.
- Desarrollo de un procedimiento de cálculo similar al llevado a cabo durante la futura vida laboral del alumno.
- Incremento de la adquisición de los conocimientos de la asignatura de Construcción III, relativa al cálculo de estructuras de hormigón armado.

3. Desarrollo de la Innovación

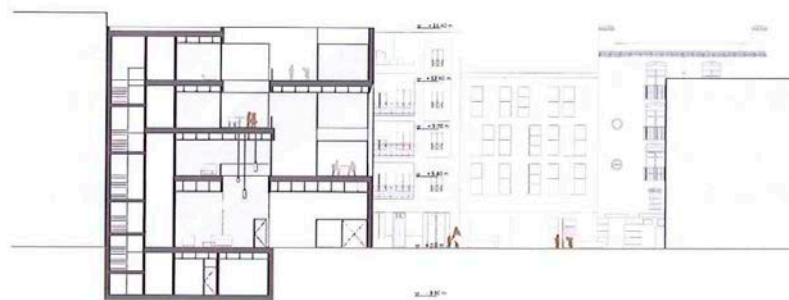
La metodología docente de Aprendizaje Orientado por Proyectos aplicada al diseño de estructuras de hormigón armado, se realiza con el mismo procedimiento, que posteriormente van a emplear los alumnos y futuros profesionales en su vida laboral, para el diseño de las estructuras de hormigón armado. Para ello inicialmente se forman grupos de trabajo, de máximo 6 alumnos, los cuales van a desarrollar el diseño de la estructura de un proyecto determinado. Cada grupo dispone de la elección libre de uno o varios profesores de la asignatura, como ayuda para la resolución de dudas y corrección del mismo. De este modo cada grupo de alumnos no se ven coartados por los criterios de corrección y diseño de un único profesor. Seguidamente se realiza el siguiente procedimiento metodológico para el desarrollo del proyecto:

1. Elección del proyecto a desarrollar por parte de cada grupo de alumnos: Este se selecciona a partir de los proyectos diseñados previamente por los propios alumnos en la asignatura previa de proyectos (Fig. 1). El principal criterio de selección que se les prescribe es que escojan un proyecto elaborado por uno de los 6 integrantes del grupo, el cual conocen. También se prescribe la elección del proyecto a la aprobación del profesor seleccionado. Para ello, la estructura del proyecto debe ser de hormigón armado. En caso contrario, se les define que transformen el material de la estructura existente (madera o acero) en hormigón armado. En este primer paso se pretende conseguir que los alumnos obtengan una contextualización del conjunto del proyecto, desarrollen el criterio de selección y subcompetencias tales como, la capacidad organizativa de un proyecto

complejo y el trabajo en grupo. De este modo son conscientes de las implicaciones que tienen para el diseño de la estructura las decisiones de proyecto.



Sección longitudinal



Sección transversal

Fig. 1. Elección del Proyecto

2. Análisis de la estructura del edificio: Los alumnos analizan la tipología estructural de cada parte del edificio, antes de proceder a su diseño. Decidiendo si esta es inicialmente adecuada (Fig. 2). En esta segunda fase del proyecto comienzan a tener consciencia de la cantidad de decisiones que se deben estimar, a priori para el futuro diseño de la estructura. Estas deben ser fundamentadas sobre la normativa existente del diseño de estructuras de hormigón, en España es la Instrucción de hormigón estructural (EHE-08). En esta segunda fase se pretende que los alumnos sean capaces de desarrollar la identificación de la tipología de elemento estructural, ámbito de carga y los elementos estructurales que soportan todas esas cargas.

Aplicación del método de proyectos para la adquisición de competencias específicas del cálculo estructural

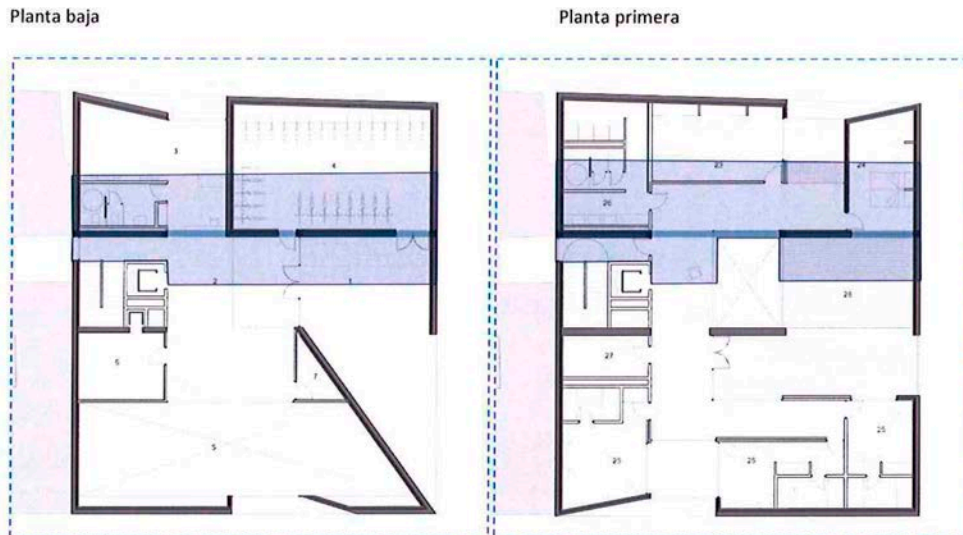


Fig. 2. Análisis de la estructura

3. Diseño analítico de la estructura: En este tercer paso, cada grupo de alumnos calculan analíticamente toda la estructura del edificio seleccionado (Fig. 3). En este caso, se enfrentan a la misma situación en la que se encuentra un profesional cuando comienza a diseñar una estructura desde cero. Inicialmente, para empezar a tantear las dimensiones se les propone que comiencen con una carga aproximada y utilizando ábacos recogidos de J. Montoya (2010) o ecuaciones definidas por Arroyo (2006), de rápido manejo que fijan un punto de origen. Seguidamente diseñan las secciones de hormigón y las cuantías de armado mediante los ábacos de J. Montoya (2010). En esta fase se pretende que los alumnos sean capaces de diseñar analíticamente las secciones y el armado de las piezas que conforman el pórtico de hormigón armado. De este modo comprenden y aprenden todos los parámetros que afectan al diseño. Al mismo tiempo, que adquieren parte de las competencias básicas del aprendizaje: competencia técnica (saber), metodológica (saber hacer), social (saber estar) y personal (saber ser).

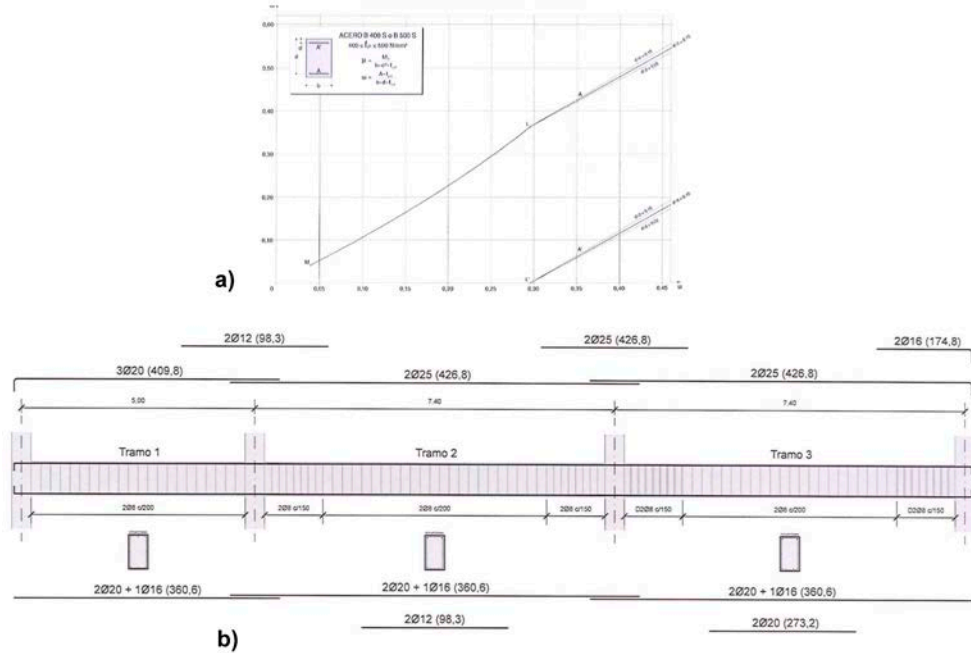


Fig. 3. (a) Ábaco empleado en el cálculo y (b) Viga calculada analíticamente

4. Cálculo de la estructura mediante programa informático Architrave©: Una vez calculada la estructura mediante cálculo analítico, los alumnos proceden al cálculo de la misma mediante un programa informático. Para ello, previamente se ha formado a todos los alumnos en el uso y manejo del programa informático Architrave©, empleando 4 sesiones de 2 horas por cada grupo. Se ha seleccionado este programa informático de todos los existentes, debido a que este ha sido desarrollado por profesores de la Escuela de Arquitectura Superior de la UPV. El procedimiento de diseño informático consiste primero en la introducción de las cargas (Fig. 4.a), definición de las secciones que forman la estructura y definición del material, y después el programa genera los diagramas de esfuerzos (Fig. 4.b), para finalmente obtener el armado de las piezas (Fig. 5). En esta fase el alumno a parte de desarrollar todas las competencias básicas (mencionadas anteriormente) desarrolla la competencia de diseño mediante programa informático de secciones y armado. Esta es fundamental para entender el funcionamiento de los diversos programas de cálculo y aprender que precauciones son necesarias tener en cuenta cuando se utilizan el cálculo mediante computadores, en este u otro programa de cálculo.

Aplicación del método de proyectos para la adquisición de competencias específicas del cálculo estructural

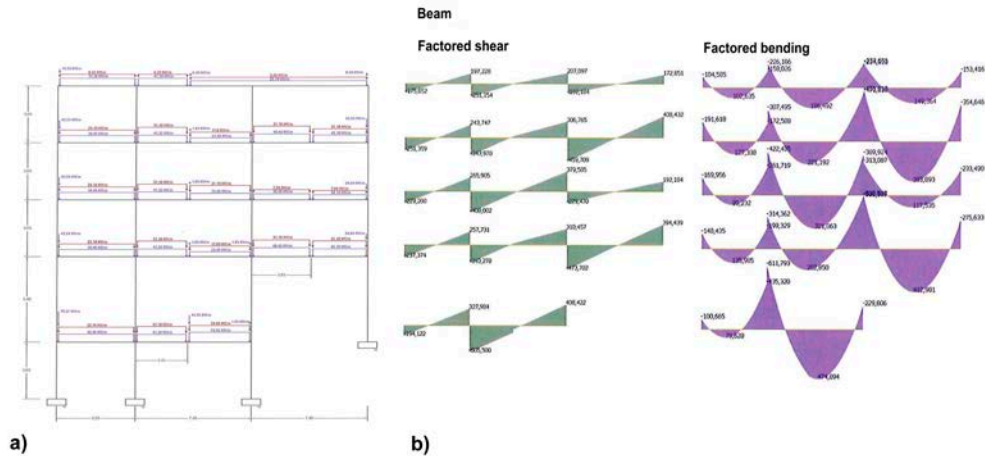


Fig. 4. (a) Cálculo de cargas y (b) cálculo de esfuerzos en la estructura

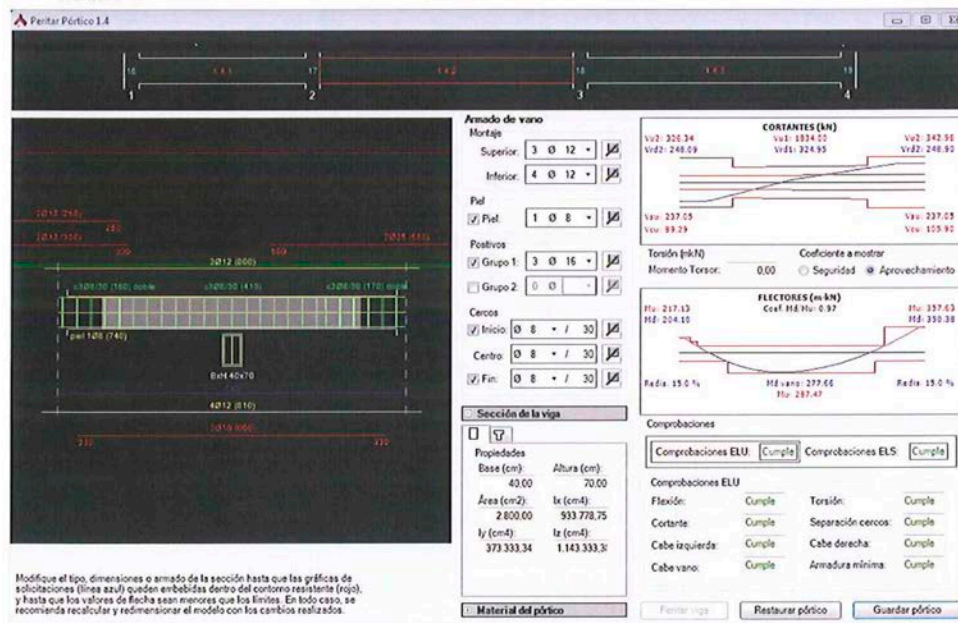


Fig. 5. Cálculo de la armadura de la viga con el programa Architrave

5. Comparación de resultados analíticos e informáticos y conclusiones del diseño de la estructura: En este último paso se procede a comparar los resultados obtenidos mediante cálculo analítico (Fig. 6.a) e informático (Fig.6.b), y al establecimiento del diseño definitivo de la estructura de hormigón armado. Para ello el alumno debe desarrollar una actitud crítica y con criterio para poder garantizar la seguridad de las estructuras diseñadas. A través de la comparación de los resultados obtenidos se pretende que adquieran la

capacidad de deducir cuál es la mejor opción de armado y porqué. Desarrollando esta competencia están preparados para el momento del futuro laboral en el que sea necesario discernir si una estructura se encuentra bien dimensionada, es insuficiente o esta sobredimensionada.

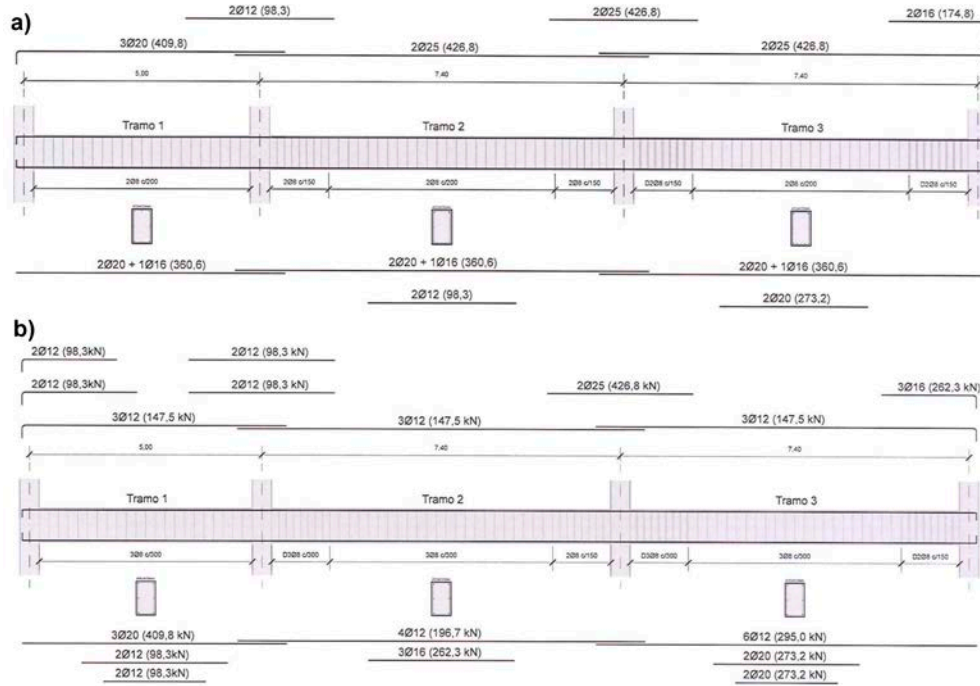


Fig. 6. Comparación de resultados obtenidos mediante (a) calculo analítico y (b) calculo mediante programa informático

4. Resultados

La valoración del efecto de esta nueva metodología de Aprendizaje Orientada por Proyectos se efectúa mediante: (a) la nota final de la asignatura y (b) las encuestas proporcionadas a los alumnos por los profesores de la asignatura. Tras el cambio de metodología docente de lección magistral a Aprendizaje Orientado por Proyectos, el primer efecto que se obtuvo es el incremento del porcentaje de aprobados (Fig. 7). Este se ha incrementado del 50% al 66%, lo que supone que en el primer año de implantación de esta nueva metodología se obtenga un cambio sustancial en los resultados académicos. Además, se ha conseguido sobrepasar el objetivo de alumnos aprobados, fijado en el 60 % por la asignatura.

Aplicación del método de proyectos para la adquisición de competencias específicas del cálculo estructural

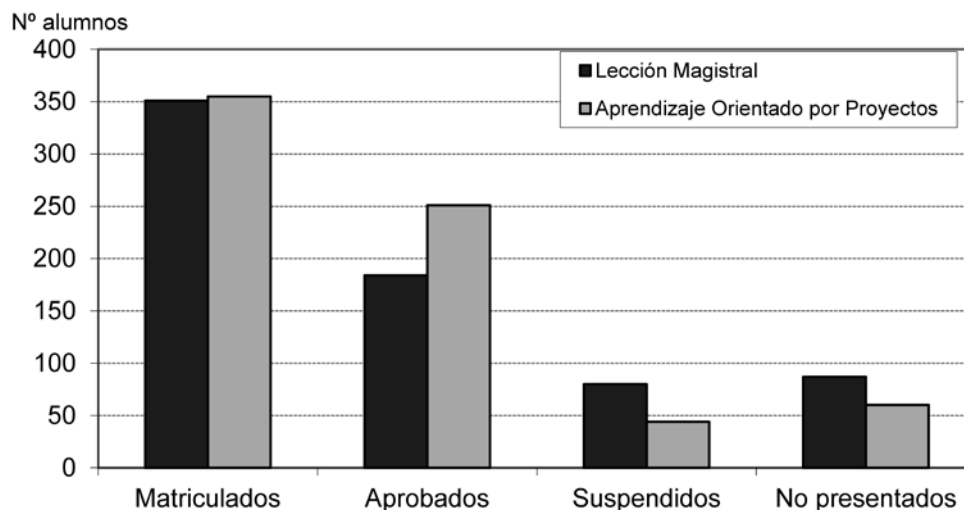


Fig. 7. Comparación de resultados obtenidos mediante los dos métodos: clase magistral y por proyectos

Otro baremo de la eficacia del cambio de la metodología docente, es la nota media de la asignatura. En este aspecto se ha comprobado que esta ha incrementado un 12 % respecto de la metodología anterior. Al elevar la nota media también se consigue que el número de aprobados incremente, y además se logra que un mayor número de alumnos obtengan un resultado más satisfactorio, puesto que el esfuerzo realizado se ve reflejado en el incremento de la nota media del curso, que ronda el notable, del 60% de los aprobados.

Al mismo tiempo, se valora el grado de satisfacción de los alumnos con la asignatura mediante las encuestas realizadas en la asignatura de Construcción III. En estas se comprueba que los alumnos muestran una mayor satisfacción con la asignatura. El principal motivo de satisfacción está centrado en la nota obtenida en la asignatura. No obstante, las encuestas realizadas revelan que existe un alto porcentaje de alumnos satisfecho con la recompensa de haber repartido a lo largo el curso el tiempo para preparar la asignatura, ayudando a conseguir una preparación más eficaz durante el periodo de exámenes. Además, los alumnos, manifiestan en las mismas, una mayor satisfacción por la contextualización de la asignatura y relación con la vida profesional.

5. Conclusiones

Por último, se puede concluir que la metodología didáctica de Aprendizaje Orientado por Proyectos empleada, dota a los alumnos de las competencias necesarias para el diseño de la estructura de hormigón armado, y de las subcompetencias de trabajo grupal y comunicación interdisciplinar. Además de las competencias básicas de la educación como son la

competencia técnica (saber), metodológica (saber hacer), social (saber estar) y personal (saber ser). Por lo tanto, se puede afirmar que la implantación de esta nueva metodología produce unos efectos beneficiosos en el resultado académico de los alumnos, alcanzándose las competencias y subcompetencias necesarias para el desarrollo del mismo durante la vida profesional.

1. Referencias

ARROYO PORTERO, J.C. et al. (2009). *Números gordos en el proyecto de estructuras*. Cinter Divulgación Técnica, S.L.L.; Edición: 2 (15 de octubre de 2009).

EHE-08 (2008). *Instrucción de Hormigón estructural*. España: Ministerio de Fomento.

GIBBS, G., SIMPSON, C. (2009). *Condicions per a una avaluació continuada que afavoreixi l'aprenentatge*. Cuadernos de docència universitària, nº13. (1ª Edición) Editorial Octaedro.

IMBERNON, F. (2009). *Millorar l'ensenyament i l'aprenentatge a la universitat*. Cuadernos de docència universitària, nº14. (1ª Edición) Editorial Octaedro.

JACOBSON, D., DAVIS, J. (1998). *Ten Myths of Cooperative Learning in Engineering Education and Research*. Frontiers in Education Conference. FIE. Pp. 790-794.

JIMÉNEZ MONTOYA, P. (2010). *Hormigón Armado*. 15ª Edición. Gustavo Gili.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T y SMITH, K.A. (1991). *Active learning: Cooperation in the College Classroom*. Interaction Book Company, Edina, MN.

JORNET, J.M. (2012). *Aprendizaje y enseñanza*. Universitat Internacional Valenciana.

KOLMOS, A. y GRAAFF, E. (2003). *Characteristics of Problem-based Learning*. Int. J. Engng. Ed. Vol. 19, No 5, pp. 657-662.

MARKHAM, T., LARMER, J. y RAVITZ J. (2003). *Project Based Learning Handbook. A guide to standards-focused project based learning for middle and high school teachers*. Buck Institute for Education.