

## DIFICULTADES DOCENTES EN EL ESTUDIO DE FORJADOS DE MADERA REFORZADOS MEDIANTE LOSA SUPERIOR DE HORMIGÓN

### Autor 1: Francisco GONZÁLEZ YUNTA

Arquitecto Técnico, Ing. Organización Industrial  
Universidad Politécnica de Madrid  
Profesor Titular Escuela Universitaria  
[francisco.gonzalez.yunta@upm.es](mailto:francisco.gonzalez.yunta@upm.es)

### Autor 2: Alfonso COBO ESCAMILLA

Dr. Ingeniero Industrial, Arquitecto  
Universidad Politécnica de Madrid  
Catedrático Escuela Universitaria  
[alfonso.cobo@upm.es](mailto:alfonso.cobo@upm.es)

### Autor 3: M. Nieves GONZÁLEZ GARCÍA

Dr. UPM, Arquitecto Técnico  
Universidad Politécnica de Madrid  
Profesor Titular universidad  
[mariadelasnieves.gonzalez@upm.es](mailto:mariadelasnieves.gonzalez@upm.es)

### Autor 4: M. Isabel PRIETO BARRIO

Dr. UPM, Arquitecto  
Universidad Politécnica de Madrid  
Profesor Titular Escuela Universitaria  
[mariaisabel.prieto@upm.es](mailto:mariaisabel.prieto@upm.es)

### RESUMEN

El refuerzo de forjados de madera mediante la conexión de una losa de hormigón superior es una técnica ampliamente utilizada en el sector de la rehabilitación de edificios antiguos. Sin embargo, la experiencia muestra que el análisis estructural de estos tipos de refuerzos se realiza en muchas ocasiones de una manera empírica, sin aportar justificaciones numéricas, sobre todo en dos cuestiones: el análisis de la resistencia de los elementos de madera y el cálculo de la conexión.

El Grupo de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid Enseñanza del Hormigón Estructural (EHE) está desarrollando un Proyecto de Innovación Educativa (PIE) basado en la elaboración de casos prácticos. En este trabajo se estudia uno de ellos relativo al análisis de refuerzo de forjados de madera mediante la conexión de una losa superior de hormigón.

**PALABRAS CLAVE:** innovación educativa, estudio de casos, interdisciplinariedad, forjado de madera, refuerzo de hormigón

### 1. Introducción

El refuerzo de forjados de madera es una materia de especial importancia en la formación de los Ingenieros de Edificación en España, ya que es una competencia básica y una atribución profesional que otorga la normativa española a estos ingenieros titulados [1], [2].

La titulación de Ingeniería de Edificación se configura como una carrera universitaria heredera de las titulaciones de Aparejador y Arquitecto Técnico, figuras profesionales muy arraigadas en el contexto de la ejecución de obras de edificación en España y que tienen su origen en los antiguos maestros de obras [3], [4], [5].

Las experiencias basadas en una mayor participación de los alumnos, haciéndoles protagonistas de su propia formación, tienen especial relevancia en la acción formativa de los nuevos Ingenieros de Edificación, lo que supone la modificación de los hábitos tradicionales y adaptarlos a las nuevas necesidades, utilizando para ello unas metodologías de trabajo adecuadas para conseguir los objetivos formativos.

El Método del caso (MdC), también llamado análisis o estudio de casos, tuvo su origen como técnica de aprendizaje en la Universidad de Harvard (aproximadamente en 1914), con el fin de

que los estudiantes de Derecho se enfrentaran a situaciones reales y tuvieran que tomar decisiones, valorar actuaciones, emitir juicios fundamentados, etc. Con el paso de los años el MdC se ha extendido a otros contextos y se ha convertido en una herramienta muy eficaz para que los estudiantes adquieran diversos aprendizajes y desarrollen diferentes habilidades gracias al protagonismo que tienen en la resolución de casos.

De este modo, el MdC es una técnica de aprendizaje activa, centrada en la investigación del estudiante sobre un problema real y específico que ayuda al alumno a adquirir la base para un estudio inductivo [6]. El punto de partida es la definición de un caso concreto para que el alumno sea capaz de comprender, conocer y analizar todo el contexto y las variables que intervienen en el caso. Se trata de un método de aprendizaje basado en el razonamiento de los estudiantes y en su capacidad de estructurar el problema y el trabajo para lograr una solución que no es la única correcta [6].

El MdC reúne la teoría y la práctica en un proceso reflexivo que se convierte en aprendizaje significativo, al tener que mostrar y analizar como se han resuelto los problemas, las decisiones que se han tomado y las técnicas y recursos implicados en cada una de las posibles alternativas [7].

El Grupo *Enseñanza del Hormigón Estructural (EHE)* es un Grupo de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid preocupado por encontrar fórmulas para racionalizar y mejorar la enseñanza del hormigón estructural a alumnos de Ingeniería de la Edificación. En este sentido se está desarrollando un Proyecto de Innovación Educativa de título *Diseño de casos prácticos en hormigón estructural* para facilitar y optimizar el proceso de enseñanza aprendizaje en distintas materias del ámbito del hormigón estructural.

El análisis de los refuerzos de forjados de madera mediante la conexión de una losa de hormigón superior es una materia que constituye uno de los casos prácticos desarrollados en el Proyecto *Diseño de casos prácticos en hormigón estructural*.

## **2. Refuerzo de forjados de madera mediante hormigón: Una enseñanza interdisciplinar**

Se puede definir la interdisciplinariedad como un método de enseñanza en el que la cooperación de varias disciplinas provoca intercambios reales, existiendo reciprocidad. Se presenta cuando el problema está planteado en términos tales que no puede ser resuelto desde una sola disciplina.

La resolución de un caso práctico relativo al refuerzo de un forjado de madera existente mediante la conexión de una losa de hormigón es una materia que requiere un enfoque interdisciplinar.

La resolución del caso implica la superación de dos etapas: Evaluación de la estructura y Diseño del refuerzo. Los conocimientos para el desarrollo de las etapas anteriores son objeto de distintas disciplinas del plan de estudios de la titulación de grado Ingeniero de Edificación.

### **2.1. Evaluación de la estructura existente**

Constituye la primera etapa del caso. En la tabla 1 se indican los pasos a seguir junto con las disciplinas correspondientes al plan de estudios de Ingeniería de Edificación donde se imparten los conocimientos y competencias correspondientes.

<b>Materia</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Semestre</b>
Modelo de cálculo	Resistencia de Materiales y Elasticidad	4
Acciones	Rehabilitación	7
	Análisis de Estructuras y Geotecnia	5
Combinación de acciones	Análisis de Estructuras y Geotecnia	7
Características de la madera	Rehabilitación	7
Dimensionamiento	No se imparte	

**Tabla 1. Evaluación de la estructura existente**

Como puede comprobarse en la tabla 1, las materias objeto de esta etapa se imparten en cuatro asignaturas distintas y de distintos semestres. Además, el dimensionamiento de la estructura es una cuestión que no se aborda a lo largo del plan de estudios.

## 2.2. Dimensionamiento del refuerzo

Una vez que se ha evaluado la estructura y se comprueba su falta de capacidad, se procede al diseño de la intervención. Una de las técnicas más utilizadas en edificación es la adición de una losa superior de hormigón conectada a las viguetas existentes de madera. En la tabla 2 se muestra un análisis similar al de la tabla 1.

<b>Materia</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Semestre</b>
Elección del tipo de intervención	Rehabilitación	7
Modelo de cálculo	Análisis de Estructuras y Geotecnia	5
Combinación de acciones	Análisis de Estructuras y Geotecnia	5
Dimensionamiento a flexión y corte (hormigón)	Hormigón Estructural	7
Dimensionamiento (madera) y de la conexión	No se imparte	

**Tabla 2. Dimensionamiento del refuerzo**

De nuevo puede comprobarse el carácter interdisciplinar de la materia y las carencias en cuanto al estudio de cuestiones fundamentales como son el dimensionamiento completo del refuerzo y de la conexión.

Sin embargo, con los conocimientos que se han obtenido a lo largo de la carrera no es difícil preparar al alumno para que aborde con éxito el conjunto de todas las operaciones.

## 3. Experiencia realizada

Se ha trabajado con 50 alumnos del Máster en Innovación Tecnológica en la Edificación. A todos ellos se les ha planteado la resolución de un caso práctico relativo al refuerzo de un forjado de madera existente.

Se ha trabajado sobre un caso real. Al alumno se le ha proporcionado suficiente material gráfico basado en planos y fotografías, como para poder tener una idea clara acerca del forjado sobre el que se iba a trabajar. A continuación se han impartido sesiones teóricas con una duración total de

6 horas para dotar al alumno de los conocimientos que no se han adquirido a lo largo de la carrera y son necesarios para resolver el caso, así como para poner en común lo ya explicado.

A continuación el alumno ha dispuesto de una semana para su resolución. Al término de la semana los trabajos se han entregado y los más relevantes se han discutido en clase.

A partir de una valoración subjetiva, se puede afirmar que los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios. Todos los alumnos han resuelto con éxito el caso propuesto, aportando soluciones muy interesantes. El grado de interés ha sido muy alto y se ha manifestado tanto por la calidad de los trabajos aportados como por el entusiasmo manifestado en la discusión pública de los trabajos. La experiencia nos ha animado a continuar con el empleo de esta técnica en la enseñanza de cuestiones similares.

Para poder realizar una valoración más objetiva acerca de la opinión de los alumnos, al finalizar el caso se realizó una encuesta en la que se obtuvieron los siguientes resultados:

- En opinión de los alumnos, las principales capacidades alcanzadas han sido la iniciativa (82%), el autoaprendizaje (70%) y la capacidad de decisión (90%).
- Se opina que inicialmente no se dispone de todos los conocimientos necesarios para la resolución del caso (86%) y que éstos se han ido adquiriendo durante su resolución (90%).
- El tiempo dedicado a la resolución del caso se juzga como escaso, tanto el dedicado a las explicaciones teóricas (84%) como el concedido para su resolución (96%).
- La experiencia fue valorada positiva (36%) o muy positivamente (42%), únicamente un 6% de los alumnos valoró la experiencia de forma negativa o muy negativa.
- El 70% de los alumnos opinó que el desarrollo de este caso les había permitido integrar distintos conocimientos adquiridos durante la realización de sus estudios.
- El enorme grado de similitud entre el planteamiento del caso realizado y la práctica profesional se valoró positivamente (40%) o muy positivamente (48%) por parte de los alumnos.

La elaboración y tutorización del caso se ha realizado por cuatro profesores, atendiendo cada uno de ellos a su área de especialidad. El profesorado ha podido comprobar que los conocimientos adquiridos por el alumnado en asignaturas anteriores no se han podido aplicar de forma correcta cuando se han planteado en un escenario distinto al que existía en el momento de cursar la asignatura. Esta situación también se ha dado en dos casos planteados a los mismos alumnos en el seno de esta experiencia. Posiblemente se deba a que tanto los alumnos como el profesorado entiende las asignaturas como departamentos estancos sin ninguna relación con el resto de disciplinas.

#### **4. Conclusiones**

El refuerzo de forjados de madera mediante la conexión de una losa de hormigón superior es una técnica ampliamente utilizada en el sector de la rehabilitación de edificios antiguos.

En la práctica, en muchas ocasiones este tipo de soluciones se colocan en obra sin una justificación numérica.

Los conocimientos necesarios para dominar la materia tienen un carácter pluridisciplinar y se imparten en distintas asignaturas de la titulación de grado de Ingeniero de Edificación, sería muy conveniente el tratamiento transversal de este tipo de contenidos para su plena asimilación.

El MdC es una técnica apropiada para la enseñanza de esta materia.

Dentro de un proyecto de Innovación educativa de la UPM se ha realizado una experiencia docente consistente en el desarrollo de un caso práctico relativo a esta materia.

La experiencia realizada sobre alumnos de postgrado ha sido muy satisfactoria.

A través de la experiencia satisfactoria llevada a cabo con alumnos de postgrado, se pone en evidencia de nuevo la idoneidad del MdC en el aprendizaje.

## 5. Referencias

- [1] Ley 39/1999, de 5 de Noviembre de Ordenación de la Edificación. Boletín Oficial del Estado nº 266 de 11 de noviembre de 1999.
- [2] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Boletín Oficial del estado nº 74 de 28 de noviembre de 2006.
- [3] MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE *La integración del sistema universitario español en el espacio europeo de educación superior*. Documento marco. Madrid, 2003.
- [4] GONZÁLEZ VELAYOS, E., *Aparejadores. breve historia de una larga profesión*, Consejo General de Aparejadores y arquitectos Técnicos de España, Madrid, 1979.
- [5] IZQUIERDO, P. *Evolución histórica de los estudios, competencias y atribuciones de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos*. Editorial Dykinson. Madrid, 1988.
- [6] BOEHRER, J., LINSKY, M., "Teaching with cases. Learning to question", *The changing face og college teaching*, New Directions for Teaching and Learning nº42, Ed. Jossey-Bass, San Francisco, 1990.
- [7] DE MIGUEL, M., "Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias". Alianza Editorial, Madrid, 2006.