

Aplicación a la docencia en Ingeniería de las Estructuras de las nuevas metodologías adaptadas al plan de Bolonia

J.A. Sanz; A.M. de la Concha; M.P. Ariza

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

RESUMEN (ABSTRACT)

La adaptación de los nuevos planes de estudio al Plan de Bolonia es hoy día un hecho que se está materializando en la implantación de los nuevos títulos de Grado y Máster en las distintas universidades españolas. En particular, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla, dieron comienzo los nuevos títulos de Grado en el presente curso académico 2010-11. Por otro lado, las asignaturas comúnmente clasificadas dentro del área de conocimiento de *Ingeniería de las Estructuras* son asignaturas de carácter tecnológico impartidas en los últimos años de las distintas titulaciones en las que se imparte docencia. En este contexto se engloba el presente proyecto. En este trabajo se presentan nuevas metodologías aplicadas y técnicas docentes, las cuales implican nuevos criterios de evaluación, así como un enfoque eminentemente práctico de las clases teóricas que incluyen prácticas de campo y visitas a instalaciones reales. Los principales resultados observados de estas nuevas técnicas docentes son una mayor motivación e interés del alumno en la asignatura, así como una mayor interacción profesor-alumno. Todo ello son objetivos fundamentales que plantean los nuevos planes de estudio en el marco actual.

Palabras clave: Metodología docente, Ingeniería de las Estructuras, Plan Bolonia, Innovación docente.

1. INTRODUCCIÓN

En mayo de 1998 se reunieron en la Universidad de la Sorbona los ministros de educación de los cuatro países de mayor tamaño de la Unión Europea (Alemania, Francia, Reino Unido e Italia) y acordaron desarrollar el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Este grupo se extendió a otros 26 países europeos (entre ellos España) en una reunión que tuvo lugar en Bolonia en junio de 1999. En la declaración de Bolonia, los ministros de los países firmantes se comprometieron a organizar el Espacio Europeo de Educación Superior conforme a los principios de calidad, movilidad, diversidad y competitividad, y orientarlo en torno a dos objetivos estratégicos: el incremento del empleo en la Unión Europea y la conversión del Sistema Europeo de Formación Superior en un polo de atracción para estudiantes y profesores de otras regiones del mundo [1].

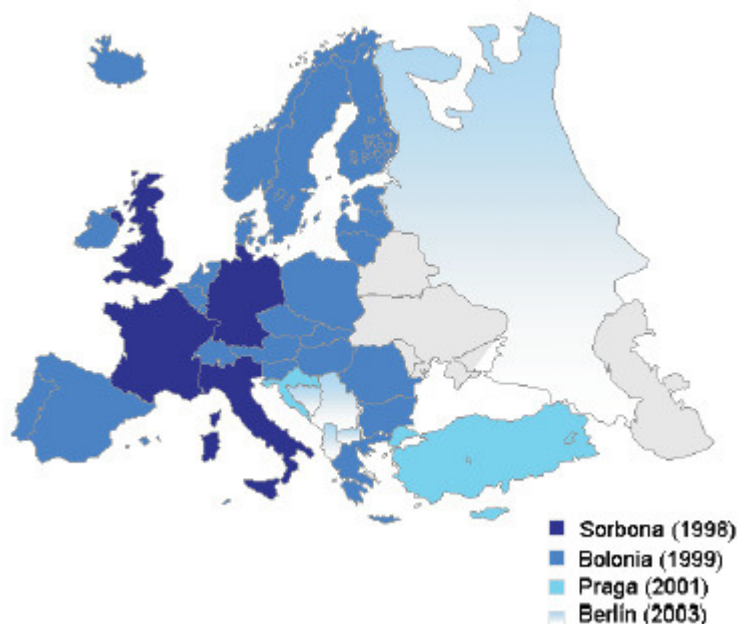


Figura 1. Mapa de los países europeos firmantes de la declaración de Bolonia.

Uno de los objetivos que se plantea el llamado *Plan de Bolonia* es el establecimiento de un nuevo sistema de créditos ECTS que supone modificar la contabilidad de esfuerzo necesario que realizan los alumnos para superar una asignatura universitaria [2]. El cambio al sistema de créditos ECTS va acompañado de un cambio en la metodología docente que es el más radical al que se enfrentan las instituciones de educación superior en Europa desde hace mucho tiempo, algunas de estas consecuencias son:

- Mayor peso a la evaluación continua, menor peso al examen final.

- Uso de evaluación cuantitativa y no sólo cualitativa.
- Trabajar con grupos más pequeños, atención más personalizada, relación más cercana entre profesores y alumnos.
- Favorecer las actividades semi-presenciales o no presenciales.
- Mayor dedicación por parte del profesor para la atención individualizada, la corrección de trabajos, la preparación de actividades de clase, etc.
- Posible redefinición de la valoración de las horas de trabajo del profesorado.
- Dificultad de los estudiantes para trabajar mientras estudian.
- Posibles modificaciones de la infraestructura física para adaptarla a la nueva metodología de trabajo (e.g. mayor número de aulas pequeñas vs menor número de aulas grandes).
- Modificación de programas y planes de trabajo para adaptarlos a la nueva metodología de enseñanza-aprendizaje.

La adaptación de las asignaturas propias del área de conocimiento de *Ingeniería de las Estructuras* al proceso de Bolonia, en aras a la convergencia a un Espacio Europeo de Educación Superior único, es un proceso complicado dadas las características tradicionales de la docencia de estas asignaturas, las cuales son en principio incompatibles con muchos de los planteamientos que se propone el Plan de Bolonia. Tradicionalmente, estas asignaturas contienen un núcleo teórico importante complementado con ejemplos y aplicaciones de la teoría, y clases de laboratorio. No obstante, dichas asignaturas presentan un gran potencial didáctico si se enfocan desde la perspectiva del Plan de Bolonia.

En este artículo se presentan una serie de acciones que se han planteado dentro de una asignatura en concreto del área de *Ingeniería de las Estructuras*. Dichas acciones van en la línea de una mayor participación del alumno, interacción profesor-alumno así como una mayor componente práctica de la asignatura. Los resultados observados en los años de implantación de esta nueva metodología son una relación más fluida profesor-alumno e involucración del alumno en la asignatura, así como una mayor motivación por parte del alumno, lo cual redundará en una nota media más alta en la asignatura con respecto a años precedentes.

2. METODOLOGÍA

La asignatura estudiada en este artículo es una asignatura optativa de 4,5 créditos titulada “Análisis Estructural de Sistemas Mecánicos”. Es una asignatura contemplada dentro de la intensificación “Mecánica de Máquinas”, de la titulación “Ingeniería Industrial”, que se imparte en el primer cuatrimestre (septiembre-febrero) en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. En el presente curso académico 2010/2011 el número de matriculados fue de 24.

La asignatura consta de un núcleo teórico fundamental en el que se abordan los siguientes bloques temáticos:

- Bloque 1: Tipología estructural lámina.
 - Análisis mecánico de la tipología estructural lámina.
 - Planteamiento mediante el Método de los Elementos Finitos de estructuras tipo lámina.
- Bloque 2: Hormigón armado
 - Conceptos teóricos.
 - Análisis de elementos estructurales.

Además de estos bloques teóricos, la asignatura incluye un bloque práctico, con visitas guiadas y trabajo tutorado.

Estos bloques temáticos se exponen en clases magistrales junto con pequeños ejercicios referentes a aplicaciones prácticas de la teoría. El alumno ha de examinarse mediante examen escrito de esta materia, correspondiendo ello con el 50% de la nota final.

Por otro lado, se planifican sendas visitas de campo a instalaciones de estructuras singulares reales, donde el alumno puede observar y discutir con el profesor sobre las distintas formas y tipos constructivos anteriormente introducidas en el bloque teórico de la asignatura.

Con este objetivo realizan una visita guiada a las instalaciones de la planta de producción de energía solar Plataforma Solucar de la empresa ABENGOA (Fig. 2). en la que se les explica las condiciones de utilización de los elementos, la situación y la interacción con otros elementos del proceso, lo que les facilita una visión de conjunto y de donde se pueden obtener los distintos condicionantes ambientales y de utilización que marcan el diseño estructural.



Figura 2. Vista panorámica de la planta solar de la Plataforma SOLUCAR.

En las mismas instalaciones se visita el taller de reparación y montaje de elementos que también proporciona información valiosa sobre el comportamiento de los elementos y su ensamblaje.

Durante la visita no sólo se les explica los aspectos relacionados con los colectores cilindro-parabólicos, sino que los alumnos reciben información detallada del conjunto de la planta, parámetros de funcionamiento, tecnología aplicada y múltiples cuestiones específicas de la planta, que completan la formación del alumno.

En otra ocasión los alumnos realizan una visita guiada a las instalaciones de Eucomsa (Fig. 3), donde se fabrican las estructuras de los colectores (Fig. 4), y donde obtienen de primera mano la información que les permite comprender la forma de realizar las distintas uniones.

En esta visita los alumnos ven en funcionamiento los robots de soldadura, los equipos de mecanizado, equipos de galvanizado y los laboratorios de la planta.



Figura 3. Instalaciones de Eucomsa.



Figura 4. Colector cilindro-parabólico.

Cuando tienen una visión de conjunto del problema lo más completa posible, se les hace entrega de los planos de construcción de los elementos, que son la base para realizar el modelo de los mismos.

Durante las sucesivas clases los alumnos, con el asesoramiento del profesor, realizan un modelo de elementos finitos de barras y láminas (Fig. 5), al que le aplican las cargas que actúan sobre el colector y del que obtienen los esfuerzos en las distintas secciones de los mismos. La bibliografía seleccionada como material de apoyo en este bloque se corresponde con las referencias. [3-7].

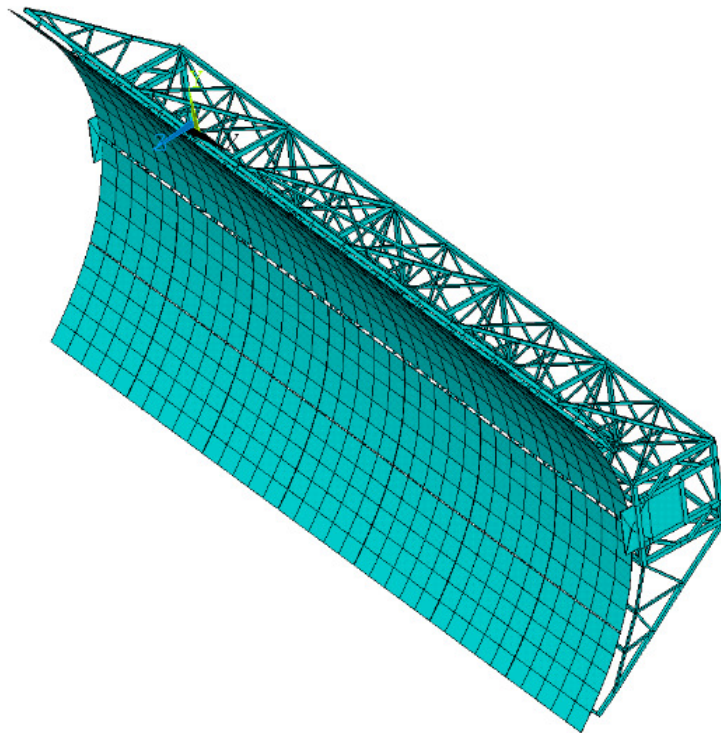


Figura 5. Modelo de elementos finitos de barras y láminas del colector cilindro-parabólico.

Con los conocimientos adquiridos y la colaboración del profesor, los alumnos analizan el comportamiento de la estructura verificando el cumplimiento de los estados límites últimos y de servicio de acuerdo con los preceptos del Código Técnico de la Edificación.

3. RESULTADOS

A través de este proceso se consigue que los alumnos se involucren en la tarea de diseñar una estructura real, y con ello se inicien en el quehacer diario de un ingeniero de estructuras.

Así conocen desde la primera visita las necesidades funcionales de la estructura que se diseña, además del conocimiento de las tecnologías en desarrollo. Con ello toman conciencia de la importancia de las distintas acciones a considerar, así como de los estados límites a comprobar.

Esta parte es básica en el conocimiento del profesional de las estructuras y habitualmente pasa desapercibida en los programas educativos, dándose el caso de que el alumno termina teniendo el conocimiento de múltiples herramientas de cálculo para resolver multitud de problemas, que en el momento de afrontarlos no es capaz de identificar.

Es la respuesta a la más que clarificadora pregunta ¿y aquí qué se calcula?

También se le muestran al alumno las limitaciones del diseño, no todo es válido, y para eso es determinante la segunda visita en la que los alumnos conocen el proceso de fabricación y con ello sus limitaciones. Además esa visita y lo que en ella aprenden les permite conocer e intuir el comportamiento estructural de los distintos elementos y de las distintas uniones.

Pero sin duda la parte más decisiva es el trabajo tutorado, porque para aprender a resolver un problema no hay nada más efectivo que enfrentarse a él.

Es en esta parte en la que los alumnos toman las riendas y realizan un modelo de cálculo de la estructura a analizar. Para ello se les ha facilitado los planos de taller de la misma y se enfrentan al problema de pasar de la realidad al modelo.

Lógicamente las dificultades son innumerables y la colaboración del profesor en esta parte les permite solventar la mayoría de los problemas, pero lo realmente importante de ésta fase es que el alumno tome conciencia de la existencia de esas dificultades y al menos la primera vez cuente con ayuda para afrontarlas.

El problema no termina con la confección del modelo, sino que el alumno se ve obligado a realizar las comprobaciones de funcionalidad, resistencia y estabilidad sobre los elementos de la estructura, de la misma manera que lo hizo en su día el profesional que la diseñó. (Fig. 6 y 7)

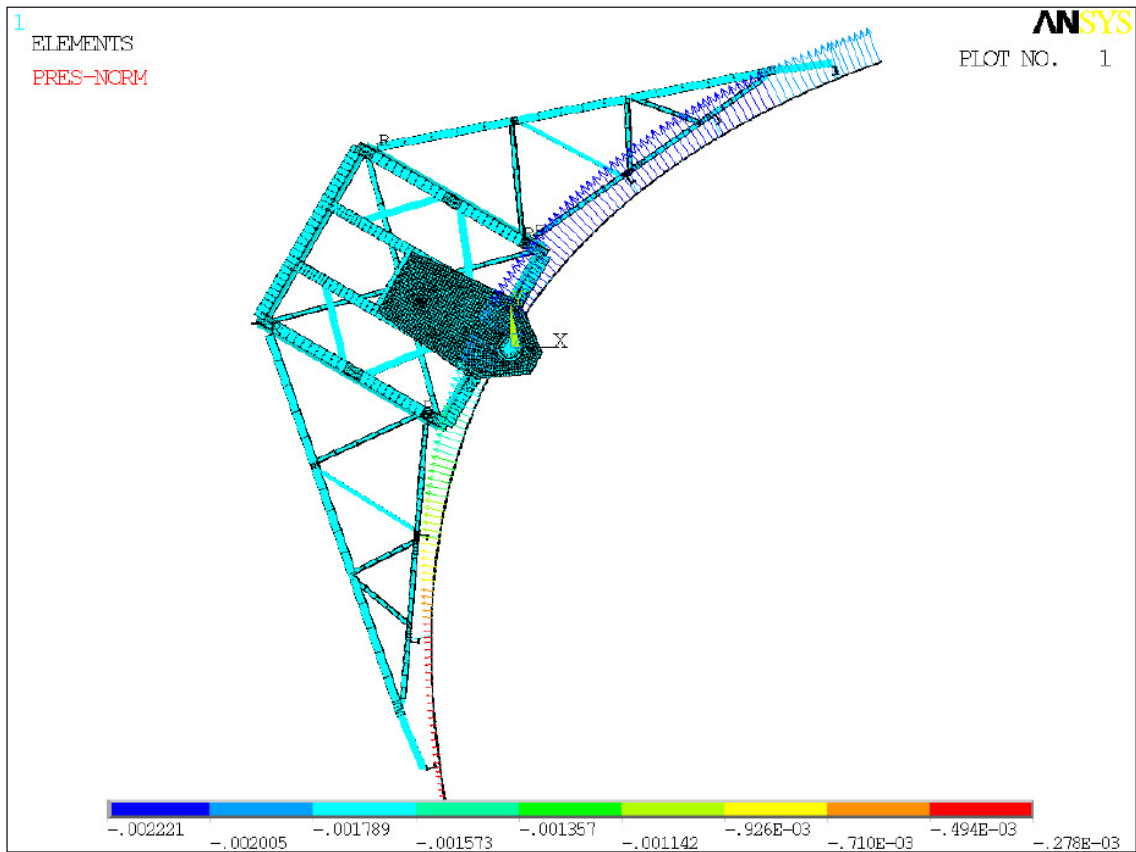


Figura 6. Presiones en el modelo de elementos finitos de barras y láminas del colector cilindro-parabólico.

Así pues el alumno ha seguido el recorrido completo de concepción y análisis de una estructura real y se le ha hecho partícipe del análisis estructural de la misma, con lo que toma contacto con la actividad del futuro profesional.

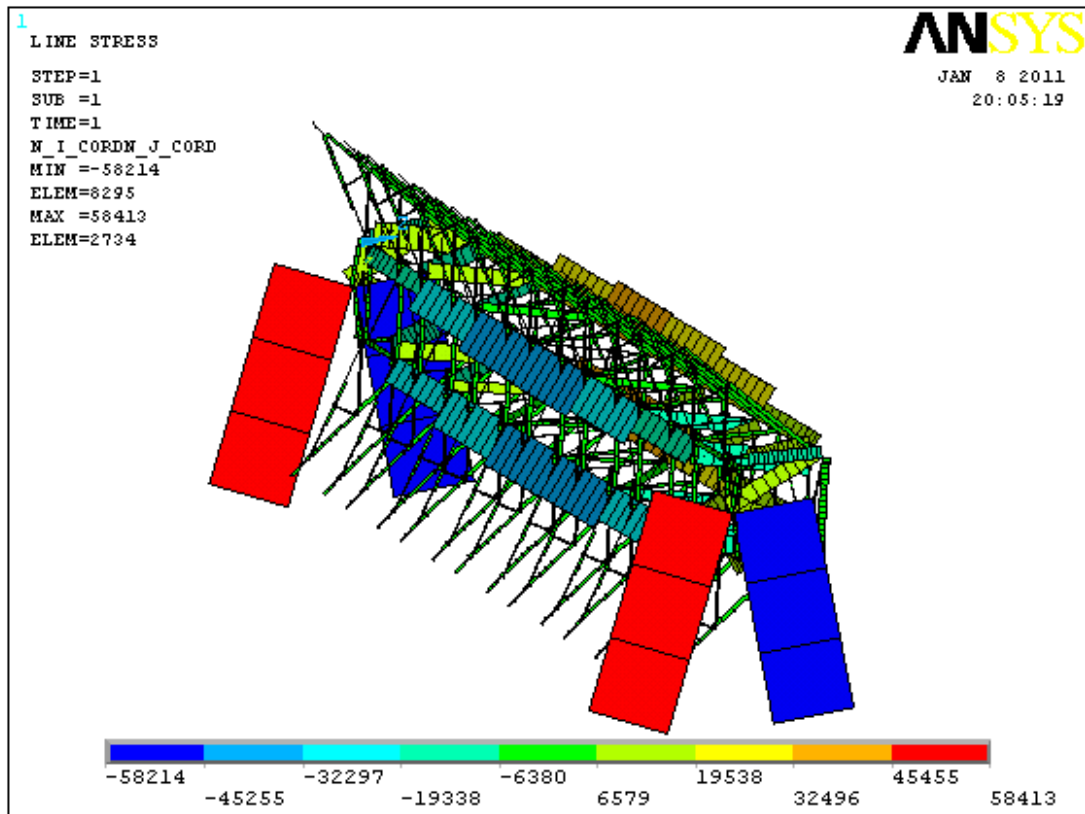


Figura 7. Axiles en el modelo de elementos finitos de barras y láminas del colector cilindro-parabólico.

4. CONCLUSIONES

En la asignatura tratada, los alumnos toman contacto con los problemas reales del diseño estructural, entendiendo que la estructura no es una cuestión independiente, sometida únicamente a los principios de la mecánica racional, sino que hay una serie de condicionantes exteriores, de tipo funcional, económico o estético que son tan importantes o más que los puramente estructurales, y que es necesario considerar.

Por otra parte, el hecho de realizar las prácticas de campo en las instalaciones de una planta singular permite que el alumno pueda observar en primera persona algunas de las tipologías estructurales y sistemas mecánicos que se estudian en clase. Esto presenta unas mejoras incuestionables en la docencia como puede ser las siguientes:

- La motivación del alumno.
- Un enfoque claramente práctico y aplicado de las materias que se ven en clase, lo cual resulta fundamental en una asignatura de tipo tecnológico de último año de la titulación.
- Se potencia la relación e interacción profesor-alumno.

La innovación y la adecuación de las metodologías docentes en el ámbito de la ingeniería de las estructuras, presentadas en este trabajo a partir de una asignatura en particular, resulta muy provechosa y oportuna en base a los resultados obtenidos comentados a lo largo del documento. Asimismo, estas actuaciones en la docencia son necesarias dentro del contexto de cambio metodológico en las enseñanzas superiores que se está produciendo a raíz del marco EEES.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Real Decreto 1044/2003 de 1 de agosto de 2003, BOE de 11 de septiembre de 2003.
2. Pagani, R. (2002). El crédito europeo y el sistema educativo español. ECTS Counsellors & Diploma Supplement Promoters, Madrid, 15 de septiembre.
3. Oñate, E (1995). *Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos: Análisis Elástico Lineal*. Barcelona: CIMNE.
4. Zienkiewicz, O. C. y Taylor, R. L. (1994). *El Método de los Elementos Finitos: Vol. 1: Formulación Básica y Problemas Lineales*. Madrid: McGraw-Hill.
5. Zienkiewicz, O. C. y Taylor R. L. (2000). *The Finite Element Method. Vol. 1: The Basis*. Nueva York: Butterworth-Heinemann.
6. Zienkiewicz, O. C. y Taylor, R. L. (2000) *The Finite Element Method. Vol. 2: Solid Mechanics*. Nueva York: Butterworth-Heinemann.
7. Ariza, M. P. y Sáez, A. (1999). *Método de los Elementos Finitos: Introducción a ANSYS*. Sevilla: Servicio de publicaciones de la Universidad de Sevilla.