



VNIVERSIDAD D SALAMANCA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

**Memoria de resultados del proyecto de
innovación ID2012/045**

**Diseño de nuevas metodologías docentes
en el laboratorio de la asignatura de
“Vibraciones Mecánicas”**

Participantes:

Carmen Blanco Herrera

Juan Carlos Pérez Cerdán

Pablo Moreno Pedráz

Vicente Hernández Ruíz

Alejandro Reveriego Martín

Diego Vergara Rodríguez

Miguel Ángel Lorenzo Fernández

Béjar, 30 de junio de 2013



Índice

1. Objeto del proyecto.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos del proyecto.....	2
2. Desarrollo del proyecto.....	2
2.1. Descripción de las actividades realizadas.....	7
2.2. Proceso de evaluación.....	9
3. Resultados.....	10
4. Conclusiones.....	11

1. Objeto del proyecto

1.1. Introducción

La implantación de los nuevos títulos universitarios dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) exige actuar en una serie de ámbitos que en pocos años han modificado de manera notable la interacción profesor/estudiante y el sistema de aprendizaje en el campo universitario. El objetivo de estas actividades es facilitar el proceso de cambio al nuevo rol tanto para los estudiantes como para los profesores universitarios. Los primeros deben asumir una actitud más activa, más allá de ser meros receptores de conocimientos, y los segundos deben cambiar de transmisores de conocimiento en clases magistrales a impulsores (incluyendo diseño, planificación y coordinación) de diversas actividades docentes que aseguren la adquisición de las competencias por los estudiantes. Estos cambios son particularmente útiles en las enseñanzas técnicas donde los estudiantes se enfrentan a los múltiples y variados problemas que engloba la ingeniería. Por tanto, conviene establecer de antemano cuáles son las metodologías didácticas y sistemas de evaluación más apropiados, o las actividades de nuevo diseño más eficaces. En particular, de la implantación de los nuevos títulos de Grado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSI) de Béjar, surge la necesidad de idear una serie de nuevas actividades que complementen la formación teórico-práctica del estudiante en diferentes disciplinas de la Ingeniería Mecánica. Dentro de este marco, en el presente proyecto se han desarrollado una serie de actividades docentes encaminadas a mejorar el aprendizaje de las diversas técnicas utilizadas en el análisis de vibraciones mecánicas y así incrementar el interés de los estudiantes por los contenidos incluidos en la asignatura "Vibraciones Mecánicas".

El diseño de las actividades docentes desarrolladas en este proyecto de innovación persigue como objetivo fundamental vencer las dificultades que los estudiantes encuentran en el aprendizaje de los contenidos de la asignatura "Vibraciones Mecánicas". En esencia, dichas dificultades se pueden resumir en dos: (i) la correcta interpretación y comprensión de los resultados del análisis de las vibraciones de un sistema mecánico o estructura, particularmente en el caso de los modos de vibración y (ii) los laboriosos y repetitivos procedimientos matemáticos utilizados en dicho análisis. De esta forma, se persigue la mejora de la comprensión de los conceptos y métodos de cálculo estudiados en el análisis de las vibraciones de un sistema mecánico o estructura mediante la combinación de los equipamientos técnicos disponibles con las ventajas que aportan en la actualidad los programas informáticos de diseño y simulación dinámica como, *i.e.*, Autodesk Inventor®, para el análisis de sistemas multicuerpo de sistemas mecánicos. De acuerdo con trabajos anteriores, la aplicación de metodologías docentes activas basadas en la adquisición de competencias con un rol activo y directo de los estudiantes proporciona una sustancial mejora del proceso de aprendizaje.

Además de ayudar a superar las dificultades de comprensión mencionadas previamente, el desarrollo de este proyecto ha supuesto una gran oportunidad para que los estudiantes se familiaricen con medios técnicos y programas informáticos propios de la ingeniería mecánica actual, habitualmente usados en el mundo industrial. También consideramos que ha supuesto una mejora del proceso de aprendizaje, por asumir los estudiantes un rol más activo, mediante la utilización de metodologías activas que facilitan, además, una evaluación basada en la adquisición de competencias.

1.2. Objetivos del proyecto

Los objetivos fundamentales de este proyecto planteados inicialmente han sido:

Conseguir:

- 1) Que el estudiante mejore la comprensión de los conceptos teóricos y procedimientos de análisis de vibraciones mecánicas en sistemas mecánicos y estructuras mediante la utilización del análisis modal haciendo uso de:
 - A) Material didáctico específicamente desarrollado con este fin.
 - B) Una serie de prácticas y actividades basadas en el sistema de medida de vibraciones del que dispone el área de Ingeniería Mecánica de la ETSII. Dicho equipo permitirá a los estudiantes validar experimentalmente con dicho equipo los resultados obtenidos en las simulaciones numéricas, utilizando diversos modelos de estructuras y sistemas mecánicos.
- 2) Que el estudiante se familiarice con medios técnicos y de medida propios de una ingeniería actual.
- 3) Que la participación activa del estudiante aumente su motivación y mejore el proceso de aprendizaje

A partir de los resultados de la aplicación de las actividades docentes desarrolladas este año, dentro del ámbito de este proyecto de innovación docente sobre los estudiantes matriculados en la asignatura de Dinámica Estructural del segundo ciclo de Ingeniería Industrial de la ETSII, se puede considerar que la consecución de los objetivos propuestos en este proyecto ha sido la siguiente:

El objetivo 1, la mejora de la comprensión de los conceptos teóricos y procedimientos de análisis que abarca el estudio mecánico de vibraciones, se ha conseguido satisfactoriamente tal como han revelado los resultados de la evaluación continua realizada mediante las actividades desarrolladas en las que se han utilizado diversos materiales didácticos específicamente elaborados.

En cuanto al objetivo 2, se ha conseguido plenamente puesto que las diversas actividades desarrolladas han permitido a los alumnos trabajar directamente con el equipo de análisis de vibraciones RION VA-11 del que dispone la ETSII aplicado en la estructura construida. La implantación de estas actividades docentes ha supuesto un notable aumento del interés y motivación de los estudiantes por los contenidos de la asignatura Vibraciones Mecánicas tal como refleja finalmente la tasa de éxito como indicador objetivo del nivel del aprendizaje por los estudiantes. Por este motivo, se considera que el objetivo 3 de este proyecto también se ha cumplido satisfactoriamente.

2. Desarrollo del proyecto

Se ha desarrollado material propio y se han ideado y programado actividades cuya realización sea factible de acuerdo con el grado de formación de los estudiantes, y que aseguren la consecución de las competencias específicas y transversales asignadas a la asignatura de Vibraciones Mecánicas en el título de Grado en Ingeniería Mecánica:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organización y planificación
- Resolución de problemas.
- Trabajo en equipo

- Conocimiento y capacidades para el cálculo de vibraciones en máquinas y/o estructuras.

Más concretamente, con propósito de alcanzar los objetivos enumerados anteriormente, las actividades desarrolladas se centraron en los siguientes campos:

- Análisis modal de vibraciones en sistemas con múltiples grados de libertad.
- Análisis experimental de vibraciones en sistemas mecánicos y/o estructuras. En la realización práctica de esta última actividad se utilizará el sistema de medida de vibraciones modelo RION VA-11 existente en la ETSII.

Para la consecución de los objetivos propuestos, se consideró necesario el desarrollo de las siguientes actuaciones, ordenadas por fases y que han sido ejecutadas de acuerdo con el calendario de ejecución establecido inicialmente en el proyecto:

Fase I y II) Adquirir los componentes necesarios para la realización de las actividades y creación de los materiales docentes. Construcción de los modelos de sistemas mecánicos y estructuras para la realización de las prácticas de medida de vibraciones/ Validación de los resultados obtenidos en los cálculos teóricos.

La ETSII dispone en la actualidad de un sistema de medida de vibraciones modelo RION VA-11 (Fig. 1). Se trata de la parte fundamental del equipo para el desarrollo del proyecto. Sin embargo, la realización de las actividades previstas ha precisado de la adquisición de material específico complementario. Se trata de la creación de un modelo a escala de una estructura por medio del mecanizado de diversas piezas que permiten, al ser ensambladas, reproducir el comportamiento de una estructura simplificada semejante a la del sistema de masas distribuidas planteado en el desarrollo teórico.



Fig. 1. Equipo de análisis de vibraciones RION VA-11.

Sobre cualquiera de los dos sistemas es posible realizar un ensayo de impacto estático mediante la aplicación de un golpe de tipo impulso sobre la estructura o sistema con múltiples grados de libertad con el fin de obtener con el acelerómetro del equipo de análisis de vibraciones RION VA-11 una señal que representa la oscilación del sistema sometido a dicha sollicitación. De esta forma se obtiene una validación experimental de

los resultados del análisis modal de sistemas con múltiples grados de libertad previamente obtenidos con programas de simulación de sistemas mecánicos.

Para la realización de esta fase se han diseñado dos tipologías de estructuras que permiten dos enfoques docentes claramente diferenciados. La primera de ellas consiste en un modelo a escala de una estructura 3D de un edificio de 5 plantas (Fig. 2a) formado por una serie de barras unidas entre sí mediante soldadura dando lugar a una estructura reticular. Este modelo permite a los estudiantes realizar una práctica en la que se analiza la oscilación de un sistema similar a una estructura real, tal como se describirá posteriormente. Por otro lado, el segundo consiste en un equipo modular de análisis de vibraciones (Fig. 2b). Este equipo está formado por un conjunto de piezas, denominadas masas (Fig. 3a), que se unen entre sí mediante varillas (Fig. 3b), que montadas de diversas formas en un soporte (Fig. 3c) dan lugar a una estructura similar al diagrama de masas distribuidas de un sistema mecánico concreto analizado teóricamente como paso previo a la obtención de las ecuaciones de movimiento del sistema.

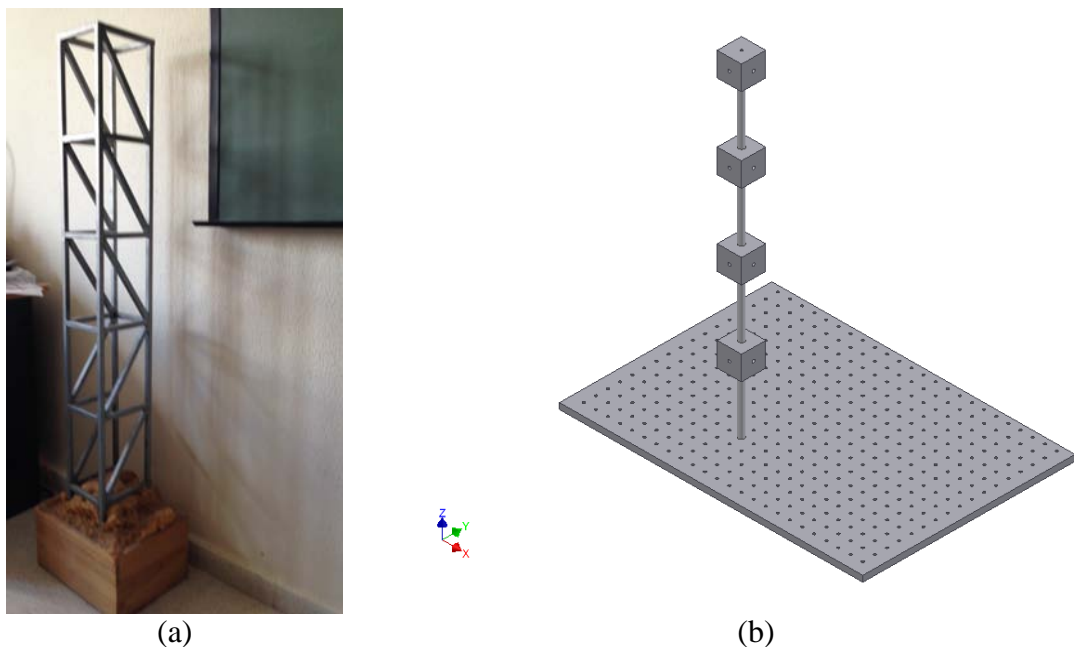


Fig. 2. (a) Modelo de una estructura de un edificio de 5 plantas y (b) equipo modular de análisis de vibraciones.

De esta forma se han diseñado tres tipos de piezas:

- (i) base o soporte, donde irá alojado el sistema mecánico (Fig. 3c): está formado por una placa de dimensiones 500x400 mm y espesor 12 mm con una serie de agujeros dispuestos formando una cuadrícula espaciada 20 cm en las dos direcciones del plano XY.
- (ii) las masas que representan la inercia del sistema al movimiento producido por la vibración (Fig. 3a), formadas por un cubo de 40 mm de lado con agujeros roscados en el centro de cada una de sus caras.
- (iii) las varillas (Fig. 3b), que sirven para conectar y mantener unidas las diferentes masas y representan la rigidez de los elementos de unión de la estructura. Son barras de diámetro 12 mm con los extremos roscados.

La geometría de cada una de estas piezas es muy sencilla con el fin de que los valores de las masas y de los momentos de inercia puedan ser calculados sin necesidad de operaciones complejas o muy laboriosas. Una forma alternativa para obtener los valores de dichos parámetros es a través del modelado con Autodesk Inventor de dichas piezas.

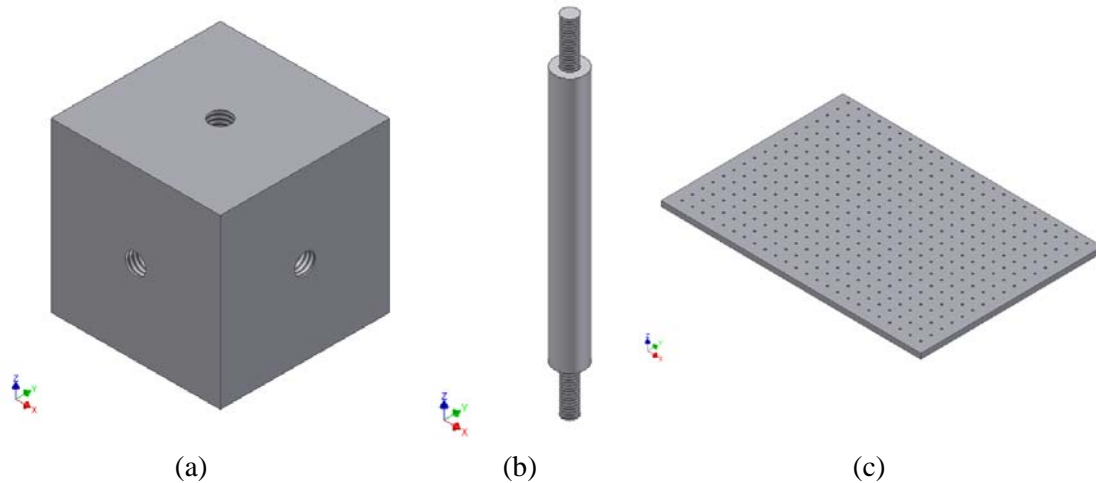


Fig. 3. Piezas que componen el equipo modular de análisis de vibraciones, (a) base, (b) varillas y (c) masas.

La aportación económica de este proyecto sólo ha permitido el mecanizado del soporte, 4 masas y 10 varillas. No obstante, el equipo de análisis modular de vibraciones permite ser ampliado simplemente utilizando otras piezas "masa" con diferentes dimensiones así como mediante el uso de otras varillas en las que se modifique alguno de los parámetros que determinan su rigidez: su longitud (siempre múltiplos del espaciado de la rejilla de la base, 20mm) o su sección transversal (Fig. 4). De esta forma los estudiantes pueden comprobar de primera mano durante la práctica la influencia de dichos parámetros en las oscilaciones del sistema analizado.

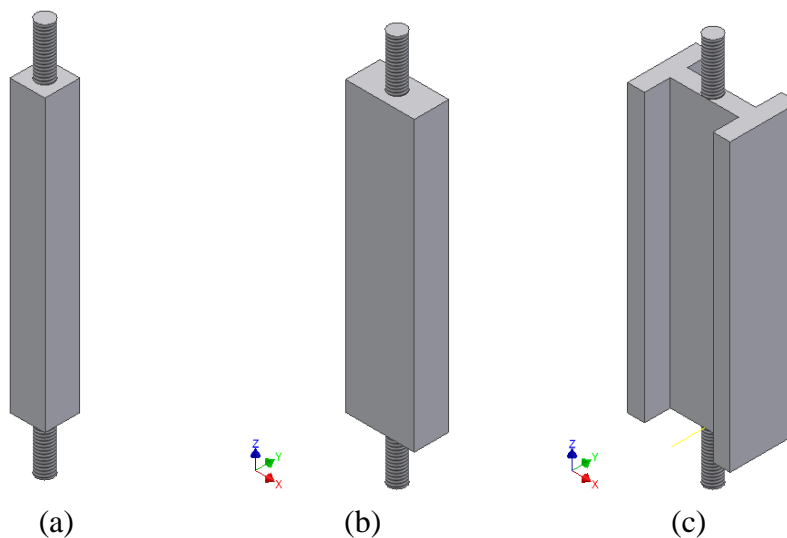


Fig. 4. Ejemplos de las geometrías de las varillas propuestas como ampliación de este proyecto, (a) sección cuadrada, (b) sección rectangular y (c) sección perfil estructural.

El diseño modular del equipo aporta una versatilidad muy interesante desde el punto de vista docente puesto que con las 4 masas y las 10 varillas mecanizadas es posible analizar con este equipo al menos 13 configuraciones diferentes de edificios/estructuras tal como se puede ver en la Fig. 5 considerando configuraciones planas sobre un plano vertical. El número de configuraciones de estructuras puede ser aun mayor considerando estructuras distribuidas horizontalmente como la representada en la Fig. 6.

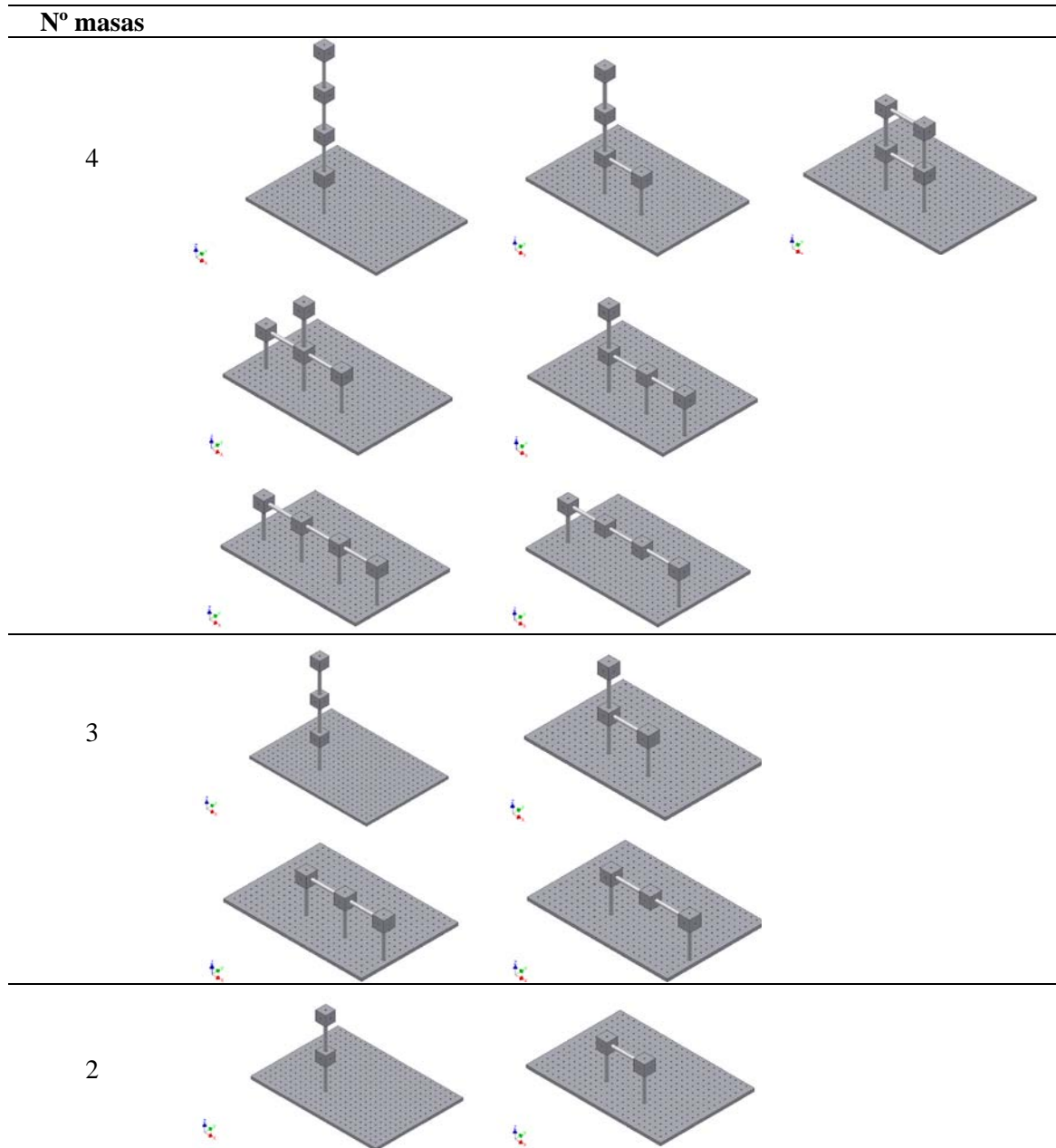


Fig. 5. Algunas de las configuraciones posibles de estructuras distribuidas sobre un plano vertical sin considerar masas en voladizo.

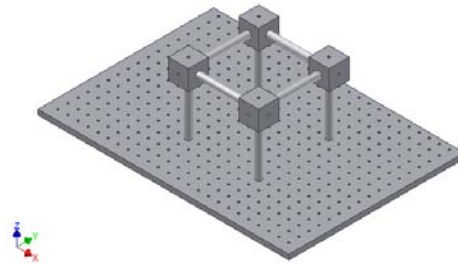


Fig. 6. Una de las configuraciones posibles de estructuras distribuidas sobre un plano horizontal.

Fase III) Puesta en marcha de las prácticas y actividades docentes en la asignatura de Vibraciones de 4º curso de la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica.

En el presente curso académico se oferta por primera vez la asignatura de Vibraciones Mecánicas como optativa de 4º curso. Sin embargo, el número de estudiantes matriculados este año no es representativo ya que, al haberse implantado simultáneamente los cursos de 3º y 4º en el Grado en Ingeniería Mecánica, la mayoría de los estudiantes cursan 3º.

No obstante, tal como demuestra la alta demanda -33 estudiantes matriculados- de una asignatura equivalente, "Dinámica Estructural" del 2º ciclo de Ingeniería Industrial, esta situación previsiblemente cambiará en años sucesivos, estimando que las prácticas y actividades propuestas puedan ser seguidas por 15 estudiantes.

Fase IV y V) Cuantificar la mejora del aprendizaje conseguida con la realización de las actividades docentes desarrolladas en las fases I, II, y III, introduciendo nuevos sistemas de evaluación basados en competencias/ Realizar encuestas de satisfacción de los estudiantes.

Las encuestas de satisfacción realizadas a los estudiantes han validado la utilidad del enfoque didáctico planteado dentro del ámbito de este proyecto de innovación docente.

2.1. Descripción de las actividades realizadas

Las diversas actividades docentes propuestas se han desarrollado de acuerdo con los formatos establecidos: clases magistrales, clases de problemas, prácticas de laboratorio, seminarios y un examen de evaluación final o, alternativamente, la defensa de un trabajo desarrollado durante la última parte del semestre en el que los estudiantes demuestren individualmente la adquisición de las competencias de la asignatura. Cada una de las actividades propuestas permite adaptar de los contenidos a la formación académica del estudiante al tiempo que se complementan entre sí, resolviendo las más comunes y habituales dificultades de aprendizaje que han sido observadas durante los años de experiencia docente de los participantes en este proyecto. A continuación, se discuten de forma breve las actividades docentes especialmente enfocadas a promover la participación activa de los estudiantes (prácticas de laboratorio).

Los seminarios son aquellas actividades, que proporcionan a los estudiantes una formación complementaria de los contenidos de la asignatura, *i.e.*, en el uso de las diversas aplicaciones informáticas tales como Mathematica®. La utilización de dichas

aplicaciones informáticas favorece el auto-aprendizaje de los estudiantes. La finalidad de esta actividad es llevar a cabo, con la aplicación desarrollada en Mathematica® por los participantes de este proyecto, el análisis de las vibraciones de sistemas con múltiples grados de libertad aplicando el Análisis Modal. De esta forma, los estudiantes pueden descubrir cómo dicho análisis se puede generalizar en problemas más complejos en los que se consideran más variables.

Las prácticas de laboratorio representan el primer contacto físico con un equipo de análisis de vibraciones, y permiten la visualización directa y comprobación de los resultados obtenidos mediante el análisis modal del sistema utilizando diversas herramientas informáticas (Mathematica®, Inventor®). Estas actividades se desarrollan en grupos pequeños de 15 estudiantes que, a su vez, son divididos en cinco subgrupos durante la clase práctica. A continuación se describe de forma más detallada cada una de dichas prácticas:

- **Práctica 1: Determinación de los modos de vibración de un sistema con un único grado de libertad (SDOF)**

En esta práctica los estudiantes deben montar sobre el equipo modular de análisis de vibraciones un sistema con un único grado de libertad formado por una única masa unida al soporte por una varilla. Una vez ensamblado el conjunto, se aplica una fuerza de tipo impulso a la masa produciéndole a ésta un desplazamiento que es recibido por el acelerómetro, situado en una posición opuesta a la zona de impacto. Dicho desplazamiento es representado en la pantalla del equipo analizador. Por tratarse de un sistema real con rozamiento, la respuesta del sistema es amortiguada. De esta forma, modificando la rigidez, i.e., colocando varillas con diferente sección transversal o longitud, los estudiantes pueden determinar con esta práctica el tipo de amortiguamiento del sistema en función del valor de la constante de amortiguamiento. Esta constante debe obtenerse previamente de forma indirecta a través de la envolvente del decaimiento de la señal recibida utilizando el método del decremento logarítmico, tomando medidas en distintos instantes de tal forma que coincidan con el periodo de la oscilación.

Posteriormente, los estudiantes deben analizar la respuesta del sistema, determinando a partir de ella la frecuencia natural del sistema y los modos de vibración en las direcciones longitudinal y transversal de la base. En esta práctica el uso de diferentes masas y diferentes geometrías de varillas permitiría al alumnado comprobar la relación deducida en la teoría entre la masa y la rigidez para determinar la frecuencia natural del sistema.

Esta práctica se desarrolla al finalizar el primer tema de la asignatura, cuando los estudiantes tienen un conocimiento general del análisis de la oscilación libre de un grado de libertad (SDOF).

- **Práctica 2: Determinación de los modos de vibración de un sistema con múltiples grados de libertad (MDOF).**

En esta práctica los estudiantes deben ensamblar en la base una estructura equivalente a un sistema de masas distribuidas de un edificio de dos plantas (cf. Fig. 3). Este problema se resuelve tanto de forma analítica en clase como mediante el análisis modal utilizando el programa Mathematica® para su resolución en un seminario anterior. Una vez construido el modelo de la estructura, los estudiantes deben aplicar una carga de tipo impulso y obtener la respuesta del sistema con el analizador de vibraciones. A partir de esta respuesta es posible determinar

cuantitativamente las frecuencias naturales, los modos de vibración y los desplazamientos de cada una de las masas. Una vez obtenidos estos parámetros, el alumno debe compararlos con los resultados analíticos obtenidos con el programa Mathematica® y verificar el grado de exactitud de la medida realizada.

Esta práctica se puede ampliar partiendo del equipo realizado con este proyecto simplemente montando una nueva estructura con otras masas y otros elementos de unión y verificar el efecto que, sobre las oscilaciones del sistema tienen tanto la masa como la rigidez.

Otra ampliación consiste en generalizar el análisis de vibraciones aplicando cargas de tipo sinusoidal con el fin de obtener la respuesta del sistema ante sollicitaciones similares a las producidas en un sismo o en un componente de maquina desajustado sometido a fatiga. Esto supondría introducir un motor eléctrico y un sistema de control tanto de la intensidad del golpe del martillo como de su frecuencia. Lamentablemente esto se sitúa fuera de los objetivos de este proyecto pero se plantea como trabajo futuro.

Esta práctica se realiza al final del tema 2 y siempre después de efectuar el análisis modal con Mathematica® con el fin de tener las nociones básicas para la obtención de la rigidez y de las inercias.

- **Práctica 3: Obtención de las componentes de la matriz respuesta espectral de un sistema con múltiples grados de libertad**

En esta práctica, los estudiantes deben construir la matriz respuesta espectral de un sistema mecánico/estructura a partir de las diferentes señales que se obtienen al aplicar una carga de tipo impacto a una de las masas y obtener los desplazamientos producidos en cada una de las masas restantes una a una. Posteriormente, los estudiantes deben compararla con la obtenida en el cálculo realizado con Mathematica® a partir de la aplicación del análisis modal a dicha estructura. En la realización de esta práctica se utilizan tanto el modelo de la estructura de 5 plantas como el equipo modular de análisis de vibraciones.

- **Práctica 4: Comprobación experimental de las vibraciones de un sistema con múltiples grados de libertad.**

A los estudiantes se les ofrece la posibilidad de superar la asignatura mediante el análisis modal de un sistema mecánico o estructura con MDOF. Este trabajo debe incluir, por un lado, el análisis teórico de las vibraciones utilizando el análisis modal implementado en Mathematica® y su posterior validación con el equipo modular de análisis de vibraciones, tanto de las frecuencias naturales como los modos de vibración y desplazamientos. Algunos ejemplos de los sistemas desarrollados por los estudiantes en el curso pasado son los siguientes: aerogenerador, torno, helicóptero, tren, puente, robot, avión, puente grúa, diversas configuraciones de edificios, etc.

2.2. Proceso de evaluación

Lógicamente, el cambio metodológico ha abarcado también cambios en el proceso de evaluación. Para ello, se han introducido componentes en la evaluación que den cuenta del trabajo y logros del estudiante en relación con las actividades desarrolladas (dentro de un sistema de evaluación continua), y que contribuyan a motivar e incentivar su participación activa. La evaluación de las competencias adquiridas por el estudiante se

ha realizado a través de la práctica de las actividades propuestas de la forma que se indica en el apartado resultados del proyecto.

La evaluación de las actividades que garantizan la adquisición de las competencias establecidas se ha planeado a partir de la siguiente consideración: aplicar un sistema de evaluación continua que favorezca e incentive el estudio progresivo de los estudiantes durante el desarrollo de la asignatura. Teniendo en cuenta este planteamiento general, se ha considerado un sistema de evaluación de las actividades de la siguiente forma:

- **Prácticas.** Para superar la asignatura es obligatorio realizar todas las prácticas y entregar un informe de cada una de ellas a lo largo del semestre. El peso de estas actividades en la evaluación final es del 15%.
- **Evaluación final.** Se considera que está constituida por dos opciones entre las que el estudiante puede elegir antes del primer tercio del semestre. La primera opción es un examen escrito convencional en el que los estudiantes demuestren la adquisición de las competencias propias de la asignatura a través del análisis de vibraciones de un sistema mecánico o estructura de similar dificultad que los problemas de análisis resueltos en clase. En la segunda opción los estudiantes deben realizar un trabajo que incluye el análisis de las vibraciones de un sistema mecánico o estructural con la ayuda de las aplicaciones informáticas Mathematica® e Inventor® bajo la supervisión del profesor y su posterior validación con el equipo modular de análisis de vibraciones. La evaluación de dicho trabajo se realiza a través de los contenidos de la memoria del mismo y de su defensa por medio de una breve exposición (10 min.). En ambas opciones las pruebas propuestas permiten determinar el conocimiento global de la asignatura, el grado de aprendizaje de sus contenidos y la adquisición de las competencias propias de la asignatura. Por este motivo esta prueba es la que cuenta con un mayor peso en la nota final (85%). Los estudiantes deben obtener una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 para superar la asignatura.

3. Resultados

Los resultados obtenidos de las actividades propuestas incluidas en este trabajo han sido:

- Facilitar la adquisición de las competencias tanto específicas como transversales propias de la asignatura de Vibraciones Mecánicas.
- Posibilidad de realizar el análisis de vibraciones experimental y comparar con los resultados numéricos en sistemas estructurales o mecánicos con múltiples grados de libertad que representan casos reales y cuya solución analítica resulta inabordable desde un planteamiento tradicional basado en clases magistrales.
- Poner en contacto directo a los estudiantes con un problema aplicado de ingeniería industrial en todas las etapas de un proceso de análisis de vibraciones mecánicas: obtención de información sobre el mecanismo o estructura, cálculo de las masas en las que se descompone el sistema mecánico o estructura y de las rigideces de los elementos de unión, aplicación del análisis modal con un programa de cálculo avanzado, interpretación de resultados, simulación de las vibraciones del sistema

con MEF, validación de resultados mediante el análisis experimental con el equipo RION VA-11 sobre diversos modelos de estructuras y sistemas mecánicos.

- Facilitar la comprensión de los conceptos teóricos y de los procedimientos de cálculo mediante la visualización *in situ* de los movimientos de un sistema mecánico o estructura en función de sus modos de vibración.
- Mejorar la interpretación de los resultados teóricos del análisis modal de un sistema estructural o mecánico.
- Fomentar en el estudiante su nuevo rol en el proceso de enseñanza/aprendizaje en el marco del EEES.
- Facilitar al estudiante el proceso de aprendizaje y fomentar el autoaprendizaje mediante la realización de las actividades.
- Aumentar la motivación del alumnado en el seguimiento de la asignatura.

4. Conclusiones

Dentro del nuevo marco común europeo de la educación superior (EEES) establecido por el tratado de Bolonia, se han desarrollado una serie de actividades docentes aplicadas a la enseñanza de la asignatura "Vibraciones Mecánicas" (materia impartida en el Grado en Ingeniería Mecánica como asignatura optativa del último curso) con el fin de superar los problemas que tradicionalmente han estado asociados con el aprendizaje del alumno, facilitando dicho proceso durante el desarrollo de la asignatura. Los resultados reales de estas actividades no se desvelarán hasta la llegada de la primera promoción del grado de Ingeniería Mecánica al 4º curso en el próximo curso académico 2013/2014. Sin embargo, estas actividades ya han sido puestas en práctica en la titulación de Ingeniería Industrial durante el curso 2012/2013, durante el desarrollo de este proyecto de innovación docente, mostrando resultados prometedores, aumentando la motivación del estudiante, su participación activa, su interés por los contenidos de la asignatura y, consecuentemente, mejorando el proceso de aprendizaje. La evaluación continua ha facilitado la adquisición de competencias con un incremento en la tasa de éxito de la asignatura.