

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 14/07/2022**Análisis Modal y Detección de  
Defectos (M63/56/1/1)****Máster**

Máster Universitario en Estructuras

**MÓDULO**

Módulo Fundamental: Calidad y Daño

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

<b>Semestre</b>	Segundo	<b>Créditos</b>	3.60	<b>Tipo</b>	Optativa	<b>Tipo de enseñanza</b>	Presencial
-----------------	---------	-----------------	------	-------------	----------	--------------------------	------------

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Se recomienda haber cursado las asignaturas:

- Procesos estocásticos.
- Dinámica de Estructuras.
- Mecánica Computacional I: Elementos Finitos.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)**

## 1. Análisis modal

1. Análisis modal teórico y experimental.
2. Análisis en frecuencia de señales vibratorias.
3. Métodos de ajuste de parámetros.
4. Validación de los modelos.
5. Uso de los parámetros modales.
6. Instrumentación y montajes para el análisis modal.
7. Aspectos prácticos del análisis modal experimental.
8. Práctica de análisis modal experimental de una estructura simple



## 2. Análisis modal operacional (OMA)

1. Diferencias entre análisis modal experimental y operacional.
2. Identificación de sistemas estructurales mediante OMA.
3. Actualización de modelos basados en Elementos Finitos.
4. Detección de daño estructural basado en OMA.
5. Ejemplo de aplicación práctica de análisis modal operacional.

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Comprender la naturaleza probabilista tanto de cargas como resistencia estructural y de la influencia de esta realidad en el diseño estructural
- CG02 - Manejar herramientas avanzadas para el análisis computacional, incluyendo técnicas de optimización de ayuda al diseño
- CG03 - Calcular la respuesta dinámica de las estructuras, comprender la naturaleza de las cargas sísmicas a las que están sometidas y utilizar metodologías avanzadas de diseño
- CG04 - Realizar estudios dinámicos experimentales de las estructuras e interacción entre la existencia de daño y su respuesta
- CG05 - Aplicar métodos avanzados para el análisis y diseño de estructuras metálicas y de hormigón armado

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE03 - Conocer y emplear técnicas y algoritmos para la optimización de problemas complejos.



- CE07 - Conocer los fundamentos de la dinámica estructural y emplear técnicas de análisis para sistemas simples y complejos ante diferentes tipos de carga.
- CE09 - Conocer y emplear las técnicas de caracterización y evaluación de las fuentes de excitación dinámica sobre estructuras.
- CE11 - Aplicar los modelos de daño y evaluar la influencia de dicho daño en la respuesta estructural.
- CE12 - Conocer y emplear técnicas de identificación de parámetros y daño estructural.
- CE18 - Conocer y ser capaz de seleccionar técnicas de laboratorio para medidas experimentales en estructuras.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- Análisis modal teórico y experimental.
- Análisis en frecuencia de señales vibratorias.
- Métodos de ajuste de parámetros.
- Validación de los modelos.
- Uso de los parámetros modales.
- Instrumentación y montajes para el análisis modal.
- Aspectos prácticos del análisis modal experimental.
- Diferencias entre análisis modal experimental (AME) y operacional (OMA).
- Identificación de sistemas estructurales mediante OMA.
- Actualización de modelos basados en Elementos Finitos.
- Detección de daño estructural basado en OMA.

El alumno será capaz de:

- Realizar un análisis modal experimental de una estructura simple.
- Aplicar el análisis modal operacional a un sistema simple.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Tema 1. Introducción: Análisis modal dentro del marco del mantenimiento de la salud estructural.
- Tema 2. Fuentes de deterioro, patologías estructurales, y tecnologías de monitorización.
- Tema 3. Procesamiento de señales.
- Tema 4. Análisis modal experimental.
- Tema 5. Análisis modal operacional.
- Tema 6. Identificación del daño estructural.

### PRÁCTICO

- Taller 1: Procesamiento de señales e identificación dinámica.
- Práctica: Test de vibración ambiental.



- Taller 2: Detección de daño basado en OMA continuo.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Farrar, Charles R., & Keith Worden. Structural health monitoring: a machine learning perspective. John Wiley & Sons, 2012.
- Woodson, R. D. (2009). Concrete structures: protection, repair and rehabilitation. Butterworth-Heinemann.
- Ewins, D. J., Modal Testing: Theory, Practice and Application (2ª Ed.), Research Studies Press, 2000.
- Brincker, R., & Ventura, C. (2015). Introduction to operational modal analysis. John Wiley & Sons.
- Wenzel, H., Health Monitoring of Bridges, 2009, Wiley.
- Peeters, B., System Identification and Damage Detection in Civil Engineering, PhD thesis, Department of Civil Engineering, K.U. Leuven, Belgium, December 2000.
- Wang, M. L., Lynch, J. P., & Sohn, H. (Eds.). (2014). Sensor technologies for civil infrastructures, volume 2: Applications in Structural Health Monitoring. Elsevier.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Chen, Hua-Peng. Structural health monitoring of large civil engineering structures. John Wiley & Sons, 2018.
- Magalhães, Filipe, & Alvaro Cunha. Explaining operational modal analysis with data from an arch bridge. Mechanical Systems and Signal Processing 25.5 (2011): 1431-1450.
- Van Overschee, Peter, & B. L. De Moor. Subspace identification for linear systems: Theory—Implementation—Applications. Springer Science & Business Media, 2012.
- Rainieri, Carlo, & Giovanni Fabbrocino. Operational modal analysis of civil engineering structures. Springer, New York 142 (2014): 143.
- Doebling, S. W., Farrar, C. R., Prime, M. B., & Shevitz, D. W. (1996). Damage identification and health monitoring of structural and mechanical systems from changes in their vibration characteristics: a literature review (No. LA-13070-MS). Los Alamos National Lab., NM (United States).
- Ubertini, F., Gentile, C., & Materazzi, A. L. (2013). Automated modal identification in operational conditions and its application to bridges. Engineering Structures, 46, 264-278.

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD04 Prácticas de laboratorio o clínicas
- MD06 Ejercicios de simulación
- MD09 Realización de trabajos individuales

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la



## calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

Se efectuará por tanto una evaluación continua a través de la realización de un trabajo individual. Dicho trabajo deberá incluir cuatro bloques diferenciados:

- Descripción y análisis de los resultados obtenidos en el primer taller práctico.
- Descripción y análisis de los resultados obtenidos en el segundo taller práctico.
- Descripción y análisis de los resultados obtenidos en la práctica de laboratorio.
- Trabajo de investigación libre o análisis crítico de una publicación científica actual en el ámbito de la aplicación de técnicas de análisis modal para la detección de daño en estructuras.

Al final del curso los alumnos deberán presentar su trabajo a los profesores y al resto de compañeros en un tiempo limitado, seguido de una breve ronda de preguntas.

La evaluación del curso se efectuará de la siguiente forma:

#### SE1: Asistencia y participación en clase.

- Descripción: Durante las clases se harán preguntas a los alumnos para comprobar el seguimiento de la materia y el estudio previo de los contenidos explicados en clases anteriores. Asimismo, se propondrán ejercicios relacionados con los contenidos teórico-prácticos explicados durante las clases.
- Criterios de evaluación: se preguntará en forma aleatoria durante las clases o se evaluarán los ejercicios propuestos entregados. Asimismo, se evaluará el desarrollo continuado de los trabajos individuales durante la tutorización de estos.
- Porcentaje sobre la calificación final: 10%.

#### SE2: Memoria justificativa del trabajo desarrollado.

- Descripción: Documento en formato digital que los estudiantes deberán enviar por correo electrónico a los profesores de la asignatura. La memoria deberá incluir los cuatro bloques indicados arriba.
- Criterios de evaluación: Se valorará la claridad y calidad del documento, así como la capacidad crítica de los alumnos para analizar y valorar los resultados obtenidos. Asimismo, atendiendo a las competencias básicas, generales, y específicas indicadas al comienzo de esta guía, se evaluará la madurez y capacidad crítica del alumno para el análisis de un artículo científico reciente, destacando limitaciones, deficiencias o mejoras que pudiera detectar.
- Porcentaje sobre la calificación final: 40%.

#### SE3: Presentación y defensa del trabajo desarrollado.

- Descripción: Presentación de los trabajos desarrollados con el apoyo de diapositivas,



- seguido de una breve ronda de preguntas por parte de los profesores y compañeros.
- Criterios de evaluación: Se valorará la calidad de la presentación y diapositivas empleadas, capacidad de síntesis, y dominio de la materia.
  - Porcentaje sobre la calificación final: 50%.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. Dicha convocatoria extraordinaria consistirá en un examen teórico/práctico consistente en preguntas de respuesta múltiple y de desarrollo breve. La nota obtenida en dicho examen supondrá el 100% de la calificación final en convocatoria extraordinaria, desestimándose las tareas que el alumno hubiera podido desempeñar en los ítems de evaluación continua SE1, SE2, y SE3 descritos anteriormente.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas. Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en un examen teórico/práctico consistente en preguntas de respuesta múltiple y de desarrollo breve. La nota obtenida en dicho examen supone el 100% de la calificación final.

