

Guía docente de la asignatura

**Vibraciones de Sistemas  
Continuos (M63/56/1/13)**Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 14/07/2023**Máster**

Máster Universitario en Estructuras

**MÓDULO**

Módulo Aplicado: Sísmica y Dinámica Estructural

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Segundo

**Créditos**

3.60

**Tipo**

Optativa

**Tipo de  
enseñanza**

Presencial

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Se recomienda tener cursadas asignaturas básicas de formación matemática en ecuaciones diferenciales ordinarias y programación básica (Python, Fortran, C, C++, etc). Asimismo, se recomienda tener cursadas asignaturas de resistencia de materiales y elasticidad.

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

Se presenta un tratamiento analítico (exacto) de las vibraciones en sistemas de masa y elasticidad distribuida, cuyos ejemplos más representativos son, por orden de dificultad creciente, los cables, vigas, membranas, placas y sólidos.

Se presentan los métodos clásicos (newtonianos) para formular las ecuaciones diferenciales del movimiento y, a continuación, la metodología unificada o lagrangiana. Se resolverán ejemplos ilustrativos, propios de la ingeniería civil, mediante desarrollo manual y también empleando códigos numéricos y simbólicos basados en Python, C++, Matemática y Matlab.

Como caso práctico de aplicación en ingeniería, se profundizará en el estudio de acciones dinámicas en puentes de ferrocarril de alta velocidad.



## 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

- CE07 - Conocer los fundamentos de la dinámica estructural y emplear técnicas de análisis para sistemas simples y complejos ante diferentes tipos de carga.
- CE08 - Aplicar la dinámica estructural al cálculo y proyecto de estructuras sometidas a cargas dinámicas.
- CE09 - Conocer y emplear las técnicas de caracterización y evaluación de las fuentes de excitación dinámica sobre estructuras.
- CE14 - Conocer y emplear modelos de comportamiento avanzados de las estructuras de acero.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno conocerá y comprenderá:

- Planteamientos clásico y variacional de los problemas vibratorios en sistemas continuos.



- Método de separación de variables. Ecuaciones diferenciales ordinarias en problemas vibratorios. Concepto de Funcional. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Formulación unificada.
- Resolución numérica aproximada de problemas vibratorios: métodos de Ritz y Galerkin. Cociente de Rayleigh.
- Problemas vibratorios con planteamiento clásico en casos 1D: cuerda vibrante, vibraciones axiales y torsionales en barras. Vibraciones lineales y no lineales. Amortiguamiento y fuentes de amortiguamiento.
- Problemas vibratorios en vigas. Viga de Bernoulli-Euler. Influencia de la masa rotacional y viga de Rayleigh. Viga de Timoshenko con inercia rotacional.
- Problemas vibratorios en membranas, placas y láminas.
- Problemas vibratorios en sólidos. Contraste con soluciones para sistemas continuos 1D, 2D, 3D.
- Problemas de interacción dinámica fluido-estructura.
- Programación de problemas de vibraciones en distintos entornos: orientado a objetos (C++, Python), simbólicos (Mathematica), Interpretado (Matlab).

El alumno será capaz de:

- Plantear un problema de vibraciones en un sistema continuo general, independiente del método particular de resolución numérica.
- Obtener numéricamente frecuencias naturales y modos de vibración mediante métodos numéricos o analíticos.
- Plantear e implementar en entorno computacional de cálculo simbólico y numérico (Mathematica, Python, Matlab, Maxima, C++) problemas vibratorios en sistemas continuos.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Tema 1. Conceptos previos: ecuaciones diferenciales ordinarias; oscilador de 1 GDL; concepto de funcional, ecuaciones de Euler-Lagrange.
- Tema 2. Concepto de sistema continuo.
- Tema 3. Vibraciones transversales en cuerdas.
- Tema 4. Vibraciones longitudinales y torsionales en barras.
- Tema 5. Vibraciones transversales en vigas.
- Tema 6. Vibraciones en puentes de ferrocarril de alta velocidad.
- Tema 7. Vibraciones en membranas.
- Tema 8. Vibraciones en placas.
- Tema 9. Vibraciones en láminas.
- Tema 10. Vibraciones en sólidos.
- Tema 11. Vibraciones en medios semi-infinitos y problemas de interacción sólido-fluido-estructura.
- Tema 12. Introducción a la respuesta estocástica de sistemas vibratorios. Métodos espectrales.

### PRÁCTICO

Taller 1: Programación del método de Ritz para cálculo aproximado de frecuencias naturales en cables de sección variable.



Taller 2: Programación de carga móvil en C++ en puente de vigas de ferrocarril de alta velocidad.

Taller 3: Cálculo de frecuencias naturales en placas, vigas y membranas.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- A. M. Castro. Vibraciones de Sistemas Continuos. Copicentro. Licencia CC-BY-NC-SA (2021)
- A. W. Leissa and M. H. Qatu. Vibrations of Continuous Systems.
- L. Fryba. Vibration of Solids and Structures under Moving Loads.
- L. Fryba. Dynamics of Railway Bridges.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- J.L. Humar. Dynamics of Structures.
- L. Meirovitch. Analytical Methods in Vibrations.
- A. Leissa. Vibration of Plates.
- R.D. Blevins. Fórmulas for Natural Frequency and Mode Shape.
- W. Weaver, S.P. Timoshenko, D.H. Young. Vibration Problems in Engineering.
- A.K. Chopra. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering.
- R.W. Clough, J. Penzien. Dynamics of Structures.

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD05 Seminarios
- 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.

La evaluación se realizará de forma continua. El reparto de calificaciones se realizará como sigue:

- Trabajo semanal: 30 % de la calificación
- Talleres revisados por pares: 3 talleres, 20% cada taller (60 % de la calificación).



- Participación activa en clase: 5% de la calificación.
  - Asistencia a actividades organizadas por el máster: 5% de la calificación.
1. Trabajo semanal. Cada semana se abrirá en Moodle una actividad semanal interactiva (lección Moodle con cuestionario o cuestionario), que tratará sobre el contenido visto en clase. Se deberá trabajar de forma estrictamente individual, y resolver dentro del plazo prefijado las cuestiones planteadas. Se deberán atender a todas las cuestiones planteadas y resolverlas de forma correcta.
  2. Talleres o entregas. Se empleará la herramienta Taller de Moodle o bien entregas a ser revisadas por el profesor. Para los talleres, se definirán dos fases: fase de entrega y fase de corrección. En la fase de entrega, el estudiante deberá resolver una actividad definida, y entregar en formato pdf anónimo dentro de la plataforma Prado. Esta fase contabilizará con un 80% de la nota del taller. Tras la fase de entrega, cada estudiante recibirá un número de trabajos de sus compañeros (entre 3 y 5) para evaluarlos conforme a una guía de evaluación. Esta fase permitirá obtener el 20 % restante de la calificación. Para las tareas entregables revisadas por el profesor, se deberá subir dentro del plazo establecido la tarea, original, que será evaluada individualmente por el profesor.
  3. La participación activa consiste en la implicación personal del alumno y la interacción activa durante las clases (no meramente la asistencia pasiva a las clases).
  4. La asistencia a actividades organizadas por el máster consiste en la asistencia al 50% de los seminarios organizados por el máster. Se entregará un resumen del contenido de cada seminario, relacionándolo en lo posible con los contenidos de la asignatura.

Para aprobar la asignatura se deberá acumular una calificación igual o superior al 50% del total.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

La evaluación extraordinaria consiste en un examen escrito, con partes de teoría (30%) y problemas (70%). Se deberá obtener una calificación global de 5 puntos sobre 10 para aprobar.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

La evaluación única final consiste en un examen escrito, con partes de teoría (30%) y problemas (70%). Se deberá obtener una calificación global de 5 puntos sobre 10 para aprobar.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

