

# Método de los Elementos Finitos para el análisis lineal y no lineal

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD, DURABILIDAD Y  
REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**

***UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO***

Este documento puede utilizarse como documentación de referencia de esta asignatura para la solicitud de reconocimiento de créditos en otros estudios. Para su plena validez debe estar sellado por la Secretaría de Estudiantes UIMP.



## DATOS GENERALES

### Breve descripción

[Asignatura no ofertada en el curso académico 2016/17]

La asignatura se incluye en el Módulo III, en el que se proporcionan las herramientas básicas para el modelado multifísico y el acoplamiento de fenómenos que intervienen durante la degradación de estructuras.

El objetivo principal de esta asignatura es la aplicación del método de los elementos finitos a fenómenos de transporte de materia, como difusión, fenómenos de degradación de estructuras, cálculos estructurales y fenómenos acoplados o multifísicos a través del uso de un programa comercial de Elementos Finitos.

### Título asignatura

Método de los Elementos Finitos para el análisis lineal y no lineal

### Código asignatura

101907

### Curso académico

2016-17

### Planes donde se imparte

[MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD, DURABILIDAD Y REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN](#)

### Créditos ECTS

2

### Carácter de la asignatura

OBLIGATORIA

### Duración

Anual

## **Idioma**

Castellano

# CONTENIDOS

## Contenidos

### MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL

Conceptos teóricos: Introducción, problema modelo

Prácticas: Ejemplos de tipos de modelados

Conceptos teóricos: Problemas unidimensionales y bidimensionales

Prácticas: Modelado y simplificaciones aplicados en un modelo unidimensional

Conceptos teóricos: Desarrollo de un programa de elementos finitos

Prácticas: Programación de funciones para resolver un problema simplificado de elementos finitos

Conceptos teóricos: Problemas dependientes del tiempo

Prácticas: Desarrollo de problemas no lineares

Conceptos teóricos: Acoplamiento

Prácticas: Acoplamiento de distintas variables físicas

### OTRAS APLICACIONES DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

Conceptos teóricos: Mallado. Creación de constantes y variables. Física, condiciones de contorno y solvers

Prácticas: Generar una estructura. Incorporar un componente de CAD. Mallado con triángulos/tetraedros y malla regular. Optimización de la malla. Definición del coeficiente de difusión en un problema de transferencia de materia. Generación de modelos de transferencia de calor y de mecánica. Variables dependientes. Resolución de casos aplicando diferentes solvers y resolución paramétrica.

Conceptos teóricos: Postprocesado

Práctica: evaluación de la cantidad de materia acumulada y balances de materia. Práctica: cálculo de la Integral-J en componentes fisurados.

Conceptos teóricos: Acoplamiento termo-mecánico. Acoplamiento de los fenómenos de difusión y variación térmica. Líneas de corriente y corrosión de las armaduras

Prácticas: Análisis de vigas metálicas sometidas a fuego. Cálculo de las líneas de corriente y corrosión generada por una corriente vagabunda. Ejemplo de medida de la resistividad en el hormigón con un equipo comercial.

## COMPETENCIAS

### Generales

CG1 - Conocer los aspectos teóricos y prácticos de la metodología de trabajo en el campo de la seguridad y la durabilidad de las estructuras de hormigón.

CG2 - Aplicar, con una finalidad investigadora, las herramientas que la tecnología ha producido en el campo de la seguridad y la durabilidad de las estructuras de hormigón.

CG3 - Valorar diferentes mecanismos de resolución de problemas complejos que permitan la toma de decisiones sobre la seguridad y la durabilidad de las estructuras de hormigón teniendo en cuenta la reglamentación existente al respecto.

CG4 - Desarrollar metodologías de trabajo innovadoras en el ámbito de la seguridad y la durabilidad de las estructuras de hormigón como consecuencia de la interpretación de la evolución de situaciones complejas en ese contexto.

CG6 - Interpretar documentos científicos y técnicos relacionados con la planificación y la gestión de estructuras de hormigón.

CG7 - Generar soluciones técnica, económica y ambientalmente adecuadas a las necesidades que hoy en día requiere el estudio de estructuras de hormigón tanto nuevas como existentes.

CG8 - Participar en grupos de trabajo multidisciplinares dentro un entorno multilingüe para generar informes que permitan transmitir conocimientos y resultados científico-técnicos en el ámbito de la seguridad y durabilidad de las estructuras de hormigón.

### Específicas

CE4 - Monitorizar el funcionamiento de estructuras de nueva planta de hormigón armado y pretensado.

CE5 - Utilizar los modelos de vida útil para estructuras de hormigón existentes en la normativa o aquellos desarrollados de forma específica para un contexto concreto, teniendo en cuenta sus limitaciones, sus posibilidades de aplicación posterior y su influencia en su durabilidad.

CE6 - Utilizar el método de los elementos finitos para el análisis y cálculo de sólidos y estructuras de hormigón y para la simulación y modelado tanto de materiales como del comportamiento de las estructuras de hormigón.

CE7 - Usar las herramientas de diseño y control de los procesos de construcción, reparación, mantenimiento e inspección de estructuras de hormigón basadas en mecanismos de análisis e interpretación de mediciones, cálculos, valoraciones, peritaciones, estudios, informes y otros trabajos análogos.

CE8 - Categorizar los procesos de deterioro de los materiales de construcción y sus estructuras para aplicar las mejores y más novedosas técnicas que permitan tomar decisiones de actuación

sobre el deterioro y/o prevención y/o protección de estructuras de hormigón dentro del marco legal establecido para cada caso.

CE9 - Aplicar las propiedades de los materiales estructurales en la evaluación de la vida útil de las estructuras de hormigón.

CE11 - Dominar los fundamentos científicos subyacentes a las técnicas de análisis y cálculo de sólidos y estructuras de hormigón, de cálculo sísmico, de diseño y análisis de estructuras de hormigón, de mecánicas teóricas y de simulación numérica del fallo estructural para el proyecto, diseño y análisis de las estructuras de hormigón.

CE12 - Diseñar, planificar e interpretar ensayos experimentales, tanto físico-químicos como mecánicos, para estructuras de hormigón.

CE13 - Conocer las técnicas más novedosas para la prevención y protección de estructuras de hormigón ante la corrosión.

## PLAN DE APRENDIZAJE

### Actividades formativas

P1 - **Clases presenciales activas:** Serán sesiones que se utilizarán para explicar los contenidos del programa de la materia y guiar al alumno a través del material teórico, utilizando los aspectos especialmente relevantes y las relaciones entre los diferentes contenidos. Combinación de teoría, problemas cortos, preguntas y discusión con los alumnos.

P2 - **Tutorías:** Se realizarán tutorías individualizadas y en grupos reducidos para aclarar dudas y problemas planteados en el proceso de aprendizaje, dirigir trabajos, revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases, orientar al alumnado acerca de los trabajos, ejercicios, casos y lecturas a realizar, afianzar conocimientos, comprobar la evolución en el aprendizaje de los alumnos, y proporcionar retroalimentación sobre los resultados de este proceso.

P3 - **Actividades prácticas** que se desarrollarán para complementar los contenidos teóricos de cada asignatura: visitas de obra, labores de laboratorio...

P4 - **Evaluación en el aula:** Se realizarán todas las actividades necesarias para evaluar a los alumnos en clase a través de los resultados de aprendizaje en que se concretan las competencias adquiridas por el alumno en la materia.

NP1 - **Estudio personal:** Estudio personal teórico y práctico del alumno para asimilar los materiales y temas presentados en las clases y preparar posibles dudas a resolver en las tutorías, preparación de exámenes y pruebas.

NP2 - **Lecturas recomendadas y búsqueda de información:** Lectura y síntesis de las fuentes recomendadas por los profesores y de aquellas que el alumno pueda buscar por su cuenta. Este proceso resulta vital para una correcta preparación de los ejercicios, casos y trabajos propuestos en clase, y para que el alumno acceda a fuentes de información relevante en el mundo de la edificación.

NP3 - **Resolución de ejercicios y trabajos fuera del Aula:** Resolución de ejercicios y casos prácticos Resolución de ejercicios y casos prácticos propuestos, tanto individualmente como en grupo. Realización de trabajos Realización de trabajos prácticos y teóricos propuestos, tanto individualmente como en grupo. Preparación de presentaciones orales o debates Preparación de presentaciones orales y debates a realizar en el aula, tanto individualmente como en grupo, sobre diferentes formas de cómo abordar un problema de patología de la edificación.

### Metodologías docentes

MD1 - Clases teóricas

MD2 - Ejercicios

MD4 - Discusión en clase de trabajos presentados por los alumnos

## **Resultados de aprendizaje**

- Presentar los elementos básicos del método de elementos finitos como técnica numérica para la solución de ecuaciones diferenciales con valores en el contorno.
- Mostrar algunos elementos sencillos para el análisis de problemas de mecánica de medios continuos y estructuras.
- Mostrar algunos elementos sencillos para el análisis de problemas de difusión de cloruros en medio poroso.
- Introducir los elementos básicos para el desarrollo de un programa de computadora orientado a la solución de problemas lineales y no lineales.
- Desarrollar aptitudes para modelar problemas de acoplamiento difusivo-mecánico.

# **SISTEMA DE EVALUACIÓN**

## **Descripción del sistema de evaluación**

SE1 - Participación del alumno

SE2 - Prácticas tuteladas

SE3 - Exámenes

## **PROFESORADO**

### **Profesor responsable**

**Sánchez Montero, Javier**

*Científico Titular*

*Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc)*

*Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*

### **Profesorado**

Profesor Responsable de la asignatura

## BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

### Bibliografía

E.B. Becker, G.F.Carey & J.T.Oden, Finite Elements vol. 1: An Introduction. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1981.

O.C.Zienkiewicz & K. Morgan, Finite Elements and Approximation, JohnWiley & Sons, New York, 1983.

K.J.Bathe, Finite Element Procedures Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1996.

O.C. Zienkiewicz, C. Emson, and P. Bettess, "A Novel Boundary Infinite Element", International Journal for Numerical Methods in Engineering, vol. 19, no. 3, pp. 393-404, 1983.

Bathe, K. J. Finite Element Procedures. Cambridge, MA: Klaus-Jürgen Bathe, 2007. ISBN: 9780979004902.

F.P. Incropera and D.P. DeWitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Fifth ed. John Wiley & Sons, 2002.

R. Codina, "Comparison of Some Finite Element Methods for Solving the Diffusion-Convection-Reaction Equation", Comp. Meth.Appl. Mech. Engrg, vol. 156, pp. 185-210, 1998.

A. Bejan, Heat Transfer, Wiley, 1993.

G.K. Batchelor, An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 2000.

R.L. Panton, Incompressible Flow, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1996.

M. Kaviany, Principles of Convective Heat Transfer, 2nd ed., Springer, 2001.

T. Poinsoot and D. Veynante, Theoretical and Numerical Combustion, Second Edition, Edwards, 2005.

W. Wagner, and H-J Kretzschmar, International Steam Tables, 2nd ed., Springer, 2008.

M. Jaegle, Multiphysics Simulation of Thermoelectric Systems-Modeling of Peltier-Cooling and Thermoelectric Generation, in "Proceedings of the COMSOL Conference 2008", Hannover. ISBN: 978-0-9766792-8-8.

Hoffman M. and Seeger, T., "A Generalized Method for Estimating Multiaxial Elastic-Plastic Notch Stresses and Strains, Part 1: Theory", Journal of Engineering Materials and Technology, vol. 107, pp. 250-254, 1985.