

## ANEXO II. PLAN DOCENTE DE LA MATERIA

*(A cumplimentar para cada materia perteneciente al plan de estudios, incluido el Proyecto o Trabajo fin de Máster, Master Thesis, etc.)*

### MATERIA

Métodos avanzados de análisis de fatiga

### TIPO

OP

)= obligatoria/ OP= optativa

### Objetivos específicos de aprendizaje.

*(Existencia de objetivos específicos de aprendizaje de cada una de la materias incluidas en el máster )*

El análisis resistente en estados de tensiones variables con el tiempo es uno de los aspectos de mayor trascendencia en el diseño de componentes mecánicos. La fatiga se encuentra presente en la mayoría de las aplicaciones industriales de gran valor añadido: automoción, ferrocarriles, aeronáutica, aeroespacial, naval, estructuras, máquinas herramienta, etc. Por otro lado, la mayor parte de las roturas en servicio que se producen en piezas y componentes son debidas a la fatiga. Es muy problemático poder realizar análisis de fatiga en piezas complejas con una precisión elevada; no se puede esperar de ningún modo llegar a alcanzar un grado de precisión en el análisis comparable, por ejemplo, al de comportamiento estático. Las razones de ello son varias, fundamentalmente la elevada dispersión inherente al propio comportamiento de los materiales, de otro la dificultad añadida por la dependencia del tiempo, la mayor dificultad de los análisis estructurales tensionales con sollicitaciones variables y las características de los métodos de análisis existentes. Como consecuencia, resulta imprescindible una fase posterior de ensayos de prototipos.

Suponiendo que se conocen a fondo las técnicas clásicas de análisis resistente estático y de fatiga, este curso trata de dar a los alumnos del Master una visión más profunda y amplia de los métodos actualmente disponibles para este tipo de análisis. Se pondrá especial énfasis en los criterios de diseño, comparación de métodos, fatiga de materiales en situaciones no convencionales (altas temperaturas, ciclos bajos, estados multiaxiales complejos), fatiga de materiales metálicos no férricos y materiales no metálicos.

### Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en créditos ECTS (horas).

*(Duración de la materia y análisis de la secuenciación con otras materias para valorar su coherencia con el desarrollo de los conocimientos que se van a impartir)*

El temario se divide en 10 temas, que se corresponden con clases magistrales y prácticas en el centro de cálculo. La dedicación del profesor será de 30 horas, divididas en:

- 18 horas de clases magistrales.
- 5 horas de tutor de prácticas en centro de cálculo.
- 7 horas de prácticas en aula para discusión de los trabajos finales.

Complementariamente el alumno realizará 45 horas de trabajo personal, que pueden dividirse en tres actividades:

- Estudio, asimilación y repaso de los contenidos de las clases teóricas, unas 20 horas. También puede utilizar los medios disponibles en el centro de cálculo.
- Realización de un trabajo personal sobre un tema del programa y que por su especial interés sea elegido por el alumno. El interés puede derivarse de la cercanía al trabajo de tesis doctoral del alumno, o por la dedicación profesional del estudiante. Este trabajo se expondrá y discutirá en el aula con el resto de compañeros y el profesor.

La asignatura se corresponde con 3 créditos ECTS, correspondientes a 30 horas de dedicación del profesor y 75 horas de trabajo del alumno. La distribución para el alumno sería:

Teoría: 18 horas

Prácticas: 7 horas en aula (PA)

Prácticas: 5 horas en centro de cálculo (PO)

Trabajo personal: 45 horas

El trabajo personal hace referencia:

Al estudio y repaso de los contenidos impartidos por el profesor, 20 horas

Preparación de un trabajo personal en un tema de la asignatura, 25 horas

## Programa de la asignatura.

*(Temarios)*

Tema 1	<p>Estado actual de las técnicas de análisis de fatiga</p> <p>Técnicas para obtención de estados tensionales. Métodos basados en tensiones. Métodos basados en extensiones. Técnicas de predicción de crecimiento de grietas. Técnicas de ensayos.</p> <p><i>Clase magistral (U1): 2 horas</i></p>
Tema 2	<p>Consideraciones sobre estados locales de tensiones</p> <p>Aspectos especiales de la concentración de tensiones. Estados multiaxiales en proximidades de entallas y grietas. Técnicas de estimación de coeficientes de concentración de tensiones para fatiga en caso de geometrías complejas.</p> <p><i>Clase magistral (U1): 3 horas</i></p> <p><i>Práctica de computador (U2): 2 horas</i></p>
Tema 3	<p>Necesidad de los estudios experimentales</p> <p>Tipos de ensayos sobre probetas y prototipos. Comparación y correlación de resultados de ensayos con los análisis teóricos. Estudio detallado de coeficientes modificativos; ajuste teórico-experimental. Ensayos acelerados y altamente acelerados.</p> <p><i>Clase magistral (U1): 2 horas</i></p>
Tema 4	<p>Influencia de las tensiones medias en la resistencia a la fatiga y en la propagación de las grietas</p> <p>Estudio comparativo de los métodos de cómputo de ciclos: métodos de uno y dos parámetros. El caso de los métodos range-pair y rainflow. Efecto de las tensiones medias en la estimación del daño acumulativo, reglas no lineales. Diagramas de excedencias. Análisis de fatiga con tensiones aleatorias.</p> <p><i>Clase magistral (U1): 1 hora</i></p> <p><i>Prácticas de Aula: 2 horas (PA)</i></p>
Tema 5	<p>Métodos avanzados para análisis con tensiones multiaxiales</p> <p>Consideraciones sobre las tensiones cortantes medias. Métodos de enfoque global (Sines, Crossland). Métodos de plano crítico (Matake, Findley, Mc Diarmid, Dang Van). Comparación de métodos, incluidos los enfoques “clásicos”.</p> <p><i>Clase magistral (U1): 3 horas</i></p> <p><i>Práctica de computador (U2): 3 horas</i></p>
Tema 6	<p>Análisis de fatiga basado en extensiones</p> <p>Comportamiento a fatiga a alta temperatura. Fatiga y creep. Problemas de la fatiga en ciclos bajos. Método de Coffin-Manson. Influencia de las componentes medias. Modelos de elementos finitos.</p> <p><i>Clase magistral (U1): 2 horas</i></p>

Tema 7	<p>Fatiga en uniones soldadas y atornilladas</p> <p>Estado de tensiones en la zona de las soldaduras. Defectología. Tensiones residuales. Análisis de fatiga con uniones soldadas. Estudio de las uniones atornilladas y roblonadas pretensadas. Comportamiento a fatiga de uniones atornilladas pretensadas.</p> <p><i>Clase magistral (UI): 2 horas</i></p> <p><i>Prácticas de Aula: 1 hora</i></p>
Tema 8	<p>Análisis de fatiga en materiales metálicos no férricos</p> <p>Aleaciones de aluminio, níquel y titanio. Otros metales. Procedimientos generales y planteamiento de métodos propios basados en datos empíricos. Experimentación sobre probetas y prototipos.</p> <p><i>Clase magistral (UI): 1 hora</i></p> <p><i>Prácticas de aula (PA): 2 horas</i></p>
Tema 9	<p>Análisis de fatiga en materiales no metálicos</p> <p>Tipos de materiales, su comportamiento a fatiga, modos de fallo, limitaciones de los análisis teóricos. Procedimientos basados en datos empíricos. Experimentación sobre prototipos.</p> <p><i>Clase magistral (UI): 2 hora</i></p>
Tema 10	<p>Avances en las técnicas de diseño y análisis de fatiga</p> <p>Presentación pública y discusión del trabajo realizado por los alumnos en aquellos temas identificados con el temario y que han sido objeto de su especial interés.</p> <p><i>Práctica en aula (U2, U4): 2 horas</i></p>

## **Bibliografía.**

*(Bibliografía básica, bibliografía de profundización, direcciones de internet de interés, revistas, etc.)*

<p><b><i>Libro para seguimiento de las clases:</i></b></p> <p>Análisis de Fatiga en Máquinas; Rafael Avilés. Editorial Thomson, 2005.</p> <p><b><i>Libros de consulta y profundización:</i></b></p> <p>ASM handbook (varios vols.)</p> <p>Fundamentals of Machine Component Desig, Robert. C. Juvinall y Kurt, M. Mashek. Ed. Wiley, 2000</p> <p>Machine Design, an Integrated Approach. Robert, L. Norton. Pearson, 2006</p> <p>Machine Design, Theory and Practice. Aaron, D. Deutschman, Walter, J. Michels, Charles, E. Wilson. Macmillan, 1975</p> <p>Fatigue of Metals. S. Suresh. Cambridge Solid State Science Series, 1991</p> <p>High-Cycle Metal Fatigue, from Theory to Applications. Ky Dang Van, Ioannis V Papadopoulos. Springer, 1999</p> <p>Handbook of Case Histories in Failure Analysis, Vol. 1. Robert, C. Uhl y otros, ASM International, 1992</p> <p>The Practical Use of Fracture Mechanics. David Broek. Kluwer Academic Publishers, 1988</p> <p>Mechanical Behavior of Materials. Norman, E. Dowling. Prentice Hall, 1999</p> <p><b><i>Páginas web de interés:</i></b></p> <p><i>http://www.fatiguecalculator.com/</i></p> <p><b><i>Revistas:</i></b></p> <p>Journal of Material Processing Technology</p>
--

Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures  
International Journal of Fatigue  
European Polymer Journal  
Journal of Materials Research (JMR)  
Journal of Mechanical Design

### **Criterios y métodos de evaluación.**

*(Análisis de los métodos de evaluación de los aprendizajes utilizados en el proceso de enseñanza.-aprendizaje y su adecuación a la metodología de enseñanza-aprendizaje utilizada)*

El alumno deberá asistir al 80% de las clases teóricas como mínimo.

La evaluación se realizará mediante la valoración del trabajo final, actitud en las clases teóricas y prácticas, solución de ejercicios y temas teóricos y presentación del trabajo individual y su posterior discusión.

### **Recursos para el aprendizaje.**

Las clases se desarrollarán con transparencias en presentación powerpoint, teniendo el alumno el texto *Análisis de Fatiga en Máquinas* como libro básico de seguimiento.

Para la realización de la práctica de simulación se empleará los siguientes sistemas:

- COSMOS y ANSYS, software de elementos finitos.
- N-code, software de análisis de fatiga.