

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>ANÁLISIS NUMÉRICO APLICADO A LA MECÁNICA COMPUTACIONAL AVANZADA</b>					
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales					
<b>Tipo:</b>	Fundamental	X	Afín		Metodológico	

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
I. Romero	Prof. Contratado (Ramón y Cajal)	15
J. C. García	TU	15

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### Programa

El objetivo principal de este curso es presentar las principales técnicas de cálculo numérico que se aplican a la mecánica computacional y su análisis matemático correspondiente. Al final del curso un alumno debe de haberse familiarizado con los algoritmos más importantes y ha de saber elegir los más adecuados para ciertos problemas comunes de ingeniería.

Para conseguir los objetivos previstos, se propone el siguiente temario:

1. Motivación: diferencias finitas para la ecuación de transporte y la ecuación de Laplace.
  2. Resolución de sistemas de ecuaciones lineales: algoritmos directos e iterativos.
  3. Resolución de sistemas de ecuaciones no lineales: algoritmo de Newton-Raphson y variantes.
  4. Integración de ecuaciones diferenciales ordinarias. Algoritmos multipaso y Runge-Kutta.
  5. Elementos finitos. Análisis y aplicaciones.
- Diferencias finitas (II). Análisis y aplicaciones.

#### Objetivos

1. Conocer y utilizar los algoritmos más comunes para la resolución de ecuaciones lineales y no lineales, para la integración de ecuaciones diferenciales ordinarias y para la resolución de problemas de contorno.
2. Haber programado algunos de los algoritmos estudiados en un entorno como MATLAB o en un lenguaje de programación tipo FORTRAN o C.
3. Estar familiarizado con las técnicas de análisis numérico estándar para los algoritmos fundamentales.
4. Sentar las bases para el estudio de técnicas más avanzadas y otros cursos de doctorado sobre temas más específicos.

#### Bibliografía

- (1) J.W. Demmel, *Applied numerical linear algebra*, SIAM, Philadelphia, 1997.
- (2) J. Golub and C. Van Loan, *Matrix Computations*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 3a ed., 1996.
- (3) E. Hairer, S.P. Norsett, and G. Wanner, *Solving ordinary differential equations I. Nonstiff problems*, vol. 8 of Springer series in Computational Mathematics, Springer-Verlag, first ed., 1987.
- (4) E. Hairer and G. Wanner, *Solving ordinary differential equations II. Stiff and differential-algebraic problems*, vol. 14 of Springer series in Computational Mathematics, Springer-Verlag, first ed., 1991.
- (5) A. Iserles, *A first course in the numerical analysis of differential equations*, Cambridge texts in applied mathematics, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- (6) R. D. Richtmyer and K. Morton, *Difference methods for initial value problems*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967.

#### Metodología didáctica

Las clases de esta asignatura se impartirán dos veces a la semana en sesiones de una hora y media cada una ella. En estas clases se explicará la teoría correspondiente a cada uno de los conceptos descritos en el temario. Cada semana se propondrán ejercicios, fundamentalmente aplicados, en los que el alumno deberá implementar algoritmos y métodos de solución en un entorno computacional como Matlab. Estos ejercicios, que se entregarán semanalmente, se discutirán en clase, donde se pondrán en común las dudas.

Al final del curso, cada alumno deberá realizar un trabajo sobre un tema relacionado, previamente aceptado por el profesor de la asignatura. Las últimas clases se dedicarán a presentar estos trabajos.

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos \_\_\_\_2\_\_\_\_ Prácticos (en su caso) \_\_\_\_1\_\_\_\_

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

2º cuatrimestre: lunes y jueves de 15:30 a 17:00 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

La evaluación del alumno se basa en tres criterios: 1) Asistencia y participación (35% de la nota); 2) Ejercicios y problemas propuestos semanalmente (30% de la nota); 3) Trabajo y presentación final (35% de la nota).

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>FÍSICA DE MEDIOS CONTINUOS</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
A. Valiente	CU	15
J. Planas	CU	15
J. Ruiz	TU	5
J.M. Sancho	CU	10

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### Programa

El medio continuo como sistema mecánico (Campos de velocidades y aceleraciones, conservación de la masa, fuerzas interiores y exteriores: tensiones). Cinemática de medios continuos (Descripciones lagrangiana y euleriana del movimiento, tensor de deformación local, deformaciones y tensores de deformación, tensor velocidad de deformación). Dinámica de medios continuos (Tensores de tensiones, teoremas del momento lineal, del momento angular y de la energía, teorema de los trabajos virtuales). Termodinámica de medios continuos (Campo de temperaturas, vector de flujo térmico, primer y segundo principios de la Termodinámica). Ecuaciones constitutivas (Ecuaciones constitutivas mecánicas y termomecánicas, principio de objetividad, materiales simples, ligaduras internas, simetrías materiales, fluidos, sólidos, sólidos isótropos). Elasticidad no lineal (Ecuaciones constitutivas de los materiales elásticos no lineales, materiales elásticos isótropos, elastómeros, termoelasticidad no lineal)

#### Objetivos

La finalidad del curso es consolidar, reforzar y ampliar la base científico-técnica de la Ingeniería Estructural en cuanto al comportamiento termomecánico de los materiales estructurales como instrumento lógico de fundamentación de las aplicaciones tecnológicas. La metodología a seguir es la de la Física-Matemática, empleando las contribuciones realizadas en el campo de la Termomecánica Medios Continuos más acordes con la finalidad del curso.

#### Bibliografía

- 1) Lemaitre, J. y Chaboche, J. L. *Mécanique des Matériaux Solides*. Dunod, París, 1982.
- 2) Malvern, L.E. *Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs (U.S.A.), 1969.
- 3) Valiente, A. *Comportamiento mecánico de materiales, Elasticidad y Viscoelasticidad.*, Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Madrid, 2000.
- 4) Wang, C. C. y Truesdell, C.A. *Introduction to Rational Elasticity*. Noordhoff, Leyden (Holanda), 1971.
- 5) C. Truesdell, W. Noll y S. S Antman, *The non-linear field theories of mechanics* Springer-Verlag, 2004
- 6) J. Salençon, *Handbook of Continuum Mechanics*, Springer, 2001
- A. J. M. Spencer, *Continuum Mechanics*, Dover, 2004
- 7) R. W. Odgen, *Non-Linear Elastic Deformations* Dover, 1998
- 8) K.Wilmanski, *Thermomechanics of Continua*, Springer, 1998

#### Metodología didáctica

El método didáctico a emplear consistirá:

- a) en la exposición magistral de los contenidos teóricos y de la resolución de problemas por parte de los profesores;
- b) en la resolución de problemas individualmente por parte del alumno, con corrección del profesor y ocasionalmente con exposición pública de la resolución ante los profesores y demás alumnos.

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

4. Nº de créditos: Teóricos \_\_\_\_2,5 \_\_\_\_ Prácticos (en su caso) \_\_\_\_2\_\_\_\_

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

1<sup>er</sup> cuatrimestre: miércoles de 17:30 a 20:30 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

La evaluación estará basada en la asistencia las clases, en la resolución individual de los problemas personalizados propuestos a cada alumno y en la exposición pública de la resolución.

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>INTEGRIDAD ESTRUCTURAL</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<b>X</b>	Afín		Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
J. Planas	CU	6
G. Guinea	CU	6
A. Valiente	CU	6
L. Caballero	PT	6
F.J. Gómez	AS	6

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### Programa

Modos no frágiles de rotura de materiales (Desgarramiento dúctil de materiales metálicos, clivaje de materiales metálicos, rotura de hormigones y otros materiales cuasifrágiles). Mecánica de la fractura en régimen elástico no lineal (Invariantes integrales de Eshelby, integral J, material de Ilyushin, campos HRR). Mecánica de la fractura en régimen elastoplástico (Criterios de iniciación del desgarramiento dúctil, estabilidad del desgarramiento dúctil, efectos del tamaño). Mecánica de la fractura por clivaje (Iniciadores, criterio de iniciación de la tensión de Weibull, distribución probabilística de la tenacidad de fractura, efectos de la temperatura y del tamaño). Mecánica de la fractura de materiales cuasifrágiles (Modelo de fisuración distribuida, modelo de fisuración cohesiva, efecto del tamaño). Micromecanismos de rotura no frágil (Crecimiento y coalescencia de huecos por deformación plástica, propagación del clivaje en matrices policristalinas, micromecanismos de rotura de hormigones). Normativa de integridad estructural (Recomendaciones EPRI, Códigos ASME, Eurocódigo EC3, Eurocódigo EC2).

#### Objetivos

La finalidad del curso es proporcionar al alumno los fundamentos científico-técnicos de los criterios empleados para preservar la integridad estructural más allá del marco de la rotura frágil, así como las incorporaciones más recientes de este tipo de criterios a la normativa de ingeniería estructural.

#### Bibliografía

- Anderson, T. L. *Fracture Mechanics*. CRC Press, Londres, 1995.
- Argon, A. S. y McClintock, F. A. *Mechanical Behaviour of Materials*. Addison-Wesley, Reading (U.S.A.), 1966.
- Bazant, y Planas, J. Elices, M., Guinea, G. y Valiente, A. *Mecánica de la Fractura Elastoplástica*, Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Madrid, 1998.
- Kanninen, M. F. y Popelar, K. H. *Advanced Fracture Mechanics*. Clarendon Press, Oxford, 1985
- Knott, J. F. *Fundamentals of Fracture Mechanics* Butterworths, Londres, 1973

#### Metodología didáctica

El método didáctico a emplear consistirá:

- en la exposición magistral de los contenidos teóricos y de la resolución de problemas y casos prácticos por parte de los profesores;
- en la realización de ensayos mecánicos y de prácticas de microscopía fractográfica por parte del alumno con el apoyo y la supervisión del profesor;
- en la resolución de problemas y casos prácticos individualmente por parte del alumno, con corrección del profesor y ocasionalmente con exposición pública de la resolución ante los profesores y demás alumnos.

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

### 4. Nº de créditos: Teóricos   2   Prácticos (en su caso)   1

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

1<sup>er</sup> cuatrimestre, miércoles y viernes de 12:00 a 14:00 horas.

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

La evaluación estará basada en la asistencia las clases, en la actitud en el laboratorio, y en la resolución individual de los problemas personalizados propuestos a cada alumno y en la exposición pública de la resolución.

7. Otras observaciones

Número máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>MECÁNICA DE MATERIALES COMPUESTOS</b>					
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales					
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico	<input type="checkbox"/>

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
J Llorca	CU	10
J.Y, Pastor Caño	PTU	10
C.D. González Martínez	PTU	10

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### **Programa**

- Tema 1. Introducción.
- Tema 2. Tipología de los materiales compuestos
- Tema 3. Ecuaciones constitutivas
- Tema 4. Modelos de campo medio.
- Tema 5. Métodos variacionales
- Tema 6. Extensión al régimen no lineal
- Tema 8. Modelos de celdas periódicas
- Tema 9. Modelos de celda embebida
- Tema 10. Comparación entre las diversas técnicas de modelización micromecánica.
- Tema 11. Láminas elásticas ortótropas
- Tema 12. Criterios de Rotura
- Tema 13. Teoría de laminados
- Tema 14. Cálculo en rotura
- Tema 15. Cálculo y diseño por ordenador

#### **Objetivos**

El curso de Mecánica de Materiales Compuestos tiene como objetivo el cálculo y diseño de elementos estructurales avanzados fabricados con materiales compuestos. Tras una introducción a la micromecánica de los materiales compuestos, se presentan las ecuaciones constitutivas básicas y los criterios de rotura de láminas de material compuesto. En la segunda parte se analiza el comportamiento elástico en rotura de estructuras laminadas. Finalmente, estas herramientas se utilizan en la tercera parte del curso para calcular de estructuras laminadas por ordenador.

#### **Bibliografía**

Fotocopias de la transparencias utilizadas en el curso.  
C. González , J. Llorca, P. Poza y J. Gálvez *Problemas de Materiales Compuestos.*

#### **Metodología**

20 Clases magistrales de 50 minutos de duración  
3 prácticas de diseño de estructuras por ordenador 3 horas de duración

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

### 4. Nº de créditos: Teóricos   2   Prácticos (en su caso)   1

### 5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

2º cuatrimestre: miércoles de 16:00 a 19:00 horas

### 6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

El aprobado en la asignatura se consigue con un mínimo de asistencia a clase del 80% y la realización de las tres prácticas de diseño por ordenador. Además, los alumnos deben realizar un examen final consistente en el diseño por ordenador de elemento estructural de materiales compuestos

### 7. Otras observaciones: Número máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>BIOMATERIALES</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
M. Elices	CU	5
G. V. Guinea	CU	5
J. Pérez	PCD	5
G.R. Plaza	Prof.Colab.	5
J.M. Atienza	AS	5

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### **Programa**

Tema 1 Propiedades mecánicas de la seda de araña.

Tema 2. Propiedades mecánicas de la seda de araña supercontraída y de gusano.

Tema 3. Microestructura de la seda: composición y su influencia en la formación de regiones cristalinas.

Tema 4. Microestructura de la seda: caracterización de las regiones cristalinas.

Tema 5. Microestructura de la seda: caracterización de las regiones amorfas.

Tema 6. Modelización de la seda.

Tema 7. Procesamiento de la seda.

Tema 8. Otras fibras biológicas.

Tema 9. Fibras de polisacáridos.

Tema 10. La membrana de la langosta.

Tema 11. Geles.

Tema 12. La mesoglea de la anémona. Mucus.

Tema 13. Introducción a los biomateriales duros.

Tema 14. Tendón de la langosta. Hoja de hierba.

Tema 15. Astas de bóvidos.

Tema 16. Madera.

Tema 17. Biocerámicas. Nácar

Tema 18. Hueso.

Tema 19. Biomateriales médicos.

Tema 20. Mecanismos de respuesta celular frente a factores externos. Ingeniería de tejidos.

#### **Objetivos**

Conocimiento de los grupos de biomateriales más importantes : fibras, biomateriales blandos y biomateriales duros. Conocimiento de la relación entre su estructura y propiedades.

#### **Bibliografía**

M. Elices (ed.) *Structural Biological Materials* , Pergamon Elsevier Science, Oxford, 2000

#### **Metodología didáctica**

20 Clases magistrales de 50 minutos de duración

3 prácticas de laboratorio de 2.5 horas de duración

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos   2   Prácticos (en su caso)   1  

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

2º cuatrimestre: viernes de 12:00 a 14:00 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

El aprobado en la asignatura se consigue con un mínimo de asistencia a clase del 80% y la realización de las tres prácticas de laboratorio.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO**

Además, los alumnos deben realizar un examen final consistente en 20 preguntas cortas y dos preguntas largas o problemas que determina su calificación definitiva. En caso de no cumplir la condición de aprobado, los alumnos deben sacar más de 5 puntos en el examen final para aprobar la asignatura.

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>PROPIEDADES DINÁMICAS DE MATERIALES</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín		Metodológico

1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
V. Sánchez Gálvez	CU	12
F. Gálvez	PT	12
D. Cendón	TUI	6

2. Breve resumen del contenido del curso

**Programa resumido**

Tema 1: Ondas Elásticas En Sólidos. Ondas Unidimensionales.

Tema 2: Ondas Elásticas En Sólidos. Ondas Tridimensionales.

Tema 3: Ondas Elasto-Plásticas

Tema 4: Deformación Uniaxial Y Ondas De Choque

Tema 5: Introducción Al Impacto

Tema 6: Métodos Empíricos

Tema 7: Métodos Analíticos

Tema 8: Propiedades Dinámicas A Alta Velocidad De Deformación

Tema 9: Simulación Numérica De Fenómenos De Impacto

Tema 10: Práctica De Ensayos Mecánicos

**Objetivos pedagógicos**

Estudio de la mecánica de propagación de ondas en sólidos. Iniciación al estudio de los fenómenos de impacto. Conocimiento de la influencia de la velocidad de deformación en las propiedades mecánicas de los materiales. Técnicas de simulación y técnicas experimentales específicas en condiciones dinámicas e impacto.

**Bibliografía**

M. A. Meyers. *Dynamic Behaviour of Materials*, John Willey & Sons, NY, 1994

J. A. Zukas. *Impact Dynamics*, John Willey & Sons, NY, 1982

J. A. Zukas. *High Velocity Impact Dynamics*, John Willey & Sons, NY, 1990

W. Johnson. *Impact Strength of Materials*. Edward Arnold, London, 1972

**Metodología**

9 Clases de 3 horas de duración. Cada clase consta de 1.5 horas de oral mediante exposición magistral más otras 1.5 horas de problemas a realizar por el alumno supervisados por el profesorado.

1 prácticas de laboratorio de 3 horas de duración.

3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos \_\_\_\_2\_\_\_\_ Prácticos (en su caso) \_\_\_\_1\_\_\_\_

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

2º cuatrimestre: lunes de 15:30 a 17:30 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos...)

El aprobado en la asignatura se consigue con un mínimo de asistencia a clase del 80% y la realización de la prácticas de laboratorio más un trabajo final. Además, los alumnos deben realizar los problemas que se proponen correspondientes a cada tema.

7. Otras observaciones

Número máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISIS NO LINEAL</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<b>X</b>	Afín		Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
J.Mª. Goicolea	CU	15
J. C. García	TU	12
F. Martínez Cutillas	TU	3

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### Programa

1. Introducción y estado de la técnica (3 h): Introducción al método de los elementos finitos. Aplicaciones de Elementos Finitos No Lineales en Ingeniería. Evolución de la simulación numérica en mecánica aplicada. Fuentes de no linealidad. Aplicaciones. Tendencias futuras.
2. Mecánica de medios continuos (I) (3 h): Formulación con grandes deformaciones. Cinemática. Tensores de deformación
3. Mecánica de medios continuos (II) (3 h) Tensores de tensión. Principios de balance y teoremas de conservación. Termodinámica.
4. Formulación y discretización de las ecuaciones no lineales (3 h): Formulación Lagrangiana. Formulación Espacial. Interpolación de deformaciones. Evaluación de Fuerzas internas. Matriz de rigidez tangente.
5. Ecuaciones constitutivas I (3 h) Comportamiento de materiales. Principios generales. Ecuaciones generales de la plasticidad.
6. Algoritmos de solución de las ecuaciones no lineales (3 h): Técnicas de solución (Newton, Newton modificado, quasi-Newton, métodos iterativos). Matriz tangente consistente. Aceleración de convergencia. Control de convergencia. Técnicas de continuación y longitud de arco. Estabilidad y cálculo de la carga crítica.
7. Ecuaciones constitutivas II (3 h): Materiales cohesivo-friccionales: Características y modelos. Hormigón: Características y modelos en compresión y tracción. Tejidos biológicos.
8. Análisis dinámico no lineal (3 h): Métodos explícitos e implícitos. Sistemas multicuerpo y restricciones. Métodos energía/momento (EM). Métodos con disipación controlada: HHT, EDMC. Contacto e impacto.
9. Elementos estructurales (3 h): Modelos no lineales de vigas y láminas. Vigas de Simó-Reissner con grandes deformaciones y rotaciones (geométricamente exactas). Interpolación de las rotaciones. Láminas geométricamente exactas.
10. Trabajo final: resolución de caso práctico mediante el programa FEAP (3h): presentación de resultados por los alumnos del curso y discusión de los mismos.

#### Objetivos

Este curso está dirigido a estudiantes de tercer ciclo en Ingeniería que deseen adquirir una formación avanzada en aplicaciones no lineales en mecánica de estructuras y sólidos mediante el método de los elementos finitos. Se prestará especial atención al desarrollo conceptual de la problemática no lineal, cubriendo tanto los aspectos geométricos (cinemática de grandes deformaciones, grandes desplazamientos y rotaciones, contactos), como la respuesta no lineal de los materiales (modelos hiperelásticos, modelos elastoplásticos, materiales reales). Las aplicaciones y la resolución de casos prácticos en el ordenador son asimismo una componente esencial del curso. Se realizarán con una versión avanzada del código FEAP (R.L. Taylor) en los ordenadores del departamento.

#### Bibliografía

1. J. Bonet: *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, Cambridge, 1997
2. J.C. Simó, T.J.R. Hughes: *Computational Inelasticity*, Springer, 1998. (disponible en biblioteca ETSI Caminos)
3. M. Crisfield: *Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vols I, II*, Wiley, 1991, 1997. (disponible en biblioteca ETSI Caminos)
4. T. Belytschko: *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures*, Wiley, 2000.

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

5. O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor: *The Finite Element Method: Vol 1 - The Basics; Vol 2 - Solid mechanics*, Butterworth Heinemann, 2000. (disponible en biblioteca ETSI Caminos).

### **Metodología didáctica**

9 Clases de 3 horas de duración. Cada clase consta de 1.5 horas de oral mediante exposición magistral más otras 1.5 horas de problemas a realizar por el alumno supervisados por el profesorado.

1 prácticas de laboratorio de 3 horas de duración.

3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos \_\_\_\_2\_\_\_\_ Prácticos (en su caso) \_\_\_\_1\_\_\_\_

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

2º cuatrimestre: jueves 17:30 a 20:30

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

La evaluación del alumno se basa en tres criterios:

Asistencia y participación (35% de la nota)

Ejercicios y problemas propuestos semanalmente (30% de la nota)

Trabajo y presentación final (35% de la nota)

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>MÉTODOS AVANZADOS DE CÁLCULO NO LINEAL DE ESTRUCTURAS</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico

1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
A. Samartín	CU	30

2. Breve resumen del contenido del curso

**Programa**

Tema 1: Problemas no lineales geométricos.

Tema 2: Problemas con no linealidad material.

Tema 3: Inestabilidad.

Tema 4: Métodos de solución de problemas no lineales.

Tema 5: Determinación de formas en estructuras laminares y textiles.

**Objetivos**

Que el alumno conozca las particularidades del cálculo no lineal de estructuras, tanto geométrico como material, y esté capacitado para abordar la solución de problemas reales.

**Bibliografía**

1. M. Crisfield: *Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vols I, II*, Wiley, 1991, 1997. (disponible en biblioteca ETSI Caminos)

2. T. Belytschko: *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures*, Wiley, 2000.

**Metodología didáctica**

9 Clases de 3 horas de duración. Cada clase consta de 1.5 horas de oral mediante exposición magistral más otras 1.5 horas de problemas a realizar por el alumno supervisados por el profesorado.

1 práctica de laboratorio de 3 horas de duración.

3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos   2   Prácticos (en su caso)   1  

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

La evaluación del alumno se basa en tres criterios:

1. Asistencia y participación (35% de la nota)
2. Ejercicios y problemas propuestos semanalmente (30% de la nota)
3. Trabajo y presentación final (35% de la nota)

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>DISEÑO AVANZADO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN</b>					
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales					
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico	<input type="checkbox"/>

1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
H. Corres	CU	12
J. León	TU	9
A. Pérez	TUI	9

2. Breve resumen del contenido del curso

**Programa**

Conocimiento del comportamiento no lineal de estructuras de hormigón a partir de la interpretación de resultados experimentales disponibles. Regiones B: simulación del comportamiento mediante procedimientos de análisis no lineal, tanto para estados avanzados de carga como para estados de servicio. Deformaciones diferidas. Regiones D: método de bielas y tirantes.

**Objetivos**

Que el alumno que ya posee una formación adecuada en cálculo y diseño de estructuras y en hormigón estructural profundice en aspectos más complejos aunque de gran importancia en el diseño y proyecto avanzado de estructuras de hormigón, con acero pasivo o activo o en combinación con otros materiales.

**Bibliografía**

Fotocopias del material desarrollado por los profesores.

**Metodología didáctica**

9 Clases de 3 horas de duración. Cada clase consta de 1.5 horas de oral mediante exposición magistral más otras 1.5 horas de problemas a realizar por el alumno supervisados por el profesorado.

1 prácticas de laboratorio de 3 horas de duración.

3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos   3   Prácticos (en su caso)           

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

1<sup>er</sup> cuatrimestre: viernes de 17:30 a 20:30 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

Evaluación continua mediante ejercicios y problemas y pruebas ocasionales en clase.

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>PLASTICIDAD COMPUTACIONAL MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<b>X</b>	Afín		Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

<b>Profesor</b>	<b>Categoría</b>	<b>Nº de horas previstas (por profesor si son varios)</b>
M. Pastor	TU	

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### **Programa**

1. Introducción a problemas no lineales.
2. Ecuaciones constitutivas en plasticidad y viscoplasticidad.
3. Técnicas especiales de análisis no lineal en elementos finitos: longitud de arcos búsqueda direccional.
4. Matriz elasto-plástica tangente.
5. Integración de las tangentes de la plasticidad.
6. Problemas de localización de la deformación mediante elementos finitos. aspectos físicos, matemáticos y computacionales.
7. Elementos finitos en viscoplasticidad.
8. Ejercicios prácticos en ordenador. preproceso y postproceso en GID.
9. Plasticidad contenida: cilindro de pared gruesa, etc.
10. Plasticidad localizadas: rotura de zapata, rotura de talud, etc.
- 11.

Las prácticas se desarrollan con un programa de elementos finitos desarrollado por el grupo al que pertenecen los profesores que imparten la asignatura, que ha sido empleado en tesis doctorales realizadas en Nanjing, Madrid, París, Milán, Bolonia y Roma. Se trata de un programa que incorpora modelos materiales de tipo plástico clásico, así como el modelo Pastor-Zienkiewicz de Plasticidad generalizada.

#### **Objetivos**

El cálculo mediante elementos finitos se ha convertido en una herramienta de análisis indispensable en ingeniería civil. Hoy en día existen en el mercado numerosos programas de cálculo, que exigen del usuario un conocimiento de los fundamentos del método empleado. Los trabajos y cursos asociados a esta línea tienen como objetivo familiarizar al alumno con los fundamentos del cálculo mediante elementos finitos en plasticidad. El estudio teórico se complementará con la resolución de casos prácticos.

#### **Bibliografía**

Se recomiendan al alumno los textos de Zienkiewicz, Crisfield, Bonet, Belytchko, y Owen, así como varios trabajos publicados por los profesores de la asignatura:

1. Numerical modelling in Geomaterials, de M.Pastor y C. di Prisco, Editado por Hermés (París, 2002)
2. Computational Geomechanics, de O.C.Zienkiewicz, A.Chan, M.Pastor, B.Schrefler y T.SHiomi (Wiley, 2001)
3. M.Pastor, A.H.C.Chan y O.C.Zienkiewicz, A generalized plasticity model for dynamic behaviour of soils including liquefaction phenomena, en "Handbook of Material Behaviour",pg. 1147-1155, J.Lemaitre (Ed), Academic Press, 2001

#### **Metodología didáctica**

9 Clases de 3 horas de duración. Cada clase consta de 1.5 horas de oral mediante exposición magistral más otras 1.5 horas de problemas a realizar por el alumno supervisados por el profesorado.

1 prácticas de laboratorio de 3 horas de duración.

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

4. Nº de créditos: Teóricos \_\_\_\_2\_\_\_\_ Prácticos (en su caso) \_\_\_\_1\_\_\_\_

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

1<sup>er</sup> cuatrimestre: martes de 19:30 a 21:30 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

La evaluación del alumno se basa en tres criterios:

4. Asistencia y participación (35% de la nota)

5. Ejercicios y problemas propuestos semanalmente (30% de la nota)

6. Trabajo y presentación final (35% de la nota)

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>INVESTIGACIÓN DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS DE FÁBRICA</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
J. León	PTU	
H. Corres	CU	

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### Programa

- Tema 1: Comportamiento estructural de la fábrica.
- Tema 2: Introducción a la construcción en fábrica.
- Tema 3: Generalidades: variables mecánicas de la fábrica.
- Tema 4: Características generales.
- Tema 5: Patologías usuales.
- Tema 6: Análisis estructural: análisis límite.
- Tema 7: Análisis rígido-plástico.
- Tema 8: Análisis elástico.
- Tema 9: Comportamiento no lineal.
- Tema 10: Aplicaciones prácticas: catedrales y puentes arco de fábrica.
- Tema 11: Análisis de sensibilidad.
- Tema 12: Detección de las variables más importantes.
- Tema 13: Deterioro de las estructuras y cambio de las condiciones de contorno.

#### Objetivos

Para los alumnos que posean un conocimiento básico de cálculo y diseño estructural, que comprendan y sean capaces de conocer el comportamiento de las estructuras de piedra o mampostería de diversos tipos, tanto para edificación, puentes u otras estructuras.

#### Bibliografía

Martínez Martínez, J.L.; Martín-Caro, J.A.; León González, J. " Comportamiento mecánico de la obra histórica de fábrica ", Monografías sobre el análisis estructural de construcciones históricas de fábrica. Grupo de Fábrica Histórica de la Unidad Docente de Hormigón Estructural. –E-. Madrid, 2001

#### Metodología didáctica

9 Clases de 3 horas de duración. Cada clase consta de 1.5 horas de oral mediante exposición magistral más otras 1.5 horas de problemas a realizar por el alumno supervisados por el profesorado.  
1 prácticas de laboratorio de 3 horas de duración.

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos   3   Prácticos (en su caso)           

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

2º cuatrimestre: viernes de 17:30 a 20:30 horas

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

Evaluación continua mediante ejercicios y problemas y pruebas ocasionales en clase.

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>MICROMECAÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS</b>				
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales				
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<b>X</b>	Afín		Metodológico

### 1. Profesorado del Curso

<b>Profesor</b>	<b>Categoría</b>	<b>Nº de horas previstas (por profesor si son varios)</b>
J. Llorca	CU	15
C. González	PA	15

### 2. Breve resumen del contenido del curso

#### **Programa**

##### Tema 1. Introducción

Ecuaciones constitutivas y microestructura. Conceptos de volumen representativo del material, homogeneización y localización. Estrategias de modelización en la micromecánica de medios continuos.

##### Tema 2. Caracterización y generación de microestructuras

Descriptores estadísticos de la microestructura. Funciones de probabilidad de n puntos. Generación y reconstrucción de microestructuras a partir de funciones estadísticas.

##### Tema 3. Modelos de campo medio

Constantes termoelásticas de sólidos heterogéneos. Tensor de Eshelby. Modelo de Mori-Tanaka para una concentración finita de inclusiones. Modelo autoconsistente para el análisis de policristales. Método diferencial y otros modelos de campo medio.

##### Tema 4. Métodos variacionales.

Teoremas variacionales para el desarrollo de cotas. Cotas de primer orden de Voigt y Reuss. Técnicas de polarización. Cotas de segundo orden de Hashin-Shtrikman. Cotas tercer orden.

##### Tema 5. Extensión al régimen no lineal

Comportamiento elástico no lineal: algoritmos secantes (clásico y modificado). Comportamiento plástico: algoritmo tangente. Grandes deformaciones.

##### Tema 6. Modelos computacionales de celdas periódicas

Conceptos básicos: tipos de periodicidad, condiciones de contorno, aplicación de cargas externas, evaluación de los microcampos y macrocampos de tensiones y deformaciones.

Casos particulares: sólidos con estructura cúbica simple, FCC, BCC. Sólidos reforzados con fibras alineadas y con partículas.

Determinación del volumen representativo de la microestructura.

Técnicas numéricas de simulación.

##### Tema 7. Otros modelos computacionales

Modelos de celda embebida.  
Modelos de elementos finitos de Voronoi.  
Modelos de elementos finitos basados en voxels.

##### Tema 8. Comparación entre las diversas técnicas de modelización

Ejemplo 1: Constantes elásticas de materiales compuestos reforzados con partículas.

Ejemplo 2: Deformación elasto-plástica de materiales compuestos reforzados con partículas.

#### **Objetivos**

La Micromecánica de Medios Continuos estudia los mecanismos de deformación y rotura de sólidos a nivel micro y mesoscópico para desarrollar ecuaciones constitutivas apoyadas en una descripción de la microestructura del material. El análisis incluye las heterogeneidades presentes debido a la estructura policristalina, la presencia de distantes fases, defectos, etc. y supone que el comportamiento de cada fase se puede describir adecuadamente con los modelos constitutivos clásicos de la Mecánica de medios continuos.

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

Este curso presenta y desarrolla las dos metodologías más utilizadas dentro de la micromecánica de medios continuos: las técnicas de clásicas de homogeneización (con las correspondientes cotas derivadas con los métodos variacionales) y los modelos basados en la micromecánica computacional. Se presentan con detalle los modelos de comportamiento termo-elástico y su extensión al régimen no lineal. Finalmente se presentan varios ejemplos de aplicación sobre materiales compuestos, que sirven para hacer énfasis en las ventajas e inconvenientes de las distintas técnicas de simulación.

### **Bibliografía**

- S. Torquato. "Random Heterogeneous Materials", Springer, New York, 2001.
- S. Nemat-Nasser y M. Hori, "Micromechanics: Overall Properties of Heterogeneous Solids", North-Holland, Ámsterdam, 1999.

### **Metodología didáctica**

20 Clases magistrales de 50 minutos de duración  
3 prácticas de ordenador 3 horas de duración

### 3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

### 4. Nº de créditos: Teóricos \_\_\_\_\_2\_\_\_\_\_ Prácticos (en su caso) \_\_\_\_\_1\_\_\_\_\_

### 5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

1<sup>er</sup> cuatrimestre: viernes de 16:30 a 19:30 horas

### 6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos....)

Evaluación continua mediante ejercicios y problemas y pruebas ocasionales en clase.

### 7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20

## DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS EN EL PRIMER PERÍODO

<b>Nombre del curso:</b>	<b>DURABILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>					
<b>Programa:</b>	Mecánica y Materiales Estructurales					
<b>Tipo:</b>	Fundamental	<input checked="" type="checkbox"/>	Afín	<input type="checkbox"/>	Metodológico	<input type="checkbox"/>

1. Profesorado del Curso

Profesor	Categoría	Nº de horas previstas (por profesor si son varios)
J. Gálvez	CU	20
A. Moragues	TU	20
S. Goñi	Invest. (CISC)	20

2. Breve resumen del contenido del curso

**Programa**

Estudio de la durabilidad de los materiales de construcción. Exposición de las técnicas de evaluación y caracterización de los materiales de construcción en relación a su durabilidad. Aplicación a los principales materiales de construcción. Exposición de casos prácticos con especial atención a los aspectos de proyecto, ejecución y mantenimiento.

**Bibliografía**

- 1-Cement chemistry, HFW Taylor, Academic Press, 1997
- 2-Lea´s chemistry of cement and concrete, Elsevier, 2003
- 3-Durabilidad del Hormigón estructural, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2001.
- 4-Concrete, Structure, Properties and Materials, ed. P. Kumar Mehta, 1986

3. Lugar de impartición

E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos

4. Nº de créditos: Teóricos   6   Prácticos (en su caso)           

5. Fecha de inicio, fecha de finalización y horario previsto:

1<sup>er</sup> cuatrimestre: lunes de 17,30 – 20,30  
 2º cuatrimestre: martes de 17,30 – 20,30

6. Sistema para la evaluación de los alumnos (examen, trabajos...)

Asistencia a clase y presentación de un trabajo que se expondrá oralmente antes los asistentes al curso.

7. Otras observaciones

Numero máximo de alumnos: 20