



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Diligencia para hacer constar que las siguientes páginas de este documento se corresponden con la información que consta en la Secretaria de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla relativa al programa oficial de la asignatura “Cálculo Avanzado de Estructuras” (1140033) del curso académico “2004-2005”, de los estudios de “Ingeniero Técnico Industrial. Especialidad en Mecánica (Plan 2001)”.

Regina M<sup>a</sup> Nicaise Fito

Gestora de Centro

Código:PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw.  
Permite la verificación de la integridad de este documento electrónico en la dirección: <https://pfirma.us.es/verifirma>

FIRMADO POR	REGINA NICAISE FITO	FECHA	06/06/2018
ID. FIRMA	PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw	PÁGINA	1/6

DPTO. MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS  
E.U.P. – SEVILLA -

PROGRAMA de la asignatura:

**CÁLCULO AVANZADO DE ESTRUCTURAS**

Asignatura: 3er. Curso. - 2º Cuatrimestre - Mecánicos

7,5 Créditos

Bloque de Intensificación.

Profesor y Coordinador: Enrique J. Nieto García ( P.T.E.U )

**INDICE**

- **OBJETIVOS**
- **PROGRAMA**
- **RESEÑA METODOLÓGICA**
- **SISTEMA DE EVALUACIÓN**

**1. OBJETIVOS**

El programa se estructura alrededor de los contenidos fundamentales del cálculo matricial de estructuras y la metodología de elementos finitos.

Se pretende dar al alumno una formación en los procedimientos de cálculo de estructuras más recientes y que aportan:

En el caso de la metodología matricial una herramienta para la resolución de estructuras de barras de una mayor complejidad (emparrillados, espaciales,... ) que no son calculables por otros procedimientos.

En el caso del M.E.F. aporta una metodología para el análisis del comportamiento mecánico de los medios continuos y que no se puede realizar con los modelos de estructuras de barras, resolubles por la metodología matricial.

FIRMADO POR	REGINA NICAISE FITO	FECHA	06/06/2018
ID. FIRMA	PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw	PÁGINA	2/6

## 2. PROGRAMA

### 2.1. PROGRAMA de CÁLCULO MATRICIAL

#### TEMA 1: Introducción al cálculo matricial de estructuras

Metodología: Concepto y ámbito de aplicación. Operatoria con matrices. Matriz de rigidez, vector carga y vector desplazamiento. Aplicación al caso de barra isostática empotrada-libre. Ejercicios.

#### TEMA 2: Cálculo matricial de barras I

Matriz de rigidez de una barra en el plano, con nudos articulados. Matriz de rigidez de una barra en el plano, con nudos rígidos. Matriz de rigidez de una barra en el plano: otros casos. Sistema de numeración. Submatrices. Ecuaciones matriciales de estado. Obtención de las submatrices:  $\{K_{11}\}$ ,  $\{K_{12}\}$ ,  $\{K_{21}\}$  y  $\{K_{22}\}$ . Matriz de flexibilidad de una barra. Ejercicios.

#### TEMA 3: Cálculo matricial de barras II

La matriz de equilibrio  $\{H\}$ . Aplicación al caso de barras, planas y espaciales, de directriz recta, con nudos articulados. Aplicación al caso de barras, planas y espaciales, de directriz recta, con nudos rígidos. Ejercicios.

#### TEMA 4: Cálculo matricial de estructuras de nudos articulados I

Coordenadas locales y globales. Matriz de transformación. Definición topológica de una estructura. Matriz de conexión. Transformación de los desplazamientos. Transformación de la matriz de rigidez. Ensamblaje de la matriz de rigidez. Ejercicios.

#### TEMA 5: Cálculo matricial de estructuras de nudos articulados II

Caso de estructura espacial de nudos articulados. Caso de vínculos parciales. Los vectores desplazamiento en nudos. Los esfuerzos en barras. Las reacciones en vínculos. Ejercicios.

#### TEMA 6: Cálculo matricial de estructuras planas de nudos rígidos

Coordenadas locales y globales. Matriz de transformación. Vector carga equivalente. Matriz de rigidez para estructuras planas de nudos rígidos. Caso de vinculación parcial. Caso de estructuras mixtas. Determinación de desplazamientos y giros. Determinación de esfuerzos en barras. Ejercicios.

#### TEMA 7: Cálculo matricial de emparrillados

Matriz de rigidez de una barra de emparrillado. Determinación de desplazamientos y giros. Determinación de esfuerzos en barras. Interpretación de resultados: Diagramas de solicitaciones. Ejercicios.

#### TEMA 8: Cálculo matricial de estructuras espaciales de nudos rígidos

Definición topológica y notación. Matrices de transformación. Matriz de rigidez de una barra en globales. Ensamblaje de la matriz de rigidez de la estructura espacial. Determinación de desplazamientos y giros. Vector de esfuerzos de barras en locales. Interpretación de resultados: Diagramas de solicitaciones. Ejercicios.

FIRMADO POR	REGINA NICAISE FITO	FECHA	06/06/2018
ID. FIRMA	PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw	PÁGINA	3/6

## 2.1. PROGRAMA de MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

### TEMA 9: Introducción al Método de los Elementos Finitos (MEF)

Planteamiento general del problema elástico: principios fundamentales, ecuaciones de compatibilidad y condiciones de contorno. Aplicaciones del MEF: sistemas discretos. Conceptos generales del MEF: discretización, ensamblaje y análisis. Transformación de coordenadas. Descripción general del proceso.

### TEMA 10: Estado de tensiones en los medios continuos elásticos: aplicación al MEF

Teorema fundamental y corolarios. Estado espacial. Estado de tensiones plano. Formulación tensorial.

### TEMA 11: Estado de deformaciones en los medios continuos elásticos: aplicación al MEF

Deformaciones de un paralelepípedo elemental. Matrices de deformación y de giro. Formulación tensorial. Ecuaciones de Beltrami o de compatibilidad. Propiedades constitutivas: ley de Hooke generalizada y ecuaciones de Lamé. Características elásticas de los materiales estructurales.

### TEMA 12: Energía potencial de deformación: aplicación al MEF

Energía potencial de deformación en función de los tensores de tensiones y deformaciones. Derivadas de la energía de deformación. Coeficientes de influencia. Aplicación al MEF del P.T.V., teoremas de Castigliano y teoremas de la reciprocidad. Aplicación a piezas prismáticas.

### TEMA 13: MEF en un medio continuo elástico: Formulación directa I

Discretización de la estructura. Aproximación de la función desplazamiento de los puntos interiores. Estado de deformación en función de los desplazamientos nodales. Estado tensional en función de los desplazamientos nodales. Matriz tensión. Fuerzas nodales equivalentes. Vector elemental de cargas nodales equivalentes.

### TEMA 14: MEF en un medio continuo elástico: Formulación directa II

Matriz de rigidez: elemental, elemento barra, elemento triángulo. Equilibrio nodal. Matriz de rigidez global. Criterios de convergencia de las funciones de aproximación de los desplazamientos. Compatibilidad en las deformaciones. Proceso general del método.

### TEMA 15: Discretización de la estructura en el MEF

Generación de malla. Condiciones de convergencia. Minimización del ancho de banda. Condensación. Tipologías de elementos finitos: barra, triangulares, rectangulares, cuadrilátero, tetraédricos, hexaédricos, curvos y axisimétricos.

FIRMADO POR	REGINA NICAISE FITO	FECHA	06/06/2018
ID. FIRMA	PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw	PÁGINA	4/6

**TEMA 16: Geometría de los elementos finitos**

Definición de la forma de los elementos finitos. Continuidad geométrica. Elementos de borde recto o plano. Coordenadas: longitudinales, triangulares y tetraédricas. Elementos curvos. Geometría de los elementos finitos en coordenadas generalizadas.

**TEMA 17: Interpolación polinomial**

Forma general. Interpolación de Lagrange. Interpolación de Hermite modificada. Acotación del error. Interpolación polinómica.

**TEMA 18: Los elementos finitos en elasticidad plana**

Matriz de rigidez del elementos finito triangular. Ensamblaje. Condiciones de contorno. Matriz de rigidez del elementos finito rectangular. Ensamblaje. Condiciones de contorno.

Apoyos: concordantes, deslizantes no concordantes y elásticos. Desplazamientos forzados. Fuerzas nodales equivalentes. Tensiones y deformaciones del elemento. Aplicaciones.

**TEMA 19: Estudio de las funciones de forma en el MEF**

Requisitos de las funciones de forma: Compatibilidad, complitud y discontinuidad admisible. Aproximación polinomial de los corrimientos. Aplicación a diferentes elementos: barra, triángulo, rectángulo, tetraedro y hexaédrico. Ensamblado de elementos finitos con nodos interiores. Fórmulas de integración. Comprobación de la formulación. Elementos isoparamétricos. Aplicaciones.

**TEMA 20: MEF en un medio continuo elástico: Formulación variacional**

Introducción al procedimiento. Ecuación de Euler-Lagrange. Ecuaciones de ligadura. Método de Ritz. La energía potencial total como variacional. Discretización de la energía potencial total con condiciones de enlace. Discretización de la energía potencial total con condiciones de ligadura entre los corrimientos. Aplicaciones.

**TEMA 21: MEF en un medio continuo elástico: Formulación residual**

Método general de los residuos ponderados. Método Galerkin. Aplicaciones.

**3. RESEÑA METODOLÓGICA**

Se plantea como aspecto importante metodológico estimular la participación del alumno en el desarrollo de las clases. Se expone habitualmente, al final de cada clase, un anticipo detallado de la actividad a desarrollar en la próxima clase, de forma que el alumno pueda orientarse y documentarse previamente.

FIRMADO POR	REGINA NICAISE FITO	FECHA	06/06/2018
ID. FIRMA	PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw	PÁGINA	5/6

Se considera de la mayor importancia el que el desarrollo de la asignatura se corresponda con la problemática práctica del cálculo de estructuras y por ello se hace especial hincapié en los ejercicios, en los problemas, etc. como medio de reflexión y análisis acerca del comportamiento físico de las estructuras.

Actualmente la primera parte de la asignatura (Cálculo Matricial) se desarrolla utilizando un entorno virtual de enseñanza-aprendizaje (EVEA) con implementación de las TIC (Tecnologías de la información y comunicación), con la colaboración del SAV de la Universidad de Sevilla.

Se plantean una serie de actividades a realizar en el EVEA durante el curso para que el alumno desarrolle una serie de aplicaciones prácticas de cálculo matricial de estructuras.

#### 4. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Se evaluarán fundamentalmente:

- Las actividades a realizar a lo largo del curso en el EVEA.
- Un trabajo individual y personalizado que habrá de realizarse correctamente.

Se valorará también la correcta realización de otros trabajos que se propongan a lo largo del curso. También podrá valorarse la participación del alumno en el aula, mediante notas de clase, en función de cómo se desarrolle el programa a lo largo del curso.

La calificación final será un promedio ponderado de las calificaciones parciales antes referidas.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

Se establece una bibliografía para la asignatura que sirve de base durante el desarrollo del programa y que es la siguiente:

NIETO, E. (1998) Estructuras arquitectónicas e industriales: su cálculo. Madrid. Editorial Tébar.

ARGUELLES, R. (1981) Cálculo de estructuras. Madrid. E.T.S.I.Montes

ARGUELLES, R. (1992) Fundamentos de Elasticidad y su programación por elementos finitos. Madrid. Editorial Bellisco.

FORNONS, J.M<sup>a</sup>. (1982) El método de los Elementos Finitos en la Ingeniería de Estructuras. Edita: Univ. Politécnica de Barcelona.

FIRMADO POR	REGINA NICAISE FITO	FECHA	06/06/2018
ID. FIRMA	PFIRM8319V80P7R+xo8PKqPbk1Rdgw	PÁGINA	6/6