

# ASIGNATURA DE GRADO: TEORÍA DE ESTRUCTURAS

UNED

Curso 2017/2018

(Código de asignatura : 68033117)

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TEORÍA DE ESTRUCTURAS
CÓDIGO	68033117
CURSO ACADÉMICO	2017/2018
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN
TÍTULOS EN QUE SE IMPARTE	<b>GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES</b> (grado seleccionado) <b>GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</b>
CURSO	CUARTO CURSO
TIPO	OPTATIVAS
Nº ECTS	5
HORAS	125
PERIODO	SEMESTRE 2
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

El objetivo general de la asignatura es el de proporcionar las hipótesis y conceptos fundamentales, que permitan asimilar el comportamiento resistente de los distintos sistemas y elementos estructurales, así como las herramientas básicas para su cálculo.

Para ello se parte de una presentación global de la disciplina, con objeto de establecer unas referencias generales que resulten útiles a lo largo del estudio de la asignatura. A continuación se abordan los métodos tradicionales empleados en el cálculo de estructuras de barras, lo que permitirá la realización de numerosos ejercicios con los que adquirir soltura a la hora de enfrentarse al problema estructural, así como la incorporación de ideas de índole práctico.

La aparición del ordenador ha hecho que se desarrollen numerosos métodos numéricos para el cálculo de estructuras. En esta asignatura y al estudiar el método de equilibrio, se abordará únicamente la formulación matricial del método directo de la rigidez. De esta forma se dará un primer paso útil desde el punto de vista práctico, ya que su aprendizaje permitirá el manejo de potentes herramientas de cálculo, y a la vez que se incorporen ideas básicas que faciliten el estudio posterior más riguroso y general de los métodos numéricos de cálculo, como es, por ejemplo, el Método de los Elementos Finitos.

En el análisis estructural se tiende a asociar el colapso de la estructura a la resistencia de los elementos y, en último término, de los materiales, existiendo sin embargo, una forma de colapso directamente relacionada con la rigidez, que consiste en la pérdida de capacidad resistente por inestabilidad elástica. Es por ello que como continuidad al análisis estructural, se estudiarán los fenómenos de inestabilidad y los métodos más simples de cálculo. Para ello se introducirán en primer lugar, y mediante ejemplos sencillos, las definiciones básicas que permitan situar el problema, para a continuación presentar los procedimientos básicos de análisis.

Se finaliza la asignatura con una introducción al cálculo plástico de estructuras de barras, que consiste en el estudio del comportamiento de las estructuras a partir del comienzo de la fluencia, instante hasta el que ha sido válido el cálculo elástico.

Esta asignatura tiene carácter cuatrimestral (2º cuatrimestre), con un total de 5 créditos lectivos.

Esta asignatura debe aportar el conocimiento relativo al comportamiento y cálculo estructural necesario para el desempeño de muchas de las ramas de la ingeniería.

Se pretende proporcionar una base sólida que permita manejar con soltura las variables y parámetros asociados a las tipologías estructurales, tanto de tipo mecánico como las clásicas en construcción, y disponer de un conocimiento preciso de la metodología básica que posibilita su cálculo.

Para su adecuado seguimiento es necesario poseer una base consistente en Elasticidad, Resistencia de Materiales y Fundamentos de Ciencia de los Materiales, y su conocimiento permitirá profundizar en el análisis del comportamiento de los materiales y el cálculo estructural avanzado, tanto por lo que se refiere a la propia metodología, como por lo relativo a las hipótesis sobre el comportamiento estructural. Por otra parte, también capacita para abordar el estudio de materias más tecnológicas, como son el cálculo de estructuras metálicas, de hormigón, mixtas, etc, en el contexto de la construcción, siendo también de aplicación en el diseño y cálculo de elementos de máquinas y necesario como herramienta en materias con un contenido de mecánica de máquinas.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para afrontar la asignatura es necesario partir de unos conocimientos adquiridos con anterioridad en otras disciplinas y que se concretan en diferentes asignaturas de Física, Mecánica y Matemáticas y fundamentalmente la Elasticidad y Resistencia de Materiales.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	<a href="#">JUAN J. BENITO MUÑOZ</a>
Correo Electrónico	<a href="mailto:jbenito@ind.uned.es">jbenito@ind.uned.es</a>
Teléfono	91398-6457
Facultad	<a href="#">ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES</a>
DEPARTAMENTO	<a href="#">INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN</a>
Nombre y Apellidos	<a href="#">ENRIQUE LOPEZ DEL HIERRO FERNANDEZ</a>
Correo Electrónico	<a href="mailto:elopez@ind.uned.es">elopez@ind.uned.es</a>
Teléfono	91398-6443
Facultad	<a href="#">ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES</a>
DEPARTAMENTO	<a href="#">INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN</a>
Nombre y Apellidos	<a href="#">EDUARDO SALETE CASINO</a>
Correo Electrónico	<a href="mailto:esalete@ind.uned.es">esalete@ind.uned.es</a>

Teléfono 91398-9474

Facultad ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES

DEPARTAMENTO INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE Y TUTORIZACIÓN

Las tutorías de la asignatura serán:

Lunes, de 16:30 a 20:30 h.

Tels.: 91 398 64 57 / 43 / 9474

Independientemente de estas tutorías se mantendrá el contacto mediante la plataforma virtual de la asignatura.

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS GENERALES

- Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
- Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
- Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales.
- Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales.
- Ampliación y aplicación de los principios de la resistencia de materiales.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Esta asignatura debe aportar el conocimiento relativo al comportamiento y cálculo estructural necesario para el desempeño de muchas de las ramas de la ingeniería. Específicamente, muchos de los titulados de este Grado, tendrán relación en su vida profesional con estructuras de edificación, aeronáuticas, navales, mecánicas, civiles, etc, y para la comprensión de su diseño, su dimensionamiento, valoración, cálculo, etc, es absolutamente imprescindible tener claros los conceptos básicos correspondientes a la materia de esta asignatura y, en su caso, los aspectos metodológicos que en ella se imparten.

Se pretende proporcionar una base sólida que permita manejar con soltura las variables y parámetros asociados a las tipologías estructurales, tanto de tipo mecánico como las clásicas en construcción, y disponer de un conocimiento preciso de la metodología básica que posibilita su cálculo.

Para su adecuado seguimiento es necesario poseer una base consistente en Elasticidad, Resistencia de Materiales y Fundamentos de Ciencia de los Materiales, y su conocimiento permitirá profundizar en el análisis del comportamiento de los materiales y el cálculo estructural avanzado, tanto por lo que se refiere a la propia metodología, como por lo relativo a las hipótesis sobre el comportamiento estructural. Por otra parte, también capacita para abordar el estudio de materias más tecnológicas, como son el cálculo de estructuras metálicas, de hormigón, mixtas, etc, en el contexto de la construcción; siendo también de aplicación en el diseño y cálculo de elementos de máquinas y necesaria como herramienta en materias con un contenido de mecánica de máquinas.

Como resultado del aprendizaje, el alumno, al finalizar el curso, deberá conocer con absoluta soltura las tipologías estructurales básicas, qué variables las afectan y dominar los conceptos fundamentales que permiten abordar su cálculo. Debe pues ser capaz de realizar modelos estructurales que simulen de forma precisa el problema, plantear el método más adecuado para su resolución, eligiendo con criterio entre las diferentes posibilidades de análisis y por

último hacer una interpretación crítica de los resultados obtenidos.

En resumen, se pretende que adquiera la capacidad de enjuiciar la necesidad del análisis y en cada caso el grado de detalle necesario, así como de realizar un cálculo a nivel básico. Por último hay que señalar, que el conocimiento de esta asignatura es imprescindible para abordar el estudio de otras de carácter más tecnológico.

## CONTENIDOS

### TEORIA DE ESTRUCTURAS

#### I.- CONCEPTOS BÁSICOS

#### II.- EL PRINCIPIO DE LOS TRABAJOS VIRTUALES Y TEOREMAS DE LA ENERGIA

#### III.- CÁLCULO DE SISTEMAS ISOSTÁTICOS. EQUILIBRIO.

#### IV.- MÉTODO DE COMPATIBILIDAD

#### V.- MÉTODO DE EQUILIBRIO

#### VI.- INESTABILIDAD.

## METODOLOGÍA

La metodología a seguir se basa en el trabajo desarrollado por el alumno, no sólo con el aprendizaje de la parte teórica de cada capítulo, sino con la puesta en práctica de dicho conocimiento resolviendo los problemas y ejercicios asociados.

Es por ello que deberá llevarse en paralelo el avance en el aprendizaje de los contenidos teóricos con su puesta en práctica, mediante la resolución de ejercicios diseñados al efecto.

Una vez estudiado cada tema, se deben analizar los ejemplos resueltos y realizar las pruebas de evaluación propuestas, que se podrán comprobar a posteriori con las soluciones que se proporcionarán en fechas señaladas.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	2
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	Calculadora de cualquier tipo (solamente para realizar cálculos matemáticos como por ejemplo operaciones con matrices, estando totalmente prohibido el uso de programas de cálculo de estructuras) y material de dibujo.
Criterios de evaluación	<p>Se indicará en el propio examen la valoración de cada problema o cuestión y será necesario para aprobar, alcanzar en cada uno de ellos un mínimo del 30 % de la puntuación asignada.</p> <p>Las pruebas personales consistirán normalmente de problemas, pudiéndose en algún caso complementar con alguna cuestión teórica o ejercicio de aplicación directa de la teoría y siempre será preciso justificar adecuadamente los resultados obtenidos.</p> <p>Para la evaluación de estas pruebas se establecen diversos niveles de ejecución que variarán</p>

lógicamente con el ejercicio así como su valoración, pero de forma orientativa se considerara:

- Planteamiento de la resolución. Siempre debe referirse de forma concreta al ejercicio propuesto sin añadir aspectos teóricos de carácter general. Así por ejemplo en un problema de cálculo matricial, se trataría del planteamiento formal de la matriz de rigidez de la estructura (indicando el tipo de elemento) y escritura de la ecuación matricial, detallando los vectores de carga y desplazamientos, es decir habiendo aplicado las condiciones de contorno y otros detalles del problema concreto (p.e. como se introducen apoyos no concordantes, elásticos, etc.).
- Desarrollo, donde no es necesario pormenorizar las operaciones pero sí dejar indicados de forma clara los pasos realizados. En el ejemplo de un problema de cálculo matricial, deberían estar claras las matrices elementales en coordenadas locales, formalizar su paso a globales y sus valores, montaje de la matriz global y otros detalles.
- Solución, cuya valoración variará mucho dependiendo del problema. En el ejemplo que se arrastra, la solución más simple sería la obtención de desplazamientos, pero puede ampliarse a la obtención de reacciones, dibujar leyes de esfuerzos, etc., variando lógicamente su ponderación dentro del conjunto de la evaluación del problema. No obstante, un resultado concreto, un número final, que en principio no parecería ser muy valorable en el contexto de un examen donde no es difícil cometer alguna errata, puede tener una ponderación importante si, por ejemplo, es evidentemente absurdo.

---

% del examen sobre la nota final	80
----------------------------------	----

---

Nota del examen para aprobar sin PEC	5
--------------------------------------	---

---

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10
--	----

---

Nota mínima en el examen para sumar la PEC	4
--	---

---

Comentarios y observaciones	Las PEC's no son obligatorias. En caso de realizarse en su totalidad supondrán el 20% de la nota final, pero en ningún caso reducirán la nota obtenida en la Prueba Personal.
-----------------------------	---

---

## PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

---

Descripción	Consisten en la realización de los ejercicios y problemas propuestos y se han agrupado en tres Bloques, los dos primeros con tres problemas cada uno que se deberán entregar tras la quinta y novena semanas del curso (las fechas concretas se indicarán en el Aula Virtual) y el último con solo un problema (cuya extensión nunca superará los dos folios), se adjuntará a la entrega de la Prueba Personal (al no permitirse ningún tipo de material en el examen, se aconseja sacar esta
-------------	---

documentación en el momento de la entrega). Durante el presente curso no habrá esta última PEC.

El objetivo de estas pruebas es en principio el de cualquier ejercicio, es decir ayudar a aclarar las ideas y afianzar conceptos, pero en este caso, además son parte de la evaluación continua. No son obligatorios y si no se presenta el primero de los bloques en el plazo previsto, se supondrá que se RENUNCIA A LA EVALUACIÓN CONTINUA. En cualquier caso, podrán servir al estudiante como PAs o en último caso como simples ejemplos, puesto que se colocarán las soluciones en el Aula Virtual inmediatamente después de la fecha señalada para su entrega.

Estas pruebas tienen el mismo formato de las Pruebas Personales y su presentación debe ser análoga a la de dichas pruebas. Aunque en el caso de estas PEC's se puede ser algo más explícito, siempre debe estar claro el planteamiento, los pasos importantes del desarrollo, aunque sin pormenorizar operaciones, y la solución.

El tiempo estimado para la realización de estas pruebas es de cuatro horas para los dos primeros bloques y 90 minutos para el tercero. A este tiempo habrá que añadir el destinado a que la presentación más esmerada (por ejemplo utilizando un procesador de texto, aunque no es obligatorio).

Criterios de evaluación	Se evaluarán siguiendo criterios análogos a los de las Pruebas Presenciales.
Ponderación de la PEC en la nota final	Las PEC's no son obligatorias. En caso de realizarse en su totalidad supondrán el 20% de la nota final, pero en ningún caso reducirán la nota obtenida en la Prueba Personal.
Fecha aproximada de entrega	Ver Aula Virtual. La primera durante la 6ª semana, la segunda durante la 10ª semana y la última, en su caso, tras la Prueba Presencial.
Comentarios y observaciones	

## OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación en la nota final	0
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

### ¿Cómo se obtiene la nota final?

La Nota Final será la mayor de las siguientes:

\* Nota Final=  $0.8 \times \text{Nota de la PP} + 0.2 \times \text{Nota de las PEC's}$ .

\* Nota Final= Nota de la PP

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

**ISBN(13):** 9788436270082

**Título:** CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

**Autor/es:** Benito Muñoz, Juan José ; López Del Hierro, E. ; Eduardo Saleté Casino ; Alvarez Cabal, R. ;

**Editorial:** Editorial UNED

Buscarlo en Editorial UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

**Comentarios y anexos:**

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

**ISBN(13):** 9788436262865

**Título:** CÁLCULO DE ESTRUCTURAS. UNIDAD DIDÁCTICA

**Autor/es:** Benito Muñoz, Juan José ; López Del Hierro Fernández, E. ; Eduardo Saleté Casino ; Alvarez Cabal, R. ;

**Editorial:** Ed. UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

**Comentarios y anexos:**

Además, para el estudio de la parte teórica y análisis de ejemplos, se puede utilizar como bibliografía complementaria el texto:

P. Martí Montrull. Análisis de estructuras. Métodos clásicos y matriciales. E. T. S. de Ingeniería Industrial. U. P. Cartagena. Horacio Escarbajal, Eds. 2003.

Este texto se ajusta bastante bien al programa de la asignatura, pero no obstante a continuación se incluye una acotación muy esquemática del mismo.

- Los Capítulos 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 18, 19 se corresponden directamente con el programa.
- El Capítulo 3, merece la pena que se lea aunque nunca se pondrá un problema en las Pruebas Personales en la que se pida que se utilice un método gráfico.
- Los Capítulos 6 y 7 se corresponden con el programa, pero como antes, no se pedirá en las Pruebas Personales que se use un método gráfico.
- Los Capítulos 11 y 12 así como todo lo que se refiere al Método de Cross, nunca se pedirá en las Pruebas Personales que se resuelva un problema por este método (ver punto relativo a la evaluación).
- Del Capítulo 20 si se contempla en el programa el tema de las simetrías.

- El Capítulo 22 se refiere al pandeo global de estructuras de barras que se corresponde con el tema VI del temario.
- El resto del texto es interesante y recomendable su estudio, pero no se corresponde con el programa de la Asignatura.

Los ejemplos son sin duda de gran utilidad para comprender los contenidos, afianzar las ideas fundamentales y abordar detalles importantes para la asimilación de los conceptos, por ello van intercalados en el Texto Básico y complementario. Es importante no solo analizarlos, sino tratar de repetir su resolución nuevamente tras su estudio sin mirar la solución.

Además se puede utilizar como bibliografía complementaria, el texto que se indica a continuación:

Corchero, J.A., Cálculo de estructuras (Resolución práctica), Servicio de Publicaciones ETSICCP, Revista Obras Públicas, E.T.S.I. Caminos Madrid, 1986.

Se trata de un libro de problemas en el que la secuencia de la tipología es muy similar al de los contenidos de la asignatura, por lo que resultará, en el caso de que se desee utilizar, muy sencillo al estudiante asociarlos con los temas correspondientes dentro del Plan de Trabajo.

#### Bibliografía:

- Alarcón, E., Álvarez, R. y Gómez Lera, M.J., *Cálculo matricial de estructuras*. Reverte, 1986.
- Alarcón, E., *Leyes de comportamiento de materiales*, Máster de T<sup>a</sup> y aplicación práctica del MEF y simulación, UNED, 2010.
- Argüelles, R., *Cálculo de Estructuras*, Sección Publicaciones E.T.S. Ingenieros de Montes, Madrid, 1986.
- Argüelles Álvarez, R. y Argüelles Bustillo, R., *Análisis de Estructuras. Teoría, problemas y programas*. Fund. Conde del Valle Salazar, 1996.
- Benito, C., *Nociones de Cálculo Plástico*, 3ª Ed., Revista de Obras Públicas, 1975.
- Coates, R.C., Coutie, M.G., Kong, F.K., *Structural Analysis*. Nelson, 1981.
- Corchero, J.A., *Cálculo de estructuras (Resolución práctica)*, Servicio de Publicaciones, Revista Obras Públicas, E.T.S.I. Caminos Madrid, 1986.
- Cudos, V., Quintero, F., *Estructuras metálicas*, Fundación Escuela de la Bellisco, 1990.
- Davies, G.A.O., *Virtual work in structural analysis*, John Wiley and Sons, 1982.
- Doblaré, M., Gómez Lera, M.S., *Problemas de estructuras articuladas y reticuladas*, Servicio de Publicaciones E.T.S. Ingenieros Industriales, U.P.M. 1982.
- Doblaré Castellano, M. y Gracia Villa, L., *Análisis Límite de estructuras. Vol I: Estructuras de barras*, Servicio de publicaciones de la Universidad de Zaragoza, 1990.
- Doblaré Castellano, M. y Gracia Villa, L.; *Análisis Lineal de estructuras*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza.
- Doblaré Castellano, M. y Gracia Villa, L., *Cálculo plástico de estructuras de barras*, Depto. De Ingeniería Mecánica. Universidad de Zaragoza.
- Fleming, J.F., *Analysis of Structural Systems*, Prentice-Hall, 1997.
- Garrido, J.A. y Foces, A., *Resistencia de Materiales*, Universidad de Valladolid, 1994.
- Ghali, A. y Neville, A.M., *Structural Analysis*, Chapman and Hall, 1975.
- Kardestuncer, H., *Introducción al análisis estructural con matrices*, McGraw-Hill, 1974.
- Martí Montrull, P., *Análisis de estructuras. Métodos clásicos y matriciales*. Horacio Escarbajal, Eds. 2003.
- Norris, Ch., Wilbur, J.B. y Utku, S., *Análisis elemental de estructuras*. McGraw-Hill, 1982.
- Pilkey, W.D., Wunderlich, W., *Mechanics of Structures. Variational and Computational Methods*, CRC Press, Inc., , 1994.
- Rodríguez-Avial Llardent, M., *Elasticidad y Resistencia de Materiales*, Unidades Didácticas, UNED, 2005.
- Rodríguez-Avial, M., *Fundamentos de Resistencia de Materiales*, Unidades Didácticas, UNED, 2004.
- Rossow, E.C., *Analysis and behavior of structures*, Prentice Hall, 1996.
- Schodec, D.L., *Structures*, Prentice Hall, 1998.
- Studer, M.-A., Frey, F., *Introduction à l'analyse des structures*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1997.
- Timoshenko, S.P., Young, D.H., *Teoría de Estructuras*, Urmo, 1976.

Nota. Esta bibliografía debe entenderse como de consulta y únicamente en algún caso como alternativa. El alumno deberá ponerse en contacto con el equipo docente de la asignatura antes de su utilización.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Como complemento al apoyo, se dispone de una plataforma virtual en la que se publicará documentación complementaria de apoyo como la siguiente:

- Ejercicios y problemas resueltos.
- Pruebas de evaluación a distancia.
- Programas de ordenador para cálculo de estructuras.
- Novedades en bibliografía complementaria.
- ...

## Actividades optativas

### - Introducción a los contenidos de las actividades optativas

La dificultad para encontrar soluciones cerradas a las ecuaciones diferenciales que definen el comportamiento de los medios continuos y la aparición del ordenador, provocaron un espectacular desarrollo de los métodos de búsqueda de soluciones aproximadas, entre los que hay que destacar el Método de los Elementos Finitos (MEF).

Partiendo de un planteamiento general, aunque sin profundizar en el cuerpo matemático que sobre el tema se ha establecido con el tiempo, aquí se pretende abordar el M.E.F., repitiendo el análisis de los problemas de barras realizado al estudiar el cálculo matricial de estructuras en el Capítulo V del programa de la asignatura, pero ahora introduciendo los conceptos que dan generalidad y potencia al método. A continuación se trata de forma exhaustiva el problema elástico, lo que además sirve para introducir con suficiente detalle las principales ideas y pormenores del método. Un paso más que excepcionalmente se podría dar, es el de abordar tipologías estructurales de gran interés pero que no se han podido incluir por falta de tiempo en el programa de la asignatura, como son las placas y láminas, analizando los problemas que plantea su solución mediante elementos finitos (bloqueo, integración reducida, no conformidad, etc.) o el tratamiento de problemas no lineales, pero quizás todo ello ya lejos del alcance de este curso.

El material básico para su estudio, que se encuentra en el Aula Virtual, es:

J. J. Benito, R. Álvarez Cabal. Introducción al Método de los Elementos Finitos (cálculo lineal).

Programas de Cálculo por elementos finitos ELFIN, E.T.S.I.I., UNED.

Ya se ha indicado que no se podrá iniciar esta actividad antes de haber finalizado el estudio del Capítulo V del programa de la asignatura, pero además sería muy conveniente que también se repasase previamente en profundidad la Teoría de la Elasticidad y los procedimientos de análisis matricial, que han sido expuestos en las asignaturas básicas de Matemáticas.

Esta actividad es totalmente voluntaria y no se podrá comenzar antes de la décima semana, que es en la que el estudiante ha adquirido la formación mínima para abordar el estudio de esta materia con garantías de éxito.

El estudiante deberá ponerse en contacto con el equipo docente para su realización y NO tendrá ninguna influencia en la calificación final

### - Plan de Trabajo de las Actividades Optativas

Semana	Actividad	Contenidos
10 <sup>a</sup>	Actividades Optativas 1.	<b>Introducción al Método de los Elementos Finitos (MEF).</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Introducción. Planteamiento diferencial.</b></li><li>- <b>Referencia histórica.</b></li><li>- <b>Formulación integral del problema de valores en el</b></li></ul>

		<b>contorno.</b> <b>- Aproximación.</b>
11 <sup>a</sup>	Actividades Optativas 2.	<b>- Características del MEF.</b> <b>- Idea de elemento.</b> <b>- Coordenadas naturales. Elementos estándar.</b>
12 <sup>a</sup>	Actividades Optativas 3.	<b>- Convergencia.</b> <b>- Elementos isoparamétricos.</b> <b>- Síntesis de las características globales. Aplicación de las condiciones de contorno.</b>

## Pruebas de Autoevaluación

Las PAs además de su interés para ayudar a la asimilación de los contenidos teóricos, como los ejemplos a los que nos hemos referido en el punto anterior, tienen la función de que el estudiante pueda autoevaluar su progreso en la adquisición de conocimientos. Este ejercicio le permitirá conocer sus problemas para la comprensión de los conceptos y le ayudará a concretar cuestiones a plantear al Profesor Tutor y/o al Equipo Docente, pudiendo solicitar la ampliación de la documentación con objeto de facilitar la comprensión de algún asunto concreto.

Como ya se ha indicado, sugerimos que estas PAs se realicen tras el estudio de la parte teórica a la que se refieren o al menos en la semana en la que aparecen ubicadas en el Plan de Trabajo. Para facilitar esta tarea, a continuación se enuncia cada uno de los problemas con una breve indicación, suficiente para que el estudiante los pueda ubicar dentro del cronograma.

Bloque 1º
PA 1.- Estructura isostática, método de nudos.
PA 2.- Estructura isostática, método de Maxwell- Cremona (aunque es un método que tiene un gran interés, puesto que su estudio ayuda a “ver” el fenómeno físico y, por tanto a comprender la solución algebraica, no será objeto de las Pruebas Personales).
PA 3.- Estructura isostática, método de las secciones.
PA 4.- Estructura isostática compleja, método de Henneberg.
PA 5.- Estructura isostática, cálculo de desplazamientos por el método de Williot. (se puede decir lo mismo que lo indicados para la PA 2 y, por lo tanto, no se preguntará en las PPs).
PA 6.- Estructura isostática, cálculo de desplazamientos mediante el Principio de los Trabajos Virtuales (PTV).
Bloque 2º
PA 7.- Estructura hiperestática interna, solución mediante el PTV.
PA 8.- Estructura hiperestática externa, solución mediante el PTV.
PA 9.- Estructura hiperestática externa, solución mediante el PTV. Caso con un incremento de temperatura.
PA 10.- Estructura hiperestática interna, solución mediante el PTV. Caso con un error de ejecución.
PA 11.- Línea de influencia. Es un tema opcional ya que aunque tiene interés, no entra en el programa de la asignatura.
Bloque 3º

PA 12.- Viga continua, Método Directo de la Rigidez con planteamiento del sistema de ecuaciones.

PA 13.- Estructura reticulada intranslacional, cuya solución se realiza por el Método Directo de la Rigidez con planteamiento del sistema de ecuaciones, mediante el método de Cross y matricialmente (por este motivo aparece en dos semanas distintas).

PA 14.- Estructura reticulada intranslacional, cuya solución se realiza por el Método de Cross.

PA 15.- Estructura reticulada translacional, análisis del grado de translacionalidad.

PA 16.- Estructura reticulada translacional, cuya solución se realiza por el Método de Cross. Es complementario de la PA 13.

PA 17.- Estructura reticulada translacional, cuya solución se realiza por el Método Directo de la Rigidez con planteamiento del sistema de ecuaciones, mediante el método de Cross y matricialmente (por este motivo aparece en dos semanas distintas).

PA 18.- Marco, ejemplo para el análisis de simetrías.

#### Bloque 4º

(se puede repetir la realización de todos los ejercicios anteriores, tanto de celosías como de estructuras reticuladas, de forma matricial).

PA 19.- Celosía, cálculo matricial. Ejercicio para aclarar la definición de la matriz de rigidez de una estructura.

PA 20.- Celosía, cálculo matricial.

PA 21.- Celosía, cálculo matricial. Caso de apoyo no concordante.

PA 22.- Estructura reticulada, cálculo matricial. Caso de apoyo elástico.

PA 23.- Estructura reticulada, cálculo matricial. Caso con un incremento de temperatura.

PA 24.- Emparrillado, cálculo matricial.

#### Bloque 5º

PA 25.- Cálculo plástico, comportamiento de la sección.

PA 26.- Cálculo plástico, método de combinación de mecanismos

Los problemas que están resueltos por el método de Cross, pueden realizarse de nuevo planteando el sistema de ecuaciones por aplicación del Método Directo de la Rigidez o matricialmente.

Los problemas y ejercicios propuestos como PAs son de características similares a los que se pondrán en las Pruebas