

# TEORÍA DE ESTRUCTURAS

Curso 2015/2016

(Código: 68033117)

## 1. PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

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.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS

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.

### 3.REQUISITOS PREVIOS REQUERIDOS 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.

### 4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

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.

### 5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

El contenido de la asignatura ha sido comentado en la presentación de la presente guía, y se articula de la forma siguiente:

#### I.- CONCEPTOS BÁSICOS

##### 1.1.- Generalidades

1.1.1.- Concepto de Estructura

1.1.2.- El cálculo en el proceso general de diseño

1.1.3.- Tipología o clasificación

##### 1.2.- Principios básicos

1.2.1.- Pequeños desplazamientos

1.2.2.- Comportamiento lineal y elástico

1.2.3.- Superposición

##### 1.3.- Relaciones fundamentales



- 1.3.1.- Equilibrio
- 1.3.2.- Compatibilidad
- 1.3.3.- Ley de comportamiento
- 1.4.- Condiciones de contorno
- 1.5.- Determinación e indeterminación estática
- 1.6.- Indeterminación cinemática. Grados de libertad
- 1.7.- Métodos de cálculo de estructuras
  - 1.7.1.- Método de compatibilidad
  - 1.7.2.- Método de equilibrio

1.8.- Comparación entre los métodos de cálculo de estructuras

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

- 2.1.- Introducción
- 2.2.- Problema de valores en el contorno. Planteamiento diferencial
- 2.3.- Trabajo, energía de deformación y sus complementarios
  - 2.3.1.- Energía de deformación debida a una fuerza axial
  - 2.3.2.- Energía de deformación debida a un momento flector
  - 2.3.3.- Energía de deformación debida a un esfuerzo cortante
  - 2.3.4.- Energía de deformación debida a la torsión
- 2.4.- Formulación integral del problema de valores en el contorno. Principio de los trabajos virtuales
  - 2.4.1.- Principio de los trabajos virtuales
  - 2.4.2.- Formulación débil del problema de valores en el contorno
  - 2.4.3.- Formulación variacional
- 2.5.- Aplicaciones del principio de los trabajos virtuales
  - 2.5.1.- Aplicación del P.T.V. en estructuras de nudos articulados
    - 2.5.1.1.- Método de la compatibilidad
    - 2.5.1.2.- Método de equilibrio
  - 2.5.2.- Aplicación del P.T.V. en estructuras de barras en general
    - 2.5.2.1.- Aplicación para la obtención de ecuaciones de compatibilidad
    - 2.5.2.2.- Aplicación para la obtención de ecuaciones de equilibrio
- 2.6. Teoremas energéticos
  - 2.6.1.- Teoremas de Maxwell y Betti
  - 2.6.2.- Teorema de Engesser
  - 2.6.3.- Teorema de Castigliano (2ª parte)
  - 2.6.4.- Teorema del mínimo potencial total
  - 2.6.5.- Teorema de Castigliano (1ª parte)

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

- 3.1.- Introducción.
- 3.2.- Métodos de resolución.
  - 3.2.1.- Método de los nudos.



- 3.2.2.- Cremona.
- 3.2.3.- Secciones.
- 3.3.-Estructuras complejas. Método de Henneberg.
- 3.4.- Cálculo de desplazamientos.
  - 3.4.1.- Compatibilidad.
  - 3.4.2.- Williot-Mohr.
  - 3.4.3.- Principio de los Trabajos Virtuales.

#### **IV.- MÉTODO DE COMPATIBILIDAD**

- 4.1.- Introducción
- 4.2.- Liberación de vínculos. Elección de las incógnitas hiperestáticas.
- 4.3.- P.T.V. Principio de los Trabajos Virtuales
- 4.4.- Cálculo de movimientos

#### **V.- MÉTODO DE EQUILIBRIO**

- 5.1.- Grados de libertad
  - 5.1.1.- Definiciones
  - 5.1.2.- Simplificaciones. Hipótesis de barras inextensibles
  - 5.1.3.- Simplificaciones. Translacionalidad
  - 5.1.4.- Simplificaciones. Simetrías
- 5.2.- Relaciones de Comportamiento de la barra prismática
  - 5.2.1.- Fuerzas de empotramiento
  - 5.2.2.- Relaciones de comportamiento de la barra
- 5.3.- Formulación del Método de la rigidez
  - 5.3.1.- El método directo de la rigidez en celosías
  - 5.3.2.- El método directo de la rigidez en estructuras reticulares
- 5.4.- Método de Cross
  - 5.4.1.- Introducción
  - 5.4.2.- Hipótesis preliminares
  - 5.4.3.- Definiciones previas
  - 5.4.4.- Bases
  - 5.4.5.- Método
  - 5.4.6.- Casos particulares de aplicación
- 5.5.- Estructuras translacionales
- 5.6.- Formulación matricial del método de la rigidez
  - 5.6.1.- Formulación matricial
  - 5.6.2.- Conclusiones
  - 5.6.3.- Aplicaciones

#### **VI.- INESTABILIDAD.**

- 6.1.- Grandes deformaciones.
- 6.2.- Grandes desplazamientos.



6.3.- No linealidad geométrica.

6.4.- Métodos de análisis. Planteamientos en bifurcación.

6.5.- Métodos de análisis. Generalización de los planteamientos en bifurcación.

6.6.- Métodos de análisis. Planteamientos en amplificación.

6.7.- Análisis de pórticos.

## **VII.- CÁLCULO PLÁSTICO DE ESTRUCTURAS DE BARRAS.**

7.1.- Introducción.

7.2.- Comportamiento de la sección.

7.2.1.- Hipótesis.

7.2.2.- Comportamiento de la sección sometida a tracción o compresión simples.

7.2.3- Comportamiento de la sección sometida a flexión pura.

7.2.4- Comportamiento de la sección sometida a flexión simple.

7.2.5- Comportamiento de la sección sometida a flexión compuesta.

7.3.- Métodos paso a paso para el cálculo plástico de estructuras de barras.

7.3.1.- Estructuras de nudos articulados.

7.3.2.- Estructuras de nudos rígidos.

7.4.- Métodos Estático y Cinemático.

7.4.1.- Método Estático.

7.4.2.- Método Cinemático.

7.5.- Teoremas básicos.

7.5.1.- Teorema estático o de mínimo.

7.5.2.- Teorema cinemático o de máximo.

7.5.3.- Teorema de unicidad.

7.5.4.- Método de combinación de mecanismos.

7.6.- Cálculo de movimientos.

7.6.1.- Cálculo de movimientos y análisis de la zona plastificada.

7.6.2.- Métodos aproximados para el cálculo de movimientos.

## **6.EQUIPO DOCENTE**

- [JUAN J. BENITO MUÑOZ](#)
- [ENRIQUE LOPEZ DEL HIERRO FERNANDEZ](#)
- [EDUARDO SALETE CASINO](#)

## **7.METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**



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.

## 8.EVALUACIÓN

Para la evaluación del aprendizaje, el planteamiento que se realiza en esta asignatura es el siguiente:

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN A DISTANCIA

Estas pruebas estarán formadas por problemas y cualquier recomendación adicional será enviada junto con ellas.

El alumno encontrará estas pruebas en la plataforma virtual de la asignatura.

### PRUEBAS PERSONALES

Las pruebas personales consistirán fundamentalmente en problemas, pudiéndose en algún caso complementar con alguna cuestión teórica o ejercicio de aplicación directa de la teoría.

Durante la realización de estas pruebas no se podrá utilizar libros o apuntes, sino únicamente material de dibujo y calculadora de cualquier tipo.

## 9.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

BENITO MUÑOZ, J.J., ÁLVAREZ CABAL, R., LÓPEZ DEL HIERRO FDEZ., *Cálculo de Estructuras. Unidad Didáctica*. UNED.(2011).

## 10.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

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.

Martí Montrull, P., *Análisis de estructuras. Métodos clásicos y matriciales*. Horacio Escarbajal, Eds. 2003.

### BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA:



- 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*, 3<sup>a</sup> 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 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.
- 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.

## 11.RECURSOS DE APOYO

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.
- ...

## 12.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.

