

Guia docent

820443 - FEM - Formigó Estructural

Última modificació: 26/06/2025

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Unitat que imparteix: 737 - RMEE - Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

Titulació: Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 6.0
Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: P

Altres: P

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Transversals:

1. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 3: Planificar i utilitzar la informació necessària per a un treball acadèmic (per exemple, per al treball de fi de grau) a partir d'una reflexió crítica sobre els recursos d'informació utilitzats.

METODOLOGIES DOCENTS

M

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Formar al alumno en el diseño, cálculo, verificación y construcción de estructuras de hormigón.
2. Dotar al alumno de los conocimientos suficientes para proyectar una estructura de hormigón conforme a la normativa vigente. Para lograr ambos objetivos, la asignatura se divide en varias partes en función de su finalidad docente:
Parte I. Fundamentos teóricos: temas 1 a 18. Constituye el cuerpo teórico de la asignatura consumiendo prácticamente todos los recursos presenciales de teoría.
I.1 Conocer las solicitudes de la estructura. Saber valorarlas, cumpliendo los requisitos exigidos en la normativa y combinarlas para establecer las solicitudes de diseño.
I.2 Conocer los mecanismos de respuesta de la estructura frente a las solicitudes. Conocer los mecanismos de rotura y de incumplimiento de la función para la cual la estructura debe estar diseñada. Saber valorar la resistencia frente a los posibles modos de fallo, cumpliendo con los requisitos normativos.
I.3 Conocer cómo diseñar el armado de la estructura para que en base a las solicitudes de diseño cumpla los criterios resistentes y de funcionalidad. Saber aplicar las prescripciones de la normativa vigente.

Parte II. Aplicaciones: temas 19 a 29. Constituye una colección amplia y general de las aplicaciones del hormigón estructural. No es posible, en un solo curso, contemplar todas las aplicaciones consideradas, pero es de gran importancia que el alumno disponga de una mínima información de cada una de ellas. De esta parte, se impartirá docencia de 4 temas (del tema 19 a 22) por ser de común aplicación en la práctica profesional. Los alumnos elegirán uno de los 8 temas restantes (23 a 30), en grupos de trabajo, que expondrán al resto de sus compañeros en clase, mediante una presentación de 30 minutos.
II.1 Aplicar los conocimientos teóricos a los casos particulares de importancia en el sector de la construcción con hormigón.
II.2 Aprender a estudiar un tema, buscar información y preparar una exposición.
II.3 Disponer de bibliografía donde acudir en un futuro profesional.

Parte III. Investigaciones: temas 31 a 33. Finalmente, se incluye esta parte donde el profesorado indica temas de suficiente entidad para información del alumno. Se elegirá un tema que el profesor expondrá mediante una presentación de 30 minutos, que a su vez, servirá de guía para las presentaciones de los alumnos de la aplicación particular que se les haya asignado.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	45,0	30.00
Hores grup petit	15,0	10.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

1 Tema 0 Introducció.

Descripció:

Estructuras de hormigón armado, de hormigón pretensado y de hormigón postesado. Elementos de hormigón prefabricado. Se presentan diversas estructuras construidas con hormigón observando la diversidad de aplicaciones del hormigón en la construcción; los principales sistemas de diseño de una estructura: viga-columna, placa aligerada, placa y viga, placa maciza, pórticos, muros de cortante; así como diversas tipologías estructurales y el uso del hormigón en las cimentaciones de estructuras. Se presentan estructuras resueltas con hormigón pretensado/postesado. Estructuras mixtas.

Objectius específics:

Presentar la asignatura en el contexto de los estudios de la titulación.

Tema 1 Normas y códigos.

Descripció:

La normativa actual en España: EHE y CTE. Normativa internacional de referencia: ACI y EC. Otras normas de interés en la construcción industrial y en la obra civil.

Breve discusión histórica de las distintas normativas nacionales hasta llegar a las actualmente vigentes: discusión de la tendencia futura en el marco normativo. Normativas de referencia internacionales: el código americano del American Concrete Institute (ACI) y la normativa europea (Eurocódigos). Listado de normas y códigos de referencia considerados de interés en estructuras de hormigón.

Objectius específics:

Conocer la normativa vigente nacional aplicable a las estructuras de hormigón. Conocer la normativa asociada a la construcción de estructuras. Conocer un mínimo de normativa internacional y saber valorar su importancia en el área de estructuras de hormigón. Conocer normativa específica.

Tema 2 Materiales

Descripció:

Constituyentes del hormigón: cemento, áridos, agua, aditivos. Tipos de hormigón y valores usuales de su resistencia característica. El acero para las armaduras pasivas. Armaduras activas. Test usuales de aceptación de materiales y de cuantificación de sus propiedades. Introducción a la dosificación del hormigón. Hormigones especiales. Tratamiento normativo de las propiedades del hormigón y de las armaduras: diagramas característicos y de diseño según EHE: comparación con otras normativas.

Introducción a las propiedades reológicas del hormigón y su modelización: su tratamiento en la EHE.

Cómputo de las pérdidas de pretensado. Pérdidas instantáneas. Pérdidas diferidas.

Objectius específics:

Conocer los materiales que constituyen las estructuras de hormigón. Conocer básicamente los elementos que forman el hormigón estructural y su dosificación. Conocer las propiedades más notables de los materiales y su modelización matemática. Entender el uso de los distintos modelos matemáticos. Ser capaz de calcular las pérdidas del pretensado.

Tema 3 Acciones

Descripció:

Se definen y valoran las principales acciones a las que puede verse solicitada una estructura: valoración del peso propio de los materiales y cargas de carácter permanente; las características de las cargas vivas: sostenidas o extraordinarias, el viento, el sismo, la nieve. Introducción al tratamiento estadístico de las cargas y su cuantificación en los distintos códigos internacionales: caso particular del CTE-DB-AE; otros códigos de acciones en la estructuras: el EC1 (Europa) y el ASCE-7 (EEUU).

Objectius específics:

Saber clasificar las acciones a las que se verá sometida una estructura. Saber valorar las distintas acciones según la normativa vigente. Entender el tratamiento estadístico en la definición de la acción. Conocer la definición de las acciones en la normativa internacional.

Tema 4 Estados Límites

Descripció:

Probabilidad de fallo de una estructura. Estados Límites: diseño basado en la probabilidad de fallo. Coeficientes de mayoración de las acciones en las distintas normativas. Combinación de las acciones, tratamiento internacional: caso particular, combinaciones definidas en la EHE y coeficientes de combinación de las acciones. Filosofía general de comprobación de los Estados Límites: la versión europea vs americana; aplicación en España. Aplicación práctica: envolvente de acciones en una estructura; obtención de los axiles, cortantes y flectores de diseño en una viga.

Objectius específics:

Comprender la filosofía de diseño según los estados límites. Saber aplicar los coeficientes de mayoración a las correspondientes acciones y saber combinarlas.

Tema 5 Estado límite último frente a solicitaciones normales

Descripció:

Hipótesis generales para el tratamiento del ELU de agotamiento frente a solicitaciones normales. Dominios de rotura en EHE. Dimensionado del armado a flexión compuesta recta en secciones de hormigón armado rectangulares. Comprobación de secciones rectangulares de hormigón armado. Fórmulas simplificadas: anejo de la EHE. Diagramas de interacción en rotura. Diagramas para flexión compuesta desviada: caso general. Requisitos mínimos de armado de vigas según la EHE.

Objectius específics:

Entender y saber deducir las ecuaciones de comportamiento en rotura de una sección rectangular de hormigón armado. Saber dimensionar una armadura a flexión. Saber calcular los diagramas de interacción. Aplicar la normativa para el armado de una viga.

Tema 6 Estado límite último de inestabilidad

Descripció:

Concepto de inestabilidad: repaso de la carga crítica de Euler, longitud de pandeo, esbeltez y criterios de fallo: su aplicación a columnas de acero y a columnas de hormigón. Columnas o pilares esbeltos, el tratamiento de la inestabilidad en la EHE: método general y método simplificado. Obtención de diagramas de interacción axil-flector. Obtención de diagramas generales de integración en flexión compuesta desviada. Armado de pilares: ábacos, métodos simplificados. Método general: introducción al tratamiento del ELU de Inestabilidad propuesto por el profesor López-Aguí. Requisitos mínimos de armado de pilares según la EHE. Los diagramas tensión-deformación para hormigón confinado.

Objectius específics:

Comprender el fenómeno de inestabilidad. Saberlo aplicar a una columna ideal de acero. Conocer cómo la normativa trata el pandeo de columnas de hormigón. Saber armar un pilar dentro del ámbito de aplicación de la EHE.

Tema 7 Estado límite último frente a tensiones tangenciales. Cortante y torsión.

Descripció:

Introducción: analogía de la celosía. Cortante reducido, efecto del pretensado. Regla de cosido. El cortante de cálculo según la EHE. Cortante a borde y a canto útil. Comprobaciones necesarias: a compresión oblicua y tracción oblicua en el alma. La resistencia a cortante de secciones sin armadura a cortante. La resistencia a cortante de secciones con armadura de cortante: dimensionado de la armadura. Disposición de la armadura a cortante. Interacción cortante-flector: regla del "desplazamiento de la ley de flectores un canto útil".

Comportamiento a torsión de los elementos de hormigón. Método de cálculo en rotura. Teoría de la celosía 3D. Sección hueca eficaz. Resistencia a la torsión por compresión y tracción en elementos de hormigón armado y pretensado. Disposiciones relativas a las armaduras. Interacción flexión-cortante-torsor.

Objectius específics:

Saber evaluar la resistencia frente a tensiones tangenciales. Saber comprobar el ELU de cortante y el ELU de torsión

Tema 8 Estado límite último de punzonamiento

Descripció:

Concepto de punzonamiento: punto de vista de rotura de placas bajo carga puntual. El tratamiento del punzonamiento en la EHE. Armado a punzonamiento. Detalles constructivos: los macizados en losas reticulares; los capiteles.

Objectius específics:

el fenómeno de punzonamiento. Saber comprobar el ELU de punzonamiento

Tema 9 Otros estado límites últimos: anclaje, adherencia y frente a esfuerzo rasante

Descripció:

Longitud de anclaje y su cálculo. Condiciones exigidas en la EHE. Anclaje de grupos de barras. Anclaje de las armaduras transversales. Empalme de armaduras.

Concepto de adherencia. La adherencia en las diferentes normativas.

Comprobaciones necesarias a esfuerzo rasante: interfaz entre dos hormigones. Vigas prefabricadas con losa in situ.

Objectius específics:

Saber aplicar los estados límites últimos de anclaje, adherencia y verificación a esfuerzo rasante.

Tema 10 Estado límite último de fatiga

Descripció:

Concepto de fatiga. Diagrama de Goodman. Acumulación de efectos: regla de Palmgren-Miner. Fatiga en los materiales: hormigón, armaduras pasivas, armaduras activas. Comprobación ELU de fatiga: propuesta del código modelo.

Objectius específics:

Dar unas nociones básicas de fatiga

Tema 11 Estado límite de fisuración

Descripció:

Concepto de sección fisurada: cálculo de las deformaciones y tensiones en una sección de hormigón. Tratamiento de la fisuración: filosofía americana vs europea. Obtención de la abertura de fisuras según EC y EHE. Límites de la abertura de fisura según el ambiente en EHE. Reglas de buena práctica: control de la fisuración mediante cuantías mínimas de armadura, su separación y su diámetro. El tratamiento de la fisuración en las secciones pretensadas: introducción al diseño del pretensado.

Objectius específics:

Comprender la fisuración del hormigón: su génesis y su tratamiento según la corriente americana y la europea. Saber evaluar el ancho de fisura de un miembro de hormigón. Saber aplicar el ELS de fisuración. Saber dimensionar un pretensado en una sección dada para cumplir con determinados gados de fisuración

Tema 12 Estado límite de deformación

Descripció:

Rigidez de una sección de hormigón armado. Curvaturas en una sección sin fisuración y en una sección fisurada. Integración de las curvaturas y cálculo de la flecha. Métodos numéricos sencillos de integración de las curvaturas en vigas de hormigón. Evaluación de la flecha diferida según la EHE. Flechas admisibles. El ratio l/d en EC2.

Criterios de deformación en vigas pretensadas.

Introducción al cálculo de las flechas diferidas. Aplicación a un forjado unidireccional de edificación. La flecha activa.

Objectius específics:

Comprender la deformación de las vigas de hormigón: la deformación instantánea y la deformación diferida. Saber calcular la inercia de la sección fisurada y sin fisurar. Saber estimar la flecha de una viga cargada en varias etapas.

Tema 13 Estado límite de vibraciones

Descripció:

Fuentes de vibraciones: armónicas y aleatorias. Ejemplos. Verificación del ELS de vibraciones según la EHE.

Objectius específics:

Dar una introducción al efecto de las vibraciones en las estructuras de hormigón. Saber obtener las frecuencias propias de estructuras simples.

Tema 14 Cuantía mínimas. Disposición de las armaduras. Longitudes de anclaje, solape y empalmes de armaduras

Descripció:

Cuantías mínimas de armadura exigidas a los distintos elementos en la EHE. Disposición de las armaduras, anclaje, solape y empalme de las mismas: reglas de buena práctica. Detalles constructivos habituales en las estructuras de hormigón: biblioteca técnica.

Objectius específics:

Conocer las prescripciones de la normativa respecto a cuantías de las armaduras de acero y disposición de las mismas

Tema 15 Mecanismos de deterioro. Ataque químico al hormigón. Corrosión de las armaduras

Descripció:

Descripción de las principales causas de deterioro de las estructuras de hormigón: corrosión de las armaduras: carbonatación y ataque por cloruros; reacción árido-álcali; ataque por sulfuros; ataque por taumasita. Estimación de la vida útil de una estructura de hormigón. La importancia del recubrimiento de las armaduras. Recubrimientos mínimos exigidos en la EHE.

Objectius específics:

Introducir al alumno a los principales mecanismos de deterioro del hormigón. Comprender el efecto que el recubrimiento tiene en la durabilidad de las estructuras de hormigón

Tema 16 Resistencia al fuego

Descripció:

El comportamiento frente al fuego como un requisito de servicio de la estructura. Estimación de la resistencia al fuego de los principales elementos de hormigón: forjados y columnas. Aplicación del CTE.

Objectius específics:

Introducir al alumno en el comportamiento térmico del hormigón. Saber evaluar la resistencia al fuego de los principales elementos: forjados y columnas

Tema 17 Métodos de análisis de estructuras de hormigón. Elástico, redistribución y plástico. El método "paso a paso" en el tiempo

Descripció:

El método clásico de análisis de estructuras: análisis elástico lineal. Los programas de ordenador y la teoría matricial de estructuras. El método de los elementos finitos. Advertencia al uso de software: ejemplos de pifias inadmisibles. Otros métodos de cálculo: la redistribución de esfuerzos. "Las estructuras de hormigón se comportan como las armas, no como las calculas". Introducción al método general "paso a paso" en el tiempo.

Objectius específics:

Conocer, distinguir y saber aplicar el método elástico lineal de estructuras, la redistribución de momentos en vigas de hormigón y el cálculo plástico de estructuras. Introducir al alumno en el método "paso a paso" en el tiempo.

Tema 18 Método de bielas y tirantes

Descripció:

Las regiones en la EHE. Las regiones "D". Presentación de la analogía de la cercha: el modelo de bielas y tirantes para las regiones D. Valor admisible de la compresión en la biela. Dimensionamiento de la armadura del tirante. Ejemplos de aplicación: ménsulas cortas; zapatas aisladas rígidas. La publicación especial del ACI: SP-XX.

Objectius específics:

Presentar el método de bielas y tirantes. Saber aplicar el método a casos sencillos: ménsula corta y zapata aislada rígida

Tema 19 Construcciones agro-industriales. Cubiertas industriales

Descripció:

Elementos típicos en una nave agro-industrial: cálculo y armado. Ejemplo de una nave típica resuelta con viga peraltada. Ejemplos de cubiertas de hormigón.

Objectius específics:

Dotar al alumno de los conocimientos suficientes para definir el armado de las vigas peraltadas y los pilares de una construcción agro-industrial típica

Tema 20 Forjados. Placas. Pórticos virtuales

Descripció:

Filosofía general de diseño y armado de placas. Diseño plástico: "Johansen Line Method Theory" y "Hilleborg Strip Method".

Armado de losas según EC2-EHE y ACI.

Armado de losas nervadas.

Introducción a los forjados unidireccionales. El aspecto normativo. La prefabricación. Viguetas armadas. Viguetas pretensadas. La placa alveolar.

Objectius específics:

Saber calcular un forjado unidireccional. Saber armar un forjado bidireccional. Saber aplicar el método de los pórticos virtuales

Tema 21 Cimentaciones

Descripció:

El hormigón en las cimentaciones. Tipología de cimentaciones: superficiales y profundas. Principales cimentaciones superficiales: la zapata corrida, la zapata aislada: rígida y flexible, los emparrillados y la losa de cimentación. Los estados límites en cimentaciones. Cálculo y armado de cimentaciones superficiales. La cimentaciones profundas: pilotes de hormigón y encepados. Armado de los encepados.

Objectius específics:

Saber armar una zapata corrida/aislada, rígida/flexible. Saber armar una zapata de medianería y de esquina, con la respectiva viga centradora. Conocer cómo trabajan las cimentaciones profundas

Tema 22 Muros de retención y de sótano

Descripció:

Introducción al comportamiento básico del suelo en rotura: empujes activo y pasivo. El suelo en reposo: empuje al reposo.

Obtención de las leyes de empujes en casos usuales sencillos. Tipología de muros de retención de tierras: de gravedad y muros ménsula. Cálculo y armado de muros ménsula. Los muros de sótano: ejemplo de armado de muro de 1 sótano. Introducción a los muros de contrafuertes: cálculo y armado.

Objectius específics:

Saber obtener las leyes de empuje de los muros de retención de tierras. Saber calcular y armar distintas tipologías de muros de retención

Tema 23 Pavimentos industriales

Descripció:

Introducción a los pavimentos industriales: sus cargas de cálculo y su ejecución. Breve introducción a su diseño y armado. El TR34.

Objectius específics:

Introducir al alumno al diseño de pavimentos industriales. El armado convencional vs armado con fibras. Tener una referencia bibliográfica

Tema 24 Depósitos

Descripció:

Fundamentos de diseño de los depósitos de hormigón: tipologías. La norma AWWA D1.
Depósitos de gases licuados: uso del hormigón postesado.

Objectius específics:

Introducir al alumno en el diseño de depósitos de almacenamiento: de líquidos y de gases licuados. Tener una referencia bibliográfica

Tema 25 Tuberías

Descripció:

Uso del hormigón en tuberías. Introducción al comportamiento de las tuberías enterradas de hormigón: diferencias con el comportamiento de las tuberías de plástico. Cálculo y armado de las tuberías enterradas de hormigón: la instrucción del Instituto Eduardo Torroja. Las normas internacionales: el manual M9 de la AWWA.

Objectius específics:

Introducir al alumno al comportamiento mecánico de tuberías enterradas. Saber diferenciar el comportamiento rígido del flexible. Tener una referencia bibliográfica

Tema 26 Puentes

Descripció:

Ejemplos de realización de diversos puentes de hormigón. Vigas de puentes: luces para resolución con vigas de hormigón armado; luces y tipología de vigas para puentes de hormigón pretensado. Literatura recomendada.

Objectius específics:

Exponer diversas realizaciones de puentes de hormigón. Tener una referencia bibliográfica

Tema 27 Anclaje al hormigón

Descripció:

El anclaje al hormigón endurecido: pernos embebidos y pernos de expansión. Tratamiento normativo: el apéndice D del ACI-318 y la DG-001 del AISC. Cálculo de la capacidad de los anclajes al hormigón.

Objectius específics:

Comprender la formulación de cálculo de anclajes en hormigón endurecido. La CCD vs la antigua teoría. Saber calcular la capacidad a tracción de un anclaje de expansión. Tener una referencia bibliográfica

Tema 28 Túneles

Descripció:

Funcionamiento de la transmisión de cargas en un túnel. Conceptos de diseño de túneles. Aplicación del hormigón prefabricado: las bóvedas tri-articuladas en falsos túneles.

Objectius específics:

Exponer diversas realizaciones de túneles. Introducir al alumno en la tipología de falsos túneles resueltos con bóveda tri-articulada

Tema 29 Contenciones de Centrales Nucleares

Descripció:

Introducció al disseny de la Contenció de una Central Nuclear de Agua a Presió (PWR): funcions de seguretat. Normativa de disseny: americana i francesa. Descripció de los elements que configuren el edifici de la Contenció. Ejemplo de armado de una Contenció. El caso de Cristal River y la importancia del postesado.

Objectius específics:

Exponer los fundamentos del disseny del edifici de Contenció de una central nuclear. Tener una referencia bibliográfica

Tema 30 Secciones compuestas. Secciones mixtas

Descripció:

Introducció a las secciones mixtas: su uso habitual en puentes. Las secciones de hormigón construidas en dos fases: su uso habitual en puentes y en forjados unidireccionales. Criterios básicos de cálculo de estas secciones: en servicio y en rotura. Ejemplos de aplicaciones.

Objectius específics:

Exponer diversas realizaciones de puentes mixtos. Tener una referencia bibliográfica

Tema 31 La teoría de Vecchio-Collins

Descripció:

Presentación de la teoría propuesta originalmente por el profesor Collins y posteriormente ampliada por el profesor Vecchio: "Modified Field Compresión Theory".

Objectius específics:

Explicar al alumno la MFCT Saber evaluar el cortante con esta teoría.

Tema 32 La teoría del profesor Hsu: unificación del comportamiento del hormigón

Descripció:

Presentación de la teoría unificada del comportamiento del hormigón en rotura: los 5 estados de dimensionado propuestos por el profesor Hsu: Struts-and-Ties Models; Equilibrium Truss Model; Bernouilli Compatibility Truss Model; Mohr Compatibility Truss Model y Softened Truss Model.

Objectius específics:

Presentar al alumno la teoría unificada del hormigón propuesta por el profesor Hsu. Ejemplos

Tema 33 Hormigones especiales

Descripció:

Introducció al uso de los hormigones de alta resistencia (HAR). Comportamiento mecánico de los HAR. Hormigones autocompactables. Hormigones ligeros.

Objectius específics:

Exponer distintos hormigones con características especiales y su uso. Presentar con mayor detalle el hormigón de altas prestaciones.

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ