

APLICACIONES DE LA MECÁNICA DE LA FRACTURA AL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 09/07/2020)

(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 29/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
2º	3,6	Optativa	Presencial	Español
MÓDULO		Cálculo avanzado		
MATERIA		Aplicaciones de la Mecánica de la Fractura al Hormigón Estructural		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		Máster Universitario en Estructuras		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos		
PROFESORES⁽¹⁾				
Rafael Gallego Sevilla (coord.)				
DIRECCIÓN	Dpto. Mecánica de Estructuras e Ing. Hidráulica E.T.S. Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, planta 4ª, Despacho nº5 Correo electrónico: gallego@ugr.es			
TUTORÍAS	http://sl.ugr.es/gallego			
Héctor Cifuentes Bulte				
DIRECCIÓN	Dpto. Mecánica de Medios Continuos y Tª de Estructuras E.T.S. de Ingenierías, Universidad de Sevilla bulte@us.es (U. Sevilla)			
TUTORÍAS	Concertar por email			
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS				
COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación ➤ CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio 				

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/))



- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG3 - Calcular la respuesta dinámica de las estructuras, comprender la naturaleza de las cargas sísmicas a las que están sometidas y utilizar metodologías avanzadas de diseño
- CG1 - Comprender la naturaleza probabilista tanto de cargas como resistencia estructural y de la influencia de esta realidad en el diseño estructural
- CG2 - Manejar herramientas avanzadas para el análisis computacional, incluyendo técnicas de optimización de ayuda al diseño
- CG4 - Realizar estudios dinámicos experimentales de las estructuras e interacción entre la existencia de daño y su respuesta
- CG5 - Aplicar métodos avanzados para el análisis y diseño de estructuras metálicas y de hormigón armado

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE2 - Manejar herramientas computacionales en diversas aplicaciones estructurales.
- CE6 - Conocer y emplear la descripción estocásticas de cargas y resistencias estructurales en el proyecto y cálculo estático.
- CE11 - Aplicar los modelos de daño y evaluar la influencia de dicho daño en la respuesta estructural.
- CE13 - Conocer y emplear modelos de comportamiento avanzados del hormigón estructural.
- CE18 - Conocer y ser capaz de seleccionar técnicas de laboratorio para medidas experimentales en estructuras

OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

El alumno conocerá y comprenderá:

- Necesidad de aplicación de la mecánica de la fractura al hormigón estructural.
- Modelos de fisura cohesiva de Barenblatt.
- Modelos cohesivos aplicables al hormigón estructural.
- El efecto tamaño en el hormigón estructural.
- Ensayos de determinación de parámetros de fractura en hormigón: Aplicabilidad de la MFEL.
- Aplicación de los modelos cohesivos mediante el MEF.
- Modelos para hormigón en ABAQUS I.
- Modelos para hormigón en ABAQUS II.
- Modelos multiescala.
- Aplicación a hormigones de altas prestaciones.

El alumno será capaz de:

- Aplicar a problemas de hormigón estructural los modelos adecuados de mecánica de la fractura
- Resolver problemas de fractura aplicados al hormigón estructural utilizando modelos computacionales simples y avanzados.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

La mecánica de la fractura (MF) aplicada al hormigón estructural ofrece soluciones y métodos de análisis para el comportamiento de este material alternativas a las obtenidas con métodos elementales basados en la mecánica de medios continuos y comportamiento elástico-lineal del material. En este curso se introduce



esta disciplina exponiendo los conceptos de la MF para materiales cuasifrágiles, incluyendo modelos cohesivos y se analiza el denominado “efecto tamaño”. Se muestran los modelos de comportamiento para este material disponibles en ABAQUS y su aplicación al hormigón estructural. El curso se complementa con ensayos de laboratorio donde se obtiene la energía a fractura del hormigón, se observa el crecimiento de grieta y se analiza el efecto tamaño mostrado por la zona de ligamento del material.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

- TEMA 1. Necesidad de aplicación de la mecánica de la fractura al hormigón estructural.
- TEMA 2. Introducción. Modelos de fisura cohesiva de Barenblatt.
- TEMA 3. Modelos cohesivos aplicables al hormigón estructural.
- TEMA 4. El efecto tamaño en el hormigón estructural.
- TEMA 5. Ensayos de determinación de parámetros de fractura en hormigón: Aplicabilidad de la MFEL.
- TEMA 6. Aplicación de los modelos cohesivos mediante el MEF.
- TEMA 7. Modelos para hormigón en ABAQUS I.
- TEMA 8. Modelos para hormigón en ABAQUS II.
- TEMA 9. Modelos multiescala.
- TEMA 10. Aplicación a hormigones de altas prestaciones.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Anderson T.L. Fracture mechanics. Fundamental and applications. CRC Press, 1991.
- Karihaloo B.L. Fracture mechanics and structural concrete. Longman Scientific & Technical, 1995.
- Bazant Z.P. and others. Fracture mechanic of concrete: Concepts, models and determination of material properties. Commite 446 ACI, 1992.
- Bazant Z.P. Scaling of structural strength. Elsevier, 2002.
- Carpinteri A. Applications of fracture mechanics to reinforced concrete. Elsevier, 1992.
- Shah, S.P. and Carpinteri, A. Fracture mechanics. Test methods for concrete. RILEM Report 5. Chapman and Hall, 1991.
- Hillerborg A., Modíer M. and Petersson P.E. Analysis of crack formation and crack growth in concrete by means of fracture mechanics and finite elements. Cement and Concrete Research V.6. pp: 773-782, 1976.
- Maekawa K., Pimanmas A. and Okamura H. Nonlinear mechanics of reinforced concrete. Spon Press, 2003.
- Bazant Z.P. and Planas J. Fracture and size effect in concrete and other quasibrittle materials. CRC Press, 1998.
- Shah, S.P., Swartz S.E. and Ouyang C. Fracture mechanics of concrete: Applications of fracture mechanics to concrete , rock and other quasibrittle materials. John Wiley and Sons, 1995.
- Van Mier, J.G.M. Fracture Processes of Concrete. CRC Press, 1997.
- Varios. Determination of the fracture energy of mortar and concrete by mean of three-point bend tests on notched beams. 50-FMC RILEM Draft Recommendation. Materials and Structures V.18. pp: 285-290, 1985.
- Varios. Determination of fracture parameters (KIC s and CTODc) of plain concrete using treepoint bend tests. RILEM Draft Recommendation. Materials and Structures V.23. pp: 457-460, 1991.
- Varios. Size-effect method for determining fracture energy and process zone size of concrete.
- TC-89-FMT RILEM Draft Recommendation. Materials and Structures V.23. pp: 461-465, 1991.



- Varios. Quasibrittle fracture scaling and size effect. RILEM Final Report. Materials and Structures V.37. Pp: 547-568, 2004.

ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

Plataforma MOODLE de la asignatura

METODOLOGÍA DOCENTE

Actividades formativas presenciales

- Clases teóricas: El profesorado desarrollará los contenidos descritos en el programa de la asignatura que previamente se habrán facilitado al alumno. Durante el desarrollo de las clases los profesores podrán responder todas las dudas planteadas por los estudiantes e invitarán a la participación de los mismos proponiendo breves cuestiones, así como desarrollarán ejercicios sobre los contenidos que permitan fijar los conceptos. El objeto de éstas es adquirir los conocimientos de la materia, potenciar la reflexión y una mentalidad crítica.
- Clases prácticas en el aula: Se resolverán ejercicios de aplicación de los conceptos teóricos empleando técnicas docentes que permitan al alumno afianzar los contenidos teóricos. El objeto de estas actividades es que el alumno desarrolle las habilidades necesarias para la resolución de problemas estructurales.

Actividades formativas no presenciales

- Estudio y trabajo individual: El alumnado desarrollará actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesorado que le permitan de forma individual profundizar y avanzar en el estudio de la materia. El objetivo es que el alumnado planifique y autoevalúe su aprendizaje.
- Tutorías individuales o en grupo: Seguimiento personalizado del aprendizaje del alumno. El objeto es orientar el trabajo y la formación académica del alumnado.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA ORDINARIA

La evaluación convocatoria ordinaria será continua y se realizará del siguiente modo:

1.- **Actividades individuales y/o en grupo en clase supervisadas (20%):** Estas actividades se puntuarán independientemente y se establecerá una media entre las calificaciones obtenidas.

2.- **Estudio y trabajo individual (30%):** Estas actividades consistirán en la realización de prácticas y resolución de cuestionarios individualizados en la plataforma Prado. Se puntuarán independientemente y para el cálculo de la nota se establecerá una media entre las calificaciones obtenidas.

3.- **Trabajo Final (50%):** Esta actividad consistirá en un trabajo realizado individual o en grupo (se especificará) en el que se aplicarán todos los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la asignatura.

Los estudiantes están obligados a actuar en las pruebas de evaluación de acuerdo con los principios de mérito individual y autenticidad del ejercicio. Cualquier actuación contraria en ese sentido dará



lugar a la calificación numérica de cero (artículo 10 de la NCG71/2). En consecuencia, la detección de una acción fraudulenta en cualquier actividad individual que se proponga supondrá una calificación final de cero.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

La prueba consistirá en un examen teórico-práctico en el que se recogen todos los contenidos de la asignatura, incluyendo ejercicios de computación.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

La prueba consistirá en un examen teórico-práctico en el que se recogen todos los contenidos de la asignatura, incluyendo ejercicios de computación.

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Se mantiene el horario indicado en http://sl.ugr.es/gallego	Las tutorías se realizarán de manera presencial si ello es posible. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

Se seguirá la metodología docente indicada más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

Se seguirá el procedimiento de evaluación ordinaria indicado más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

Convocatoria Extraordinaria

Se seguirá el procedimiento de evaluación extraordinaria indicado más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación



y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

Evaluación Única Final

Se seguirá el procedimiento de evaluación única final indicado más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Para la atención tutorial se realizará un primer contacto a través del correo electrónico y en función de la necesidad de acción tutorial, se establecerán las herramientas necesarias.	Correo electrónico, plataforma de mensajería instantánea, foros, Meet (G-Suite UGR).

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Las clases presenciales se sustituirán por screencasts, videoconferencias y/o lecciones de PRADO.
- El resto de actividades no requieren adaptación, ya que de por sí están diseñados en formato no presencial mediante Moodle/PRADO.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

Las actividades presenciales se transformarán cuestionarios de PRADO y/o realización de pruebas teórico-prácticas enviados a través del correo electrónico o empleando la Suite de Google.

El resto de tareas no sufren transformación.

Convocatoria Extraordinaria

La prueba extraordinaria presencial se transformará en la realización de pruebas teórico-prácticas que será enviado a través del correo electrónico y entregado mediante PRADO o Google Classroom.

Evaluación Única Final

La prueba extraordinaria presencial se transformará en la realización de pruebas teórico-prácticas que será enviado a través del correo electrónico y entregado mediante PRADO o Google Classroom.

