



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ing. de Caminos
Canales y P.

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

43000455 - Durabilidad E Innovación En Materiales De Construcción

PLAN DE ESTUDIOS

04AM - Master Universitario Ingeniería De Estructuras, Cimentaciones Y Materiales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	9
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	43000455 - Durabilidad e Innovación en Materiales de Construcción
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	04AM - Master Universitario Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales
Centro responsable de la titulación	04 - E.T.S. De Ing. De Caminos Canales Y P.
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Amparo Moragues Terrades	Lab Quimica	amparo.moragues@upm.es	L - 12:00 - 14:00 X - 12:00 - 14:00 X - 17:00 - 19:00
Cristina Gema Argiz Lucio	Lab Quim	cg.argiz@upm.es	M - 10:00 - 14:00 J - 10:00 - 14:00

Ana Patricia Perez Fortes	Lab Mat Cons	anapatricia.perez@upm.es	L - 10:00 - 12:30 X - 10:00 - 12:30
Miguel Angel Sanjuan Barbudo	Lab Mat Cons	ma.sanjuan@upm.es	M - 17:30 - 19:30 J - 17:30 - 21:00
Alejandro Fortunato Enfedaque Diaz	Lab Mat Cons	alejandro.enfedaque@upm.es	L - 10:30 - 14:30 M - 09:30 - 13:30
Encarnacion Reyes Pozo	Lab Mat Cons	encarnacion.reyes@upm.es	L - 12:00 - 14:00 M - 15:30 - 17:30 X - 12:00 - 14:00 J - 12:00 - 14:00
Jaime Carlos Galvez Ruiz (Coordinador/a)	Lab Mat Cons	jaime.galvez@upm.es	L - 16:30 - 18:30 M - 16:30 - 18:30 X - 10:30 - 12:30
Maria Pilar Alaejos Gutierrez	Lab Mat Const	mariadelpilar.alaejos@upm.es	M - 17:30 - 19:30 X - 18:30 - 19:30
Jesus Diaz Cuevas	Lab Mat Cons	jesus.diaz@upm.es	M - 16:30 - 21:00
Miguel Angel De La Rubia Lopez	Lab Quim	miguelangel.rubia@upm.es	M - 10:30 - 12:30 X - 10:30 - 12:30 J - 10:30 - 12:30

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Física
- Química de Materiales
- Materiales de Construcción

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

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.

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

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

CG1 - Polivalencia para extender a ámbitos afines las competencias generales adquiridas en el ámbito temático del título.

CG5 - Capacidad de utilización de los servicios de comunicación y de obtención de información para su transformación en conocimiento aplicable al ejercicio de las competencias específicas.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA62 - Identifica los mecanismos físico-químicos que determinan las fases del ciclo de vida de los materiales de construcción (fabricación, utilización, eliminación y reciclado), su durabilidad y su incidencia en el medio ambiente.

RA75 - Aplica la normativa de control y calidad de los nuevos materiales de construcción a partir de sus fundamentos.

RA60 - Aplica la normativa de control y calidad de los materiales de construcción a partir de sus fundamentos.

RA59 - Identifica las propiedades de los materiales de construcción en función del uso y condiciones ambientales y selecciona los apropiados

RA61 - Establece las necesidades de materiales de construcción y de sistemas estructurales en distintas condiciones ambientales.

RA63 - Aplica técnicas de elaboración y caracterización de materiales de construcción.

RA74 - Identifica las propiedades de los materiales de construcción innovadores en función del uso y condiciones ambientales y selecciona los apropiados.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura de Durabilidad e Innovación en Materiales de Construcción, que forma parte del plan de estudios del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), es una materia clave para los futuros ingenieros que deseen especializarse en la vanguardia de los materiales. Esta asignatura va más allá de las propiedades básicas, centrándose en cómo los materiales se comportan a largo plazo y cómo pueden mejorarse y transformarse. El objetivo principal de esta asignatura es proporcionar a los estudiantes un conocimiento profundo sobre los mecanismos de degradación que afectan a los materiales de construcción (como la corrosión, el ataque por sulfatos, la carbonatación, los ciclos hielo-deshielo, etc.) y las estrategias para garantizar su durabilidad a lo largo de la vida útil de las infraestructuras. Esto incluye el estudio de las normativas de durabilidad, el diseño de materiales más resistentes y la implementación de técnicas de protección y mantenimiento. Además, la asignatura explora las últimas innovaciones en materiales de construcción, incluyendo materiales inteligentes, sostenibles, reciclados y de alto rendimiento. Se analizan nuevas formulaciones de hormigones y aceros, el uso de nanomateriales, el desarrollo de materiales autorreparables, y la aplicación de tecnologías avanzadas para la monitorización de su estado. El enfoque está en cómo estas innovaciones pueden contribuir a la construcción de infraestructuras más eficientes, resilientes y respetuosas con el medio ambiente. A través de clases teóricas, estudios de casos, seminarios y proyectos, los estudiantes adquieren las herramientas para afrontar los desafíos de la construcción moderna, desde el diseño de estructuras que soporten condiciones extremas hasta la implementación de soluciones que minimicen el impacto ambiental y maximicen la vida útil de las edificaciones. Es una asignatura esencial para formar ingenieros capaces de liderar la evolución de los materiales en el sector de la ingeniería civil.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción

1.1. El cemento y las reacciones de hidratación: composición del cemento y proceso de fabricación. Compuestos mayoritarios, compuestos minoritarios. Procesos de hidratación. Características de los productos hidratados.

1.2. Conectividad, permeabilidad y percolación. Porosidad conectada. Formas de medir la interconexión de los poros. Permeabilidad al agua. Permeabilidad al aire.

1.3. Relación agua/cemento y curado. Influencia de la relación agua/cemento en las propiedades del material endurecido. Concepto de curado y tipos de curado.

1.4. Porosidad y procesos de transporte: tipos de poros e importancia de los mismos en las propiedades del material. Influencias de los distintos parámetros en la misma. Principales mecanismos de ingreso de agresivos.

2. Procesos de degradación del hormigón. Ataque químico (I)

2.1. Formación de sales expansivas. Procesos expansivos de origen interno en el hormigón.

2.2. Origen de los procesos expansivos Acción de los sulfatos en el hormigón.

2.3. Formación de ettringita primaria, ettringita secundaria y ettringita diferida.

3. Procesos de degradación del hormigón. Ataque químico (II)

3.1. Formación de sales expansivas por reacción árido-álcali.

3.2. Origen de la reacción árido-álcali.

3.3. Tipos de reacciones árido-álcali.

3.4. Tipos de daños originados e incidencia de esta patología en España.

4. Procesos de degradación del hormigón. Procesos de lixiviación. Ataque químico (III)

4.1. Prevención frente ataques ácidos.

4.2. Acción del agua sobre el hormigón.

4.3. Aguas duras y aguas blandas.

4.4. Acción de aguas agresivas de origen, industrial con contenidos de ácidos orgánicos o minerales.

4.5. Cementos resistentes al ataque ácido.

5. Procesos de degradación del hormigón. Sustitución iónica en compuestos de hidratación. Ataque químico (IV)

5.1. Reacciones de sustitución en los compuestos hidratados del hormigón.

- 5.2. El intercambio de magnesio por calcio.
- 5.3. Origen de la contaminación por magnesio.
- 5.4. Efectos sobre el material
6. Procesos de degradación del hormigón. Principales procesos físicos.
 - 6.1. Erosión y cavitación.
 - 6.2. Ciclos de hielo-deshielo.
 - 6.3. Degradación por acción del fuego.
 - 6.4. Influencia de la microestructura porosa.
7. Mecanismos de transporte.
 - 7.1. Principales mecanismos de transporte en el hormigón: situaciones en que se produce cada uno e importancia relativa de los mismos.
 - 7.2. Ensayos destinados a medir la capacidad de transporte del material: difusión, migración, resistividad.
8. Pérdida de capacidad protectora del hormigón frente a la armadura.
 - 8.1. Penetración de cloruros: despasivación del acero por ataque de cloruros.
 - 8.2. Cinética de avance de la picadura.
 - 8.3. Pérdida de alcalinidad: despasivación del acero por reducción del pH de la fase acuosa embebida en hormigón.
 - 8.4. Acción del ácido carbónico. Cinética de carbonatación.
9. Corrosión de materiales metálicos.
 - 9.1. Tipos de corrosión. Corrosión electroquímica.
 - 9.2. Causas de formación de la pila electroquímica.
 - 9.3. Termodinámica de la corrosión: diagramas de Pourbaix
 - 9.4. Funcionamiento de la pila de corrosión.
 - 9.5. Procesos de polarización y diagramas de Evans.
10. Corrosión de las armaduras embebidas en hormigón.
 - 10.1. Corrosión de aceros de construcción.
 - 10.2. Corrosión bajo tensión.
 - 10.3. Prevención y protección frente a corrosión.
 - 10.4. Ejemplos de aplicación.

11. Protección frente a la corrosión de las armaduras.

11.1. Protección por recubrimientos: tipos de recubrimiento y acción de los mismos.

11.2. Protección electroquímica: protección anódica, protección catódica. Inhibidores de corrosión.

12. Procesos de fisuración en el hormigón.

12.1. Concepto de fisuración.

12.2. Causas de la fisuración.

12.3. Caracterización del comportamiento en rotura del hormigón.

12.4. Modelos de cálculo.

12.5. Ejemplos de aplicación.

13. Fisuración por procesos expansivos y mecánicos en el hormigón.

13.1. Fisuración del hormigón por corrosión de la armadura.

13.2. Fisuración por expansión árido/álcali.

13.3. Fisuración por ciclos hielo/deshielo.

14. Deterioro de materiales cerámicos.

14.1. Patología de ladrillos y otros productos de tierra cocida.

14.2. Patología de las obras de fábrica de ladrillo y tejados.

15. Tolerancia al daño de materiales de construcción.

15.1. Concepto de tolerancia la daño de materiales.

15.2. Caracterización de la tolerancia la daño.

15.3. Herramientas de cálculo de tolerancia la daño.

15.4. Ejemplos de aplicación.

16. Auscultación y monitorización de materiales.

16.1. Introducción a las técnicas de auscultación y monitorización.

16.2. Evaluación del material y su deterioro: técnicas no destructivas, técnicas semidestructivas y técnicas destructivas.

16.3. Ejemplos de aplicación.

17. Materiales compuestos para la construcción.

17.1. Introducción a los materiales compuestos para la construcción (fibras, partículas, matrices).

17.2. Propiedades y características de los materiales compuestos.

- 17.3. Materiales compuestos para el refuerzo y la reparación.
- 17.4. Ejemplos de aplicaciones.
- 18. Introducción a los hormigones especiales.
 - 18.1. Introducción a los hormigones especiales.
 - 18.2. Hormigones de altas prestaciones.
 - 18.3. Hormigón autocompactante.
 - 18.4. Hormigones reforzados con fibras.
- 19. Sostenibilidad de materiales de construcción.
 - 19.1. Concepto de sostenibilidad.
 - 19.2. La sostenibilidad de los materiales de construcción.
 - 19.3. Huella de carbono.
 - 19.4. Normativa de aplicación.
 - 19.5. Declaración ambiental de producto.
 - 19.6. Modelos de evaluación de contribución a la sostenibilidad.
 - 19.7. Ejemplos de aplicación
- 20. Nuevas perspectivas de materiales.
 - 20.1. Utilización de nano adiciones
 - 20.2. Materiales funcionales.
- 21. Innovación en materiales de construcción.
 - 21.1. El futuro de los materiales de construcción.
 - 21.2. Materiales con diseño a la carta.
 - 21.3. Los materiales multifunción.
 - 21.4. La contribución al desarrollo sostenible y la mejora económica.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Control de repaso EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:30
2	Temas 2 y 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo cooperativo Duración: 00:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
3	Temas 4 y 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Caso práctico del tema 6 Duración: 01:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
5	Tema 7 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de laboratorio Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	Tema 8 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Caso práctico del tema 8 Duración: 01:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
7	Tema 9 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Caso práctico del tema 9 Duración: 01:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
8	Temas 10 y 11 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo cooperativo Duración: 00:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
9	Temas 12 y 13 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Caso práctico de los temas 12 y 13 Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
10	Temas 14 y 15 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo cooperativo Duración: 00:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
11	Temas 16 y 17 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Caso práctico del tema 17 Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		

12	Tema 18 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo cooperativo Duración: 00:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
13	Tema 19 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de laboratorio Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	Tema 20 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo cooperativo Duración: 00:15 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
15	Tema 21 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				Evaluación de los casos prácticos planteados TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:00 Exposición de trabajos en grupo PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:00
17				Examen final ordinario EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Control de repaso	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	%	/ 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10
16	Evaluación de los casos prácticos planteados	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	/ 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10
16	Exposición de trabajos en grupo	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	40%	5 / 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10
17	Examen final ordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Evaluación de los casos prácticos planteados	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	/ 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10
16	Exposición de trabajos en grupo	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	40%	5 / 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10

17	Examen final ordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CB6 CB9 CG1 CG5 CB10
----	------------------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	----------------------------------

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación de la asignatura son los siguientes:

Mediante "evaluación progresiva"

Se tendrán en cuenta los siguientes ejercicios:

- PE1. Ejercicios teóricos de clase y actividades cooperativas (40%): Los ejercicios teóricos de clase consisten en una serie de cuestiones teóricas, que podrán plantearse en el horario de las clases teóricas para su resolución durante los últimos 15 minutos de una clase ordinaria. Cada ejercicio consiste en responder individualmente a una o varias cuestiones cortas planteadas sobre el contenido de esa clase particular o de las clases anteriores. En las prácticas de aula y con una frecuencia aproximadamente quincenal se reservarán los 15-20 últimos minutos para la resolución de ejercicios prácticos cortos en grupos informales de tres alumnos. Cada grupo entregará su resultado al profesor. Dentro de esta misma prueba se contará también la calificación del informe y la exposición oral del trabajo de grupo propuesto al principio de curso para su realización en grupos de tres o cuatro alumnos. El profesor valorará cada ejercicio de 0 a 10, igual para todos los componentes del equipo en los ejercicios cooperativos. La calificación de esta prueba de evaluación será la media aritmética de todos los ejercicios realizados durante el curso. Esta prueba supondrá, en su conjunto, un 40% de la nota final del alumno. Las actividades están planteadas dentro de las horas de clase. Para orientar en la realización del trabajo semestral de grupo se organizará un taller de trabajo en horario extraescolar que se programará con suficiente antelación. Si fuera preciso que la docencia se realice online, se realizarán actividades con entregas telemáticas.
- PE2. Realización individual asistida de prácticas de laboratorio (10%): Cada alumno realizará dos prácticas de laboratorio, cada una de las cuales consiste en la realización de un ensayo diseñado por el profesor, que implique obtener resultados numéricos a partir de ensayos experimentales. El alumno con los datos de

la práctica elaborará un informe que constará de una introducción breve con los antecedentes y objetivos, descripción del método experimental, resultados, discusión y conclusiones. Cada informe se valorará de 0 a 10. La calificación de esta prueba de evaluación será la media aritmética de las dos prácticas realizadas durante el curso. Las prácticas se realizarán a lo largo del curso, en grupos pequeños, fuera del horario ordinario de las clases. Si fuera necesario que la docencia se realice online, se realizarán actividades con entregas telemáticas.

- PE3. Examen ordinario (50%): El examen ordinario consiste en un único examen, cuya duración será de unas tres horas. Este examen está formado por varias preguntas de carácter teórico y práctico, relativas a cualquier parte del contenido de la asignatura. Los alumnos que no superen la asignatura tras el examen ordinario deberán acudir al examen extraordinario, cuyo formato es similar al del ordinario. Cada ejercicio se valorará de 0 a 10. La calificación del examen será la media aritmética de los ejercicios que lo componen.

La calificación final de la asignatura mediante evaluación continua. Será la media de la calificación de cada prueba de evaluación ponderada por su correspondiente peso. Para superar la asignatura se debe obtener una calificación final igual o superior a 5 sobre 10. No obstante, la calificación final de los alumnos de evaluación continua no será inferior a la que hubiesen obtenido de aplicar los criterios de "sólo prueba final" que se indican a continuación. Si fuera necesario, el examen se realizará por medios telemáticos

Mediante "sólo prueba final"

Consiste en un único examen, que será igual al examen final completo que realizan los alumnos de evaluación continua. Cada ejercicio se valorará de 0 a 10. La calificación del examen será la media aritmética de los ejercicios que lo componen. La calificación final de la asignatura será directamente la obtenida en el examen final. Si fuera preciso, el examen se realizará por medios telemáticos.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Libro de consulta 1	Bibliografía	Aguado A., Gálvez J.C., et al., Sostenibilidad y construcción, Monografía ACHE 2013
Libro de consulta 2	Bibliografía	Askeland, Donald R., Ciencia e ingeniería de los materiales, Paraninfo, 2001.
Libro de consulta 3	Bibliografía	Bertolini L., Elsener B., Pedferri P., Polder R., Corrosion of steel in concrete, Wiley, 2000.
Libro de consulta 4	Bibliografía	Callister, William D., Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Limusa, 2009.
Libro de consulta 5	Bibliografía	Fernández Cánovas M., Hormigón, 10ª Ed., Garceta, 2013.
Libro de consulta 6	Bibliografía	Gibson R., Principles of composite material mechanics, Mc Graw Hill, 1994.
Libro de consulta 7	Bibliografía	Richardson Mark. M., Fundamentals of durable reinforced concrete, Spon Press, 2002.
Libro de consulta 8	Bibliografía	Taylor, H. F. W., Cement Chemistry, 2nd edit., Thomas Telford Publishing, 2003.
Libro de consulta 9	Bibliografía	Tsai S., Miravete A., Diseño y análisis de materiales compuestos, Reverté, 1988.
Documentación Moodle	Recursos web	En la plataforma Moodle aparecerán periódicamente documentos para completar la información.
Laboratorio de Materiales de Construcción	Equipamiento	Laboratorio de ensayos de materiales de construcción