



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

45001421 - Firmes Y Pavimentos Para La Especialidad De Transportes Y Servicios Urbanos

PLAN DE ESTUDIOS

04GC - Grado En Ingenieria Civil Y Territorial

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	7
6. Actividades y criterios de evaluación.....	9
7. Recursos didácticos.....	13
8. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	45001421 - Firmes y Pavimentos para la Especialidad de Transportes y Servicios Urbanos
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Octavo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	04GC - Grado en Ingeniería Civil y Territorial
Centro responsable de la titulación	04 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Juan Gallego Medina (Coordinador/a)	Lab. Caminos	juan.gallego@upm.es	X - 10:30 - 13:30 J - 11:30 - 14:30
Jose Ramon Marcobal Barranco	Planta 1	jose.marcobal@upm.es	X - 10:30 - 13:30 J - 11:30 - 14:30

Federico Gulisano	Lab. Caminos	federico.gulisano@upm.es	M - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00
-------------------	--------------	--------------------------	--

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

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

CM32.1 - Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas.

CT2 - Capacidad de organizar y dirigir los esfuerzos de un grupo humano reducido y homogéneo. Desarrolla la competencia transversal 8ª de la normativa UPM.

CT3 - Capacidad de actuar con efectividad como miembro de equipos interdisciplinares. Desarrolla la competencia transversal 5ª de la normativa UPM.

CT4 - Capacidad de preparar y presentar con efectividad comunicaciones orales, escritas y gráficas. Completa el desarrollo de la competencia transversal 4ª del real decreto y desarrolla la competencia transversal 2ª de la normativa UPM.

CT6 - Compromiso y capacidad de aplicación de los estándares de deontología profesional.

3.2. Resultados del aprendizaje

RA221 - RA1 Dimensiona y proyecta los elementos que componen las dotaciones viarias básicas

RA4 - Organiza y controla la construcción y conservación de carreteras.

RA91 - Interioriza los principios de deontología profesional de ingeniería civil.

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

La asignatura recorre un itinerario formativo que comienza con el estudio de los materiales que se emplean en las construcción y conservación de firmes de carreteras. Se repasan los principios básicos de cada tipo de material y

se incluyen ejemplos de especificaciones técnicas en las que estos principios han cristalizado en las especificaciones

de materiales del Ministerio de Fomento de España.

Tras el estudio de los materiales, se pasa al cálculo de proyecto de firmes de nueva construcción, el proyecto de rehabilitaciones estructurales y de renovaciones superficiales. Asimismo se explican los protocolos de inspección visual y de auscultación con equipamiento especializado, todo ello rerefido al ámbito técnico español.

4.2. Temario de la asignatura

1. Firmes: funciones y tipologías

- 1.1. Materiales para firmes
- 1.2. Tipologías de firmes
- 1.3. Fundamentos del comportamiento estructural de los firmes
- 1.4. Importancia de las características funcionales

2. Áridos

- 2.1. Los áridos en las capas del firme
- 2.2. Áridos naturales
- 2.3. Áridos artificiales
- 2.4. Ensayos de laboratorio para áridos

3. Capas granulares

- 3.1. Granulometría y propiedades de los materiales
- 3.2. Puesta en obra de las capas granulares
- 3.3. Características mecánicas de los materiales granulares
- 3.4. Control de calidad de las capas granulares

4. Materiales tratados con cemento: suelocemento y gravacemento

- 4.1. Materiales idóneos para ser tratados con cemento
- 4.2. Formulación y características mecánicas
- 4.3. Fabricación y puesta en obra
- 4.4. Control de calidad de los materiales tratados con cemento

5. Materiales para la formación de explanadas

- 5.1. Suelos naturales. Tipos y caracterización mecánica
- 5.2. Suelos estabilizados. Tipos y caracterización mecánica
- 5.3. Ejecución in situ
- 5.4. Control de calidad

6. Ligantes bituminosos

- 6.1. Obtención y fabricación de los ligantes bituminosos
- 6.2. Propiedades y ensayos de los betunes
- 6.3. Propiedades y ensayos de las emulsiones bituminosas
- 6.4. Especificaciones técnicas de betunes y emulsiones bituminosas

7. Tratamientos superficiales con riego y con lechadas bituminosas

- 7.1. Tipos de tratamiento superficial con riego
- 7.2. Riegos de imprimación, adherencia y curado
- 7.3. Riegos con gravilla
- 7.4. Puesta en obra de los tratamientos superficiales con riego
- 7.5. Tipos de lechadas bituminosas
- 7.6. Puesta en obra de las lechadas bituminosas
- 7.7. Control de calidad de los tratamientos superficiales

8. Mezclas bituminosas en caliente

- 8.1. Componentes de una mezcla bituminosa en caliente
- 8.2. Tipos de mezclas bituminosas en caliente
- 8.3. Propiedades de las mezclas bituminosas en caliente
- 8.4. Diseño de las mezclas bituminosas en caliente
- 8.5. Fabricación y puesta en obra
- 8.6. Control de calidad
- 9. Firmes de hormigón
 - 9.1. Tipología de firmes de hormigón
 - 9.2. Hormigón: formulación, fabricación y puesta en obra
 - 9.3. Armadura metálica y pasadores
 - 9.4. Las juntas: tipología y soluciones
 - 9.5. Control de calidad
- 10. Métodos empíricos de dimensionamiento de firmes asfálticos
 - 10.1. Proyecto de firmes
 - 10.2. Métodos de dimensionamiento empírico
 - 10.3. Norma 6.1-IC de secciones de firmes del Ministerio de Fomento
 - 10.4. Otros métodos y catálogos empíricos
- 11. Métodos analíticos de dimensionamiento de firmes
 - 11.1. Fundamentos de los métodos analíticos
 - 11.2. Concepto de eje tipo o equivalente
 - 11.3. Respuesta del firme a la aplicación de una carga
 - 11.4. Fatiga de los materiales por la aplicación reiterada de cargas
 - 11.5. Relación entre el eje equivalente y el tráfico real de carretera
- 12. Características superficiales de los firmes
 - 12.1. Textura superficial de los firmes
 - 12.2. Resistencia al deslizamiento
 - 12.3. Regularidad superficial
 - 12.4. Auscultación de las características superficiales
- 13. Deterioros superficiales de los firmes

- 13.1. Tipología de los deterioros superficiales de los firmes
- 13.2. Técnicas de renovación superficial
- 14. Deterioro estructural de los firmes
 - 14.1. Tipología de los deterioros estructurales de los firmes
 - 14.2. Auscultación estructural: medida de la deflexiones
 - 14.3. Técnicas de rehabilitación estructural de puntos singulares
 - 14.4. Proyecto de rehabilitación estructural de tramos de carreteras
- 15. Gestión de la conservación de firmes y pavimentos.
 - 15.1. Sistemas de gestión de la conservación
 - 15.2. Inspección visual y auscultación de los firmes
 - 15.3. Inventario del estado de la red
 - 15.4. Modelos de evolución del deterioro
 - 15.5. Estrategias para la conservación de la red

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1, Tema 2 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Ejercicios de clase Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
2	Tema 3, Tema 4 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Ejercicios de clase Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	Tema 4 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Resolución individual de Ejercicios EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua No presencial Duración: 01:05
4	Tema 5 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio En el laboratorio / Página Web del laboratorio Duración: 01:05 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	Tema 7 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio En el Laboratorio / Página web de laboratorio Duración: 01:05 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Pruebas en el área virtual OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua No presencial Duración: 01:05
6	Tema 6 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio En el Laboratorio / Práctica Web de laboratorio Duración: 01:05 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	Tema 7 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Prueba sobre materiales de laboratorio TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 01:00
8				Primer Parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:10
9	Tema 8 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Taller Duración: 01:05 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
10	Tema 9 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Resolución individual de Ejercicios EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:05

11	Tema 10 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Taller Duración: 01:05 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
12	Tema 11 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Ejercicios de clase Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
13	Tema 12 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Taller Duración: 01:05 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
14	Tema 13 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Pruebas en el área virtual OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua No presencial Duración: 01:05
15	Tema 14 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Taller Duración: 01:05 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
16	Tema 15 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Ejercicios de clase Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
17				Prueba 2 Parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:10 Prueba Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 02:10

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.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Resolución individual de Ejercicios	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	01:05	7.5%	5 / 10	CM32.1
5	Pruebas en el área virtual	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	01:05	7.5%	5 / 10	CM32.1
7	Prueba sobre materiales de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CT2 CT3
8	Primer Parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:10	30%	5 / 10	CT4 CT6 CM32.1
10	Resolución individual de Ejercicios	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:05	7.5%	5 / 10	CT6 CM32.1
14	Pruebas en el área virtual	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	01:05	7.5%	5 / 10	CM32.1
17	Prueba 2 Parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:10	30%	5 / 10	CT4 CT6 CM32.1

6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prueba Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	02:10	100%	5 / 10	CT2 CT3 CT4 CT6 CM32.1

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

6.2. Criterios de evaluación

MEDIANTE EVALUACIÓN CONTINUA

PE1. Resolución de pruebas tipo test o ejercicios teórico-prácticos en clase /el aula / a través del área virtual. 30%
Descripción: Consiste en una serie de cuestiones básicas planteadas en cuestionarios tipo test, o respuesta abierta, para resolver en clase, en casa, mediante la herramienta ?Cuestionario? de MOODLE, o bien de resolución de ejercicios en clase, en casa o mediante la herramienta ?Tarea? de MOODLE.

Criterios de calificación: Cada ejercicio se califica de 0 a 10. La calificación de esta prueba de evaluación será la media de las obtenidas en los ejercicios realizados en la asignatura, independientemente de que el alumno haya realizado todos los ejercicios (los no realizados tendrán calificación = 0)

Momento y lugar: Los alumnos responderán a los ejercicios en el aula, en casa o usando los medios telemáticos de MOODLE. El momento, lugar, y modalidad se anunciarán con antelación suficiente.

PE2. Prácticas de laboratorio 10%

Descripción: Consiste en dos prácticas de laboratorio: la primera sobre áridos y ligantes, y la segunda sobre dosificación de mezclas bituminosas. Cuando no sea posible asistir al laboratorio presencialmente, esta parte de la calificación se consigue igualmente visitando la página Web del Laboratorio:

(<http://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/inicio.html>) y realizando la tarea que se pone a disposición de los alumnos a través del área virtual, relativa a los contenidos de dicha página.

Criterios de calificación. La calificación de esta prueba se obtiene como la media de la calificación obtenida en ambas prácticas.

Momento y lugar. Laboratorio de Caminos, o área virtual MOODLE. Se anunciarán los plazos a través de MOODLE.

PE3. Examen Parcial. 30 ó 0%

Descripción: Constará de un ejercicio tipo test o respuestas muy breves, un ejercicio teórico que constará de varias preguntas cortas, a contestar con una extensión aproximada de media página. Y por último un ejercicio

práctico a resolver. La duración total del examen será de 90 minutos.

Criterios de calificación: Cada ejercicio se califica de 0 a 10. La nota del examen será la media ponderada de la calificación obtenida en los ejercicios del examen, con pesos 0,2; 0,4 y 0,4 para el test, las preguntas cortas y el ejercicio práctico respectivamente.

Momento y lugar: Los determina la Jefatura de Estudios. Podrán realizarse en el aula de examen o bien telemáticamente, en cuyo caso, los detalles operativos sobre los requisitos informáticos necesarios, la forma de hacer llegar los ejercicios a los alumnos y el modo como estos deben entregar sus respuestas figurarán claramente en la Convocatoria del examen, que se dispondrá en Moodle con suficiente antelación.

PE4. Examen final 30% ó 60%

Descripción: Tendrá dos partes, cada una con una duración aproximada de 90 minutos.

La primera parte, que deberán realizar todos los alumnos, constará de un ejercicio de test o preguntas de respuesta corta, uno de preguntas de carácter teórico a contestar cada una en media página aproximadamente y un ejercicio de carácter práctico, correspondientes preferentemente a los temas de la asignatura no incluidos en el examen parcial PE3. Dado que los temas de la asignatura están interrelacionados, esta parte del examen puede contener materia de los temas incluidos en el examen parcial. La duración aproximada será de 90 minutos.

La segunda parte del examen final es similar en todo al examen parcial. No estarán obligados a examinarse de esta parte los alumnos que hayan obtenido una nota igual o superior a 5 en el examen parcial. La duración aproximada será de 90 minutos.

Criterios de calificación: Para calificar el examen, los ejercicios se califican de 0 a 10. La nota del examen será la media ponderada de la calificación obtenida en los ejercicios del examen, concediendo los pesos 0,2; 0,4 y 0,4 para el test, las preguntas cortas y el ejercicio práctico respectivamente.

Momento y lugar: Los determina la Jefatura de Estudios. Se realizarán en el aula de exámenes o bien telemáticamente. En este último caso, los detalles operativos sobre los requisitos informáticos necesarios, la forma de hacer llegar los ejercicios a los alumnos y el modo como estos entregar sus respuestas figurarán claramente en la Convocatoria del examen, que se dispondrá en Moodle con suficiente antelación.

Calificación final de la asignatura mediante evaluación continua

La calificación final será:

- Para los alumnos que hayan obtenido una calificación igual o superior a 5 en el examen parcial y sólo realicen la primera parte del examen final, su calificación será:

La media ponderada de PE1 (30%), PE2 (10%), PE3 (30%) y PE4 (30%)

Para poder aprobar la asignatura la calificación final debe ser igual o superior a 5.

- Para los alumnos que realicen el examen final completo la calificación de la asignatura vendrá dada por:

La media ponderada de de PE1 (30%), PE2 (10%) y PE4 (60%)

. Para superar la asignatura, esta calificación debe ser igual o superior a 5.

MEDIANTE SÓLO PRUEBA FINAL

Descripción. Tanto el examen final ordinario como el extraordinario consistirán en el mismo esquema que se ha indicado para el examen final de los alumnos de evaluación continua. El examen final ordinario coincide con el examen final de evaluación continua.

Constará de dos ejercicios tipo test o respuestas muy breves, dos ejercicios teóricos que constarán de varias preguntas cortas, a contestar con una extensión aproximada de media página. Y por último dos ejercicios prácticos a resolver. La duración total del examen será de 3 horas.

Criterios de calificación: Cada ejercicio se califica de 0 a 10. La nota del examen será la media ponderada de la calificación obtenida en los ejercicios del examen: 0,2; 0,4 y 0,4 para la media de los dos tests, la media de los dos ejercicios de preguntas cortas y la media de los dos ejercicios prácticos respectivamente.

Momento y lugar: Los determina la Jefatura de Estudios. El examen se realizará en el aula de exámenes, o bien telemáticamente. En éste último caso, los detalles operativos sobre los requisitos informáticos necesarios, la forma de hacer llegar los ejercicios a los alumnos y el modo como estos deben entregar sus respuestas figurarán claramente en la Convocatoria del examen, que se dispondrá en Moodle con suficiente antelación.

Calificación final de la asignatura mediante ?sólo prueba final?

La calificación final será directamente la obtenida en el examen final, convocatoria ordinaria o convocatoria extraordinaria, si procede. Para superar la asignatura, esta calificación deberá ser igual o superior a 5.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Libro	Bibliografía	KRAEMER, C. et al. (2003); Ingeniería de Carreteras, volumen II, McGraw-Hill, Madrid
Libro de problemas	Bibliografía	Gallego, J., Marcobal J.R., y Rodríguez, A.M. Ejercicios resueltos de Firmes y Pavimentos (2016). Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid
Página Web de la de la asignatura	Recursos web	Página Web con contenidos de la asignatura: http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/ict/lcweb/inicio.html

PG-3	Bibliografía	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Ministerio de Fomento. Edición 1975 y actualizaciones posteriores
Norma 6.1 I-C	Bibliografía	Norma 6.1-IC. Secciones de firme (Orden FOM 3460/2003). Ministerio de Fomento
Norma 6.3-IC	Bibliografía	Norma 6.3-IC. Rehabilitación de firmes (Orden FOM 3459/2003) Ministerio de Fomento
Laboratorio de Caminos	Equipamiento	Laboratorio de Caminos y Aeropuertos

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura contribuye a los Objetivos de Desarrollo sostenible de la ONU, a través de:

Objetivo 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUTURA

Objetivo 13: ACCIÓN PARA EL CLIMA

Durante la asignatura se pone énfasis en nuevos materiales sostenibles, con baja huella de carbono y gran durabilidad, que disminuyen el efecto de la construcción y conservación de infraestructuras sobre el medio ambiente y el cambio climático.