



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

**43000465 - Fundamentos de Plasticidad en Geomateriales**

### PLAN DE ESTUDIOS

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

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - 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.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	7
7. Recursos didácticos.....	9

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	43000465 - Fundamentos de Plasticidad en Geomateriales
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	04AM - Master Universitario Ingenieria De Estructuras, Cimentaciones Y Materiales
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Diego Guillermo Manzanal (Coordinador/a)	Lab Mec Comp	d.manzanal@upm.es	X - 14:30 - 16:30

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

## 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
José Antonio Fernandez Merodo	jose.fernandez@igme.es	IGME
Manuel Pastor	manuel.pastor@upm.es	ETSI de Caminos, Canales y Puertos (UPM)
Claudio Olalla	claudio.olalla@upm.es	ETSI de Caminos, Canales y Puertos (UPM)
Miguel Martins Stickle	miguel.martins@upm.es	ETSI de Caminos, Canales y Puertos (UPM)
Pablo Mira Williams	Pablo.Mira@cedex.es	Laboratorio de Geotécnica - CEDEX

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

### 3.1. Competencias

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

CE14 - Capacidad para el ejercicio profesional de alta especialización o para la investigación predoctoral mediante la utilización de recursos de modelización predictiva en Análisis y diseño en ingeniería geotécnica.

CT3 - Compromiso y capacidad de aplicación de los estándares de deontología en investigación y ejercicio profesional avanzado

## 3.2. Resultados del aprendizaje

RA34 - Conoce y sabe aplicar la mecánica de medios continuos no lineal, incluyendo grandes rotaciones y deformaciones, y comportamiento no lineal de los materiales

RA38 - RA38 - Aplica los conceptos y principios de la Ingeniería Geológica a problemas de Ingeniería Civil

RA2 - Presenta comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente, en lengua española e inglesa

RA1 - Utiliza con eficacia, autonomía y polivalencia recursos de modelización predictiva en la temática de la materia

RA8 - Utiliza con eficacia recursos de modelización predictiva en una o más de las materias del módulo

RA4 - Utiliza con eficacia recursos de información y comunicación

RA3 - Interioriza los principios de deontología profesional para actividades de I+D+i

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

La asignatura profundiza en los conceptos de plasticidad aplicados a problemas geomecánicos y de interacción suelo-estructura. El objetivo es que provea a los estudiantes de los conocimientos básicos de la Teoría de Plasticidad para entender el comportamiento de geomateriales (suelos, rocas, hormigones) y su modelado constitutivo. Introduce conceptos de comportamiento y modelado de geomateriales fluidificados asociados deslizamientos de laderas catastróficos. Se desarrolla casos de aplicación con programas de elementos finitos comerciales y de investigación para la evaluación de comportamiento geo-mecánico y de interacción suelos estructuras.

## 4.2. Temario de la asignatura

### 1. Conceptos básicos de la Teoría de Plasticidad

1.1. Respuesta uniaxial de materiales. Punto de fluencia. Invariantes de tensión. Nociones de superficie de fluencia y potencial plástico. Generalización de los conceptos de plasticidad perfecta y endurecimiento por deformación.

### 2. Criterios de rotura en geomateriales

2.1. Consideraciones generales desde los resultados experimentales en diferentes geomateriales (suelos, rocas y hormigones). Representación geométrica de superficies de falla.

2.2. Criterios de rotura en geomateriales: Tresca, Van Mises, Mohr Coulomb, Drucker Prager, Lade-Duncan, Matsouka-Nakai, William-Warnke, Hoek-Brown, Criterios modificados

### 3. Derivación de relaciones constitutivas en geomateriales

3.1. Conceptos de endurecimiento y reblandecimiento en geomateriales. Análisis de resultados experimentales en arcillas y arenas. Conceptos de Estado Crítico.

3.2. Formulaciones con endurecimiento isotrópico. Modelo Cam-Clay modificado. Formulaciones con endurecimiento cinemático y combinadas: isotrópico y cinemáticos. Hardening Soil Model. Modelos de Superficie de Fluencia. Plasticidad generalizada.

### 4. Extensión de modelos constitutivos a casos especiales

4.1. Comportamiento cíclico. Extensión a materiales anisotrópicos, estructurados y no saturados.

### 5. Geomateriales fluidificados

5.1. Conceptos de reología. Modelos reológicos de Binham, Bagnold, Voellmy. Modelos nuevos

### 6. Métodos de integración de relaciones constitutivas

6.1. Integración numérica en plano triaxial de ecuaciones constitutivas. Esquemas de control de deformación y de control de tensión. Ejemplos simples de integración de los modelos de Estado Crítico. Carga drenada y no drenada. Formulaciones generales.

### 7. Casos de aplicación

7.1. Casos simples de aplicación de los modelos estudiados: Talud Vertical, Zapata, Columna de suelo

7.2. Uso de programas de elementos finitos comerciales: Desarrollos de casos de interacción suelo-estructura. Excavaciones urbanas. Comportamiento de Torres eólicas. Comportamiento de grupo de pilotes. Comparativa de modelos y resultados.

7.3. Uso de programas de elementos finitos de investigación: GeHoMadrid.

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 2</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b>  TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30
3	<b>Tema 3</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 3</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
4	<b>Tema 3</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 3</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b>  TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30
5	<b>Tema 4</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 4</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
6	<b>Tema 4</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 4</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b>  TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30
7	<b>Tema 5</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 5</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
8	<b>Tema 5</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 5</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b>  TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30

9	<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
10	<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
11	<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 6</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30
12			<b>Tema 7: Casos de aplicación con programas de elementos finitos</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
13			<b>Tema 7: Casos de aplicación con programas de elementos finitos</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30
14			<b>Tema 7: Casos de aplicación con programas de elementos finitos</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
15			<b>Tema 7: Casos de aplicación con programas de elementos finitos</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:30  <b>Control de asistencias</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 03:00
16				<b>Examen final: Consiste en una serie de ejercicios prácticos y preguntas teóricas de los temas estudiados.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00
17				

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.



## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	CE14 CT3 CB9
4	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	
6	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	
8	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	
11	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	
13	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	
15	Ejercicios de clases: Consiste en una serie de ejercicios prácticos que se comienzan en clases y los alumnos terminan en casa.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	10%	5 / 10	CE14 CT3 CB9
15	Control de asistencias	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	03:00	30%	5 / 10	CE14 CT3 CB9

#### 6.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen final: Consiste en una serie de ejercicios prácticos y preguntas teóricas de los temas estudiados.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE14 CT3 CB9

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE14 CT3 CB9

## 6.2. Criterios de evaluación

### PE1. Ejercicios de clases 70%

Descripción: Consisten en una serie de ejercicios prácticos (muchos de ellos con ordenador) que se comienzan en clase y el alumno debe terminar en casa. Serán ejercicios personalizados para favorecer el trabajo individual

Criterio de calificación: Cada ejercicio se valorará entre 1 y 10. La calificación de este examen se ponderará entre todos los ejercicios realizados en clase de acuerdo con la dificultad de cada uno.

Momento y lugar: Los ejercicios consideradosse harán uno por tema. Al comienzo de la clase usualmente se orienta a los alumnos para desarrollar el ejercicio y la evaluación continua.

### PE2. Control de asistencia 30%

Descripción: Se controla la asistencia a clase.

Criterio de calificación: La calificación se pondera con el número de asistencias.

## 7. Recursos didácticos

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Constitutive equation in plasticity	Bibliografía	Di Prisco & Pastor (2000). Revue francaise de génie civil.
Fundamental of Plasticity in Geomechanics	Bibliografía	Pietruszak (2010). CRC Press
Apuntes de clases	Otros	Material didáctico y guías para la realización de trabajos prácticos
Física de la Plasticidad	Bibliografía	Vicente Sanchez Galvéz (1988)
The Mathematical Theory of Plasticity	Bibliografía	Hill, R. (1950). Oxford Ed.
The mechanics of Soils: An introduction to Critical State Mechanics	Bibliografía	Atkinson (1982). McGraw-Hill Book.
Foundation and slope: An introduction to critical state mechanics	Bibliografía	Atkinson (1981). McGraw-Hill.
Artículos de revistas	Otros	Artículos de revistas que se recomendaran para cada tema.