



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**63000130 - Diseño Y Construcción De Obras Subterráneas**

### PLAN DE ESTUDIOS

06AF - Máster Universitario En Ingeniería De Minas

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer 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.....	12
7. Recursos didácticos.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	63000130 - Diseño y Construcción de Obras Subterráneas
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06AF - Máster Universitario en Ingeniería de Minas
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Juan Pous De La Flor	215	juan.pous@upm.es	J - 10:00 - 14:00
Jose Miguel Galera Fernandez	333	josemiguel.galera@upm.es	M - 10:30 - 13:30 J - 10:30 - 13:30
Ricardo Lain Huerta (Coordinador/a)	216	ricardo.lain@upm.es	L - 08:00 - 11:00 V - 08:00 - 11:00

\* 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

CE07 - Capacidad para la realización de estudios de gestión del territorio y espacios subterráneos, incluyendo la construcción de túneles y otras infraestructuras subterráneas

CG01 - Capacitación científico-técnica y metodológica para el reciclaje continuo de conocimientos y del ejercicio de las funciones profesionales de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, planificación, dirección, gestión, construcción, mantenimiento, conservación y explotación en sus campos de actividad.

CG09 - Capacidad para la realización de estudios de gestión del territorio y los espacios subterráneos.

CG15 - Capacidad para proyectar y ejecutar túneles, obras y espacios subterráneos.

CT05 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA13 - Adquisición de una idea global acerca de la problemática del diseño, y sobre todo, de la ejecución de cualquier obra subterránea.

RA135 - Capacidad para seleccionar, integrar y utilizar en ingeniería, las herramientas informáticas más adecuadas al caso concreto que aborda el proyecto de diseño.

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

Dotar de la cualificación técnica necesaria para acceder al mundo profesional, dentro del- Planeamiento- Proyecto /diseño- Dirección de obra- Responsable de conservación de obras subterráneas.La asignatura se focaliza en el diseño y construcción de excavaciones subterráneas en rocas.

### 4.2. Temario de la asignatura

1. Tema R1 Introducción a la construcción subterránea
2. Tema R2 Normas y requisitos de proyecto. ITC Labores Subterráneas 04.6.05
3. Tema R3 Diseño del sostenimiento de labores mineras. Método de explotación de grandes cámaras con relleno y recuperación de pilares
  - 3.1. Diseño del sostenimiento de galerías
  - 3.2. Diseño del sostenimiento de cámaras
  - 3.3. Diseño de pilares. Cálculo de estabilidad
  - 3.4. Diseño y estabilidad de pozos
  - 3.5. Estabilidad estructural de cavidades subterráneas
4. Tema R4 Subsistencia provocada por excavaciones subterráneas
5. Tema G1 Utilización del espacio subterráneo en la ingeniería civil
6. Tema G2 Descripción y clasificación de las rocas y de los suelos
  - 6.1. Rocas
  - 6.2. Suelos
  - 6.3. Clasificaciones geomecánicas
  - 6.4. Apéndice: La proyección estereográfica
7. Tema G3 Caracterización geomecánica del terreno
  - 7.1. Ensayos de laboratorio

- 7.2. Efecto escala
- 7.3. Parámetros resistentes
- 7.4. Parámetros deformacionales
- 7.5. Discontinuidades
- 7.6. Apéndice: Programa Rocklab
- 8. Tema G4 Modelo geomecánico
  - 8.1. 4.1. Modelo geológico (unidades y estructura)
  - 8.2. Unidades geomecánicas
  - 8.3. El agua en el terreno
  - 8.4. El Estado natural de tensiones
  - 8.5. Sismicidad
- 9. Tema G5 Reconocimiento del terreno. La estrategia prospectiva
  - 9.1. Los métodos básicos: la cartografía geológica
  - 9.2. Los métodos indirectos o geofísicos
  - 9.3. Los sondeos mecánicos
  - 9.4. 5.4. Los ensayos in situ
- 10. Tema G6 Métodos constructivos de túneles
  - 10.1. Metodología de diseño de túneles
  - 10.2. Principales métodos constructivos
    - 10.2.1. Métodos convencionales
    - 10.2.2. Métodos mecanizados (TBMs)
  - 10.3. Tendencias actuales en la ingeniería funcional de túneles (instalaciones y seguridad)
- 11. Tema G7 Métodos de cálculo del soporte de una obra subterránea
  - 11.1. El ciclo de avance
  - 11.2. Los elementos de soporte
  - 11.3. Métodos empíricos de cálculo
  - 11.4. Método de la convergencia-confinamiento. Las curvas características
  - 11.5. Cálculo de cuñas y bloques de roca
  - 11.6. Métodos numéricos de cálculo

- 11.7. Apéndice: Programas Sostenim y Unwedge
- 12. Tema G8 Las máquinas tuneladoras
  - 12.1. TBMs de roca
  - 12.2. TBMs de suelo
- 13. Tema G9 Cavernas y pozos
- 14. Tema G10 Control geomecánico de túneles y obras subterráneas
  - 14.1. Mapeo geomecánico de la frente
  - 14.2. Monitoreo
- 15. Tema G11 Revestimientos, acabados y funcionalidad
  - 15.1. Túneles de carretera
  - 15.2. Túneles ferroviarios y metros
  - 15.3. Túneles hidráulicos e hidroeléctricos
- 16. Tema G12 Instalaciones
  - 16.1. Ventilación
  - 16.2. Drenaje y desagüe
  - 16.3. Redes y servicios
- 17. Tema P1 Túneles a cielo abierto. Introducción
- 18. Tema P2 Tipos de falsos túneles y sus características
  - 18.1. Tipología de túneles
  - 18.2. Falsos túneles
  - 18.3. Túneles Cut & Cover
  - 18.4. Túneles marco in situ
- 19. Tema P3 Alternativas a falsos túneles
- 20. Tema P4 Diseño de obra nueva
  - 20.1. Ingeniería y diseño
  - 20.2. Planificación de obra
  - 20.3. Diseño de pantallas
- 21. P5 Especificaciones técnicas
  - 21.1. Cálculos de empujes

21.2. Juntas y deformabilidad

21.3. Anclajes y acodamientos

21.4. Diseño antisísmico

22. Tema P6 Requisitos legales

22.1. PRL y seguridad

22.2. Auscultación e inspección

23. Tema P7 Patologías

23.1. Efectos del agua

23.2. Patologías de los túneles

24. Tema P8 Mantenimiento e inspección



## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Introducción a la construcción subterránea</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Túneles a cielo abierto. Introducción</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tipología de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Normas y requisitos de proyecto</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Falsos túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño del sostenimiento de labores mineras</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño del sostenimiento de galerías</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>Túneles cut &amp; cover</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Túneles marco in situ</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Alternativas a falsos túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño del sostenimiento de cámaras</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

4	<p><b>Utilización del espacio subterráneo en la ingeniería civil</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Descripción y clasificación de las rocas y de los suelos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de pilares. Cálculo de estabilidad</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ensayos de laboratorio. Efecto escala</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Parámetros resistentes Parámetros deformacionales</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p><b>Discontinuidades Apéndice: Programa Rocklab</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Modelo geológico (unidades y estructura) Unidades geomecánicas El agua en el terreno</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño y estabilidad de pozos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Estabilidad estructural de cavidades subterráneas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>El Estado natural de tensiones Sismicidad</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Reconocimiento del terreno. Los métodos básicos: la cartografía geológica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
	<p><b>Alternativas a falsos túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de obra nueva. Ingeniería y diseño</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de obra nueva. Planificación de obra</b></p>			

6	<p>Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de obra nueva. Diseño de pantallas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Reconocimiento del terreno. Los métodos indirectos o geofísicos. Los sondeos mecánicos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Especificaciones técnicas. Cálculos de empujes</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p><b>Reconocimiento del terreno. Los ensayos in situ</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Métodos constructivos de túneles Metodología de diseño de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Principales métodos constructivos Métodos convencionales Métodos mecanizados (TBMs)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tendencias actuales en la ingeniería funcional de túneles (instalaciones y seguridad)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Métodos de cálculo del soporte de una obra subterránea El ciclo de avance</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Subsidencia provocada por excavaciones subterráneas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>Especificaciones técnicas. Juntas y deformabilidad</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Métodos de cálculo del soporte de una obra subterránea Los elementos de soporte</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Especificaciones técnicas. Anclajes y acodamientos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Primera prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>

	<p><b>Métodos empíricos de cálculo Método de la convergencia-confinamiento. Las curvas características</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p><b>TEspecificaciones técnicas. Diseño antisísmico.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Requisitos legales PRL y seguridad</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Cálculo de cuñas y bloques de roca</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Métodos numéricos de cálculo Apéndice: Programas Sostenim y Unwedge</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Requisitos legales. Auscultación e inspección</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Patologías: Efectos del agua</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Las máquinas tuneladoras TBMs de roca</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p><b>Patologías de los túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Mantenimiento e inspección</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Las máquinas tuneladoras TBMs de suelo</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Cavernas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Segunda prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
13	<p><b>Pozos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Control geomecánico de túneles y obras subterráneas Mapeo geomecánico de la frente. Monitoreo</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Revestimientos, acabados y</b></p>			

	<b>funcionalidad Túneles de carretera</b> <b>Túneles ferroviarios y metros Túneles</b> <b>hidráulicos e hidroeléctricos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Instalaciones Ventilación</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Instalaciones Drenaje y desagüe</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Instalaciones Redes y servicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15				<b>Tercera prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
16				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:30
17				

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
9	Primera prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	17%	5 / 10	CT05
12	Segunda prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	50%	5 / 10	CT05 CG09 CG01 CE07 CG15
15	Tercera prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	33%	5 / 10	CT05 CG09 CG01 CG15 CE07

#### 6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	100%	5 / 10	CT05 CG09 CG01 CG15 CE07

#### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

Alternativa a la evaluación final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	100%	5 / 10	CG09 CT05 CG01 CG15 CE07
-----------------------------------	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	--------------------------------------

## 6.2. Criterios de evaluación

El alumno deberá optar por el método de evaluación que desee seguir para superar esta asignatura. El sistema de evaluación continua (progresiva) se aplicará con carácter general a todos los estudiantes. El alumno que quiera seguir el sistema de evaluación mediante sólo prueba final, deberá comunicarlo por escrito al coordinador de la asignatura, en el plazo de tres semanas a partir del comienzo de curso.

Cada examen se compondrá de una parte teórico-práctica, con un peso entre el 20% y el 80% y una parte práctica con un peso entre el 20 y el 80 %.

Para poder promediar los exámenes de evaluación continua se exige un mínimo de 4 puntos sobre 10 en cada uno de ellos, siendo la media global igual o superior a 5.

La nota final se obtendrá como media ponderada de cada una de las tres partes de la asignatura, con un peso del 17 % la primera parte, temas 1 a 4, un 50 % la segunda parte, temas 5 a 16 y un 33 % la tercera parte, temas 17 a 24.

Para optar al aprobado, se exige una nota media ponderada de 5 puntos o superior, con una nota mínima de 4 puntos en cualquiera de las tres partes de la asignatura.

Obteniendo una calificación de 5 puntos sobre 10 o superior en cualquiera de los exámenes de evaluación continua de las tres partes de la asignatura, se considerará liberado para el examen final y para el examen extraordinario.

## 7. Recursos didácticos

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Manual de túneles	Bibliografía	Manual De Túneles y Obras Subterráneas. . LOPEZ  GIMENO, C. ed., 2011th ed. Madrid: U.D. Proyectos  (ETSI Minas-UPM), 011,  2011. ISBN 978-84-96140-35-6
Manual de clasificaciones geomecánicas	Bibliografía	BIENIAWSKI, Z.T. Engineering rock mass  classifications. John Wiley and  Sons, Nueva York, 1989.
Manual de excavaciones en roca	Bibliografía	HOEK, E.; KAISER, P. K. and BAWDEN, W. F. Support  of Underground Excavations in Hard Rock: Book  Review. London,;  Institution of Structural Engineers., 1997. ISBN  0039-2553
Plataforma Moodle: asignatura "Obras Subterráneas"	Recursos web	Curso en MOODLE
Apuntes	Recursos web	HOEK, E. Rock Engineering. Course notes.  <a href="http://www.rocscience.com">http://www.rocscience.com</a>   2011



Laboratorios	Equipamiento	Laboratorio de Mecánica de Rocas y Laboratorio de Mecánica de Suelos
--------------	--------------	---