

**ANX-PR/CL/001-01**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Obras subterráneas

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Primer semestre

## Datos Descriptivos

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Obras subterráneas
<b>Titulación</b>	06TM - Grado en Ingeniería en Tecnología Minera
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía
<b>Semestre/s de impartición</b>	Séptimo semestre
<b>Materias</b>	Especialidad it explotaciones de minas
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	65001034
<b>Nombre en inglés</b>	Underground works

## Datos Generales

<b>Créditos</b>	4.5	<b>Curso</b>	4
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

### Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Grado en Ingeniería en Tecnología Minera no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Grado en Ingeniería en Tecnología Minera no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

El coordinador de la asignatura no ha definido otros conocimientos previos recomendados.

## Competencias

---

CG 1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Tecnología Minera.

CG 10 - Creatividad.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, analizar, calcular, proyectar, construir, mantener, conservar, explotar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de las Tecnologías Mineras, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas, incluyendo la función de asesoría en estos campos.

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinarios.

CG 4 - Comprender el impacto de la tecnología minera en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad, desarrollando la capacidad para la realización de estudios de ordenación del territorio y de los aspectos medioambientales relacionados con los proyectos, plantas e instalaciones, en su ámbito

CG 5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG 6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional

CG 7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la ingeniería en tecnología minera en sus actividades profesionales.

CG 9 - Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

F18 - Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental y, en general, de tecnologías ambientales, sostenibilidad y tratamiento de residuos

F22 - Extracción de materias primas de origen mineral

F25 - Estudios geotécnicos aplicados a la minería, construcción y obra civil.

F29 - Diseño y ejecución de obras superficiales y subterráneas.

F30 - Técnicas de perforación y sostenimiento aplicadas a obras subterráneas y superficiales.

## Resultados de Aprendizaje

---

RA170 - Diseño y ejecución de obras subterráneas

RA171 - Seleccionar y dimensionar sostenimientos de obras subterráneas

RA172 - Conocer y diseñar los sistemas de desescombro

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Lain Huerta, Ricardo ( <b>Coordinador/a</b> )	216	ricardo.lain@upm.es	L - 10:00 - 13:00 V - 10:00 - 13:00
Galera Fernandez, Jose Miguel	333	josemiguel.galera@upm.es	M - 10:30 - 13:30 J - 10:30 - 13:30
Lain Huerta, Carlos	211	carlos.lain@upm.es	M - 10:30 - 12:00

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

## 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.

## Temario

---

1. Tema C1 Introducción a la construcción subterránea.
  - 1.1. Perspectiva histórica
  - 1.2. Utilización del espacio subterráneo
  - 1.3. Ejemplos de grandes obras subterráneas
2. Tema R1 Diseño de obras subterráneas
  - 2.1. El proyecto de la obra subterránea pública
  - 2.2. La geometría del proyecto
  - 2.3. El proyecto de la obra subterránea minera
  - 2.4. El proyecto geotécnico de la rampa de acceso a una mina
3. Tema R2 Diseño de labores mineras subterráneas
  - 3.1. Diseño de cámaras de mina
  - 3.2. Diseño de pilares de mina
  - 3.3. Rellenos de cámaras. Recuperación de pilares
4. Tema R3 Diseño del sostenimiento de labores mineras subterráneas
  - 4.1. Diseño del sostenimiento de galerías en mina. Ejecución del sostenimiento
  - 4.2. Diseño del sostenimiento de cámaras. Cálculo de cables
  - 4.3. Cálculo de estabilidad de pilares
  - 4.4. Diseño y estabilidad de pozos
  - 4.5. Estabilidad estructural de cavidades subterráneas
    - 4.5.1. Cálculo y sujeción de cuñas
    - 4.5.2. Cálculo del refuerzo de un techo estratificado
5. Tema R4 Subsistencia provocada por excavaciones subterráneas
  - 5.1. Determinación del perfil de hundimiento
  - 5.2. Cálculo del perfil de deformación

6. Tema R5 Corte de rocas por medios mecánicos. Picas
  - 6.1. Cálculo del rendimiento de minadores.
  - 6.2. Propiedades de las rocas que influyen en el arranque. Desgaste de los útiles de corte
  - 6.3. Planteamiento de un caso práctico
7. Tema R6 Corte de rocas por medios mecánicos. Discos
  - 7.1. Cálculo de rendimiento de tuneladoras
    - 7.1.1. Método del NTNU
    - 7.1.2. Método de la CSM
    - 7.1.3. Método de Barton
  - 7.2. Ensayos de laboratorio
8. Tema C2 Resolución de casos prácticos de tuneladoras
9. Tema G1 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 G2 Métodos de cálculo del soporte de una obra subterránea
  - 10.1. El ciclo de avance
  - 10.2. Los elementos de soporte
  - 10.3. Métodos empíricos de cálculo
  - 10.4. Método de la convergencia-confinamiento. Las curvas características
  - 10.5. Cálculo de cuñas y bloques de roca
  - 10.6. Métodos numéricos de cálculo
  - 10.7. Apéndice: Programas Sostenim y Unwedge
11. Tema G6 Métodos constructivos de túneles
  - 11.1. Metodología de diseño de túneles
  - 11.2. Principales métodos constructivos
    - 11.2.1. Métodos convencionales
    - 11.2.2. Métodos mecanizados (TBMs)
  - 11.3. Tendencias actuales en la ingeniería funcional de túneles (instalaciones y seguridad)
12. Tema G9 Cavernas
13. Tema G10 Control geomecánico de túneles y obras subterráneas
  - 13.1. Mapeo geomecánico de la frente
  - 13.2. Monitoreo

14. Tema G12 Instalaciones

14.1. Ventilación

14.2. Drenaje y desagüe. Impermeabilización

14.3. Redes y servicios

15. Legislación

15.1. Requisitos de diseño de túneles de ferrocarril

15.2. Requisitos de diseño de túneles de carretera

## Cronograma

**Horas totales:** 45 horas

**Horas presenciales:** 45 horas (38.5%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>Introducción a la construcción subterránea. Perspectiva histórica</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Utilización del espacio subterráneo</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejemplos de grandes obras subterráneas</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 2	<p><b>Diseño de obras subterráneas</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>El proyecto de la obra subterránea pública</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>La geometría del proyecto</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 3	<p><b>El proyecto de la obra subterránea minera</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>El proyecto geotécnico de la rampa de acceso a una mina</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de cámaras de mina</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			



Semana 4	<p><b>Diseño de pilares de mina</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Rellenos de cámaras. Recuperación de pilares</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de pozos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 5	<p><b>Diseño del sostenimiento de galerías en mina. Ejecución del sostenimiento</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño del sostenimiento de cámaras. Cálculo de cables</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Control estructural de galerías y túneles. Cuñas y bloques</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 6	<p><b>Subsidencia originada por explotaciones mineras</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Subsidencia originada por túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Corte de rocas por medios mecánicos. Picas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 7	<p><b>Cálculo del rendimiento de minadores.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Propiedades de las rocas que influyen en el arranque. Desgaste de los útiles de corte</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Planteamiento de un caso práctico</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

<p>Semana 8</p>	<p><b>Especificaciones técnicas. Juntas y deformabilidad</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Cálculo de rendimiento de tuneladoras</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tuneladoras. Método del NTNU</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
<p>Semana 9</p>	<p><b>Tuneladoras. Método de la CSM</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tuneladoras. Método de Barton</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ensayos de laboratorio</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
<p>Semana 10</p>	<p><b>Caso práctico de TBM. Resolución con el método del NTNU</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Caso práctico de TBM. Resolución con el método de la CSM</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Caso práctico de TBM. Resolución con el método de Barton</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
<p>Semana 11</p>	<p><b>Reconocimiento del terreno</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Toma de datos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ensayos in situ</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

<p>Semana 12</p>	<p><b>Métodos de cálculo de una obra subterránea</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño observacional del sostenimiento de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Métodos constructivos de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba de evaluación continua</b> Duración: 01:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
<p>Semana 13</p>	<p><b>Tecnología de la construcción. Excavación con perforación y voladura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Excavación de túneles con TBM's</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Excavación de cavernas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
<p>Semana 14</p>	<p><b>Contyrol geomecánico de túneles y obras subterráneas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tecnología de la construcción. Instalaciones. Ventilación. Desagüe. Impermeabilización</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Instalaciones para la explotación de túneles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
<p>Semana 15</p>	<p><b>Legislación</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Requisitos de diseño. Túneles de ferrocarril</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Requisitos de diseño . Túneles de carretera</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

Semana 16				<p><b>Prueba de evaluación continua</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 17				<p><b>Examen final</b></p> <p>Duración: 01:30</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
12	Prueba de evaluación continua	01:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	66%	5 / 10	CG 1, CG 2, CG 3, CG 4, CG 5, CG 6, CG 7, CG 9, CG 10, F29, F30, F25
16	Prueba de evaluación continua	01:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	34%	5 / 10	CG 2, CG 1, CG 3, CG 4, CG 5, CG 6, CG 7, CG 9, CG 10, F25, F29, F30
17	Examen final	01:30	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CG 1, CG 2, CG 3, CG 4, CG 5, CG 6, CG 7, CG 9, CG 10, F25, F29, F30

## Criterios de Evaluación

El alumno deberá optar por el método de evaluación que desee seguir para superar esta asignatura. El sistema de evaluación continua 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 será de carácter teórico-práctico

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.

Obteniendo una calificación de 5 puntos sobre 10 o superior en cualquiera de los exámenes de evaluación continua se considerará liberado para el examen final.

Los exámenes parciales son liberatorios para los finales

## Recursos Didácticos

Descripción	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