



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

65001034 - Obras Subterráneas

PLAN DE ESTUDIOS

06TM - Grado En Ingeniería En Tecnología Minera

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	65001034 - Obras Subterráneas
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06TM - Grado en Ingeniería en Tecnología Minera
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Ricardo Lain Huerta (Coordinador/a)	216	ricardo.lain@upm.es	L - 08:00 - 11:00 V - 08:00 - 11:00
Jose Miguel Galera Fernandez	341	josemiguel.galera@upm.es	M - 10:30 - 13:30 J - 10:30 - 13:30

* 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

- Mecanica De Rocas Y Suelos

- Geología

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

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

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. 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.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA172 - Conocer y diseñar los sistemas de desescombro

RA170 - Diseño y ejecución de obras subterráneas

RA171 - Seleccionar y dimensionar sostenimientos de obras subterráneas

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. 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.

5.2. Temario de la asignatura

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 sujección 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

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Introducción a la construcción subterránea. Perspectiva histórica Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Utilización del espacio subterráneo Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejemplos de grandes obras subterráneas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Diseño de obras subterráneas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>El proyecto de la obra subterránea minera Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Riesgos en la colocación del sostenimiento Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Medidas de vigilancia en la obra subterránea Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>El proyecto geotécnico de la rampa de acceso a una mina Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Diseño de cámaras de mina Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Diseño de pilares de mina Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Rellenos de cámaras. Recuperación de pilares Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Diseño de pozos Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

5	<p>Diseño del sostenimiento de galerías en mina. Ejecución del sostenimiento Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Diseño del sostenimiento de cámaras. Cálculo de cables Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Control estructural de galerías y túneles. Cuñas y bloques Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p>Subsistencia originada por explotaciones mineras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Subsistencia originada por túneles Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Corte de rocas por medios mecánicos. Picas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p>Cálculo del rendimiento de minadores. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Aplicaciones prácticas. Minadores Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Propiedades de las rocas que influyen en el avance mecanizado. Desgaste de los útiles de corte. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p>Planteamiento de un caso práctico Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Cálculo de rendimiento de tuneladoras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tuneladoras. Método del NTNU Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p>Tuneladoras. Método de la CSM Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tuneladoras. Método de Barton Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ensayos de laboratorio Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

10	<p>Caso práctico de TBM. Resolución con el método del NTNU Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Caso práctico de TBM. Resolución con el método de la CSM Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Caso práctico de TBM. Resolución con el método de Barton Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p>Reconocimiento del terreno Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Toma de datos Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ensayos in situ Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p>Métodos de cálculo de una obra subterránea Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Diseño observacional del sostenimiento de túneles Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Métodos constructivos de túneles Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Prueba de evaluación continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
13	<p>Tecnología de la construcción. Excavación con perforación y voladura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Excavación de túneles con TBM's Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Excavación de cavernas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p>Control geomecánico de túneles y obras subterráneas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tecnología de la construcción. Instalaciones. Ventilación. Desagüe. Impermeabilización Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Instalaciones para la explotación de</p>			

	túneles Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	Legislación Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Requisitos de diseño. Túneles de ferrocarril Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Requisitos de diseño. Túneles de carretera Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				Prueba de evaluación continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
17				Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:30

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.

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
12	Prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	66%	5 / 10	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 F29 CG 7 CG 9 CG 5 CG 6 CG 10
16	Prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	34%	5 / 10	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 CG 7 CG 9 CG 10 F29

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	100%	5 / 10	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 CG 7 CG 9 CG 10

7.1.3. 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	F30 F25 CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 CG 7 CG 9 CG 10 F29

7.2. Criterios de evaluación

El alumno deberá optar por el método de evaluación que desee seguir para superar esta asignatura. El sistema de evaluación continua 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.

La nota final se obtendrá como media ponderada de cada una de las dos partes de la asignatura, con un peso del 66 % la primera parte, temas 1 a 8 y un 34 % la segunda parte, temas 9 a 15.

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 dos partes de la asignatura.

Obteniendo una calificación de 5 puntos sobre 10 o superior en cualquiera de los exámenes de evaluación

continua de las dos partes de la asignatura, se considerará liberado para el examen final y para el examen extraordinario.

8. Recursos didácticos

8.1. 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<br </> 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. http://www.rocscience.com 2011
Laboratorios	Equipamiento	Laboratorio de Mecánica de Rocas y Laboratorio de Mecánica de Suelos

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se centra en los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por Naciones Unidas:

- 3. Salud y bienestar
- 4. Educación de calidad
- 5. Igualdad de género
- 9. Industria, innovación e infraestructura
- 17. Alianzas para lograr los objetivos