



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Obras subterráneas

Asignatura	Obras subterráneas			
Código	V09G310V01704			
Titulación	Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OB	4	1c
Lengua Impartición	Castellano			
Departamento	Ingeniería de los recursos naturales y medio ambiente			
Coordinador/a	Pozo Antonio, José Santiago			
Profesorado	García Menéndez, Julio Francisco Pozo Antonio, José Santiago			
Correo-e	ipozo@uvigo.es			
Web	<a href="http://faitic.uvigo.es/">http://faitic.uvigo.es/</a>			
Descripción general	En esta asignatura se sientan las bases de caracterización del terreno, diseño y ejecución de obras subterráneas prestando especial atención a los túneles.			

## Competencias

Código	
B1	Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación.
B2	Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en el desarrollo, en el ámbito de la ingeniería de minas, que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la orden CIN7306/2009, la prospección e investigación geológica-minera, las explotaciones de todo tipo de recursos geológicos, incluidas las aguas subterráneas, las obras subterráneas, los almacenes subterráneos, las plantas de tratamiento y beneficio, las plantas energéticas, las plantas mineralúrgicas y siderúrgicas, las plantas de materiales para la construcción, las plantas de carboquímica, petroquímica y gas, las plantas de tratamientos de residuos y efluentes y las fábricas de explosivos y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia dentro del respeto por el Medio Ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de las mismas.
B3	Capacidad para diseñar, redactar y planificar proyectos parciales o específicos de las unidades definidas en el apartado anterior, tales como instalaciones mecánicas y eléctricas y con su mantenimiento, redes de transporte de energía, instalaciones de transporte y almacenamiento para materiales sólidos, líquidos o gaseosos, escombreras, balsas o presas, sostenimiento y cimentación, demolición, restauración, voladuras y logística de explosivos.
B4	Capacidad para diseñar, planificar, operar, inspeccionar, firmar y dirigir proyectos, plantas o instalaciones, en su ámbito.
B5	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.
B6	Capacidad para el mantenimiento, conservación y explotación de los proyectos, plantas e instalaciones, en su ámbito
B7	Conocimiento para realizar, en el ámbito de la ingeniería de minas, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la orden CIN/306/2009, mediciones, replanteos, planos y mapas, cálculos, valoraciones, análisis de riesgos, peritaciones, estudios e informes, planes de labores, estudios de impacto ambiental y social, planes de restauración, sistema de control de calidad, sistema de prevención, análisis y valoración de las propiedades de los materiales metálicos, cerámicos, refractarios, sintéticos y otros materiales, caracterización de suelos y macizos rocosos y otros trabajos análogos.
B8	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Minas.
C24	Diseño y ejecución de obras superficiales y subterráneas.
C25	Técnicas de perforación y sostenimiento aplicadas a obras subterráneas y superficiales.
D1	Capacidad de interrelacionar todos los conocimientos adquiridos, interpretándolos como componentes de un cuerpo del saber con una estructura clara y una fuerte coherencia interna.

D2	Capacidad de desarrollar un proyecto completo en cualquier campo de esta ingeniería, combinando de forma adecuada los conocimientos adquiridos, accediendo a las fuentes de información necesarias, realizando las consultas precisas e integrándose en equipos de trabajo interdisciplinar.
D3	Proponer y desarrollar soluciones prácticas, utilizando los conocimientos teóricos, a fenómenos y situaciones-problema de la realidad cotidiana propios de la ingeniería, desarrollando las estrategias adecuadas.
D5	Conocer las fuentes necesarias para disponer de una actualización permanente y continua de toda la información precisa para desarrollar su labor, accediendo a todas las herramientas, actuales y futuras, de búsqueda de información y adaptándose a los cambios tecnológicos y sociales.
D7	Capacidad para organizar, interpretar, asimilar, elaborar y gestionar toda la información necesaria para desarrollar su labor, manejando las herramientas informáticas, matemáticas, físicas, etc. necesarias para ello.
D9	Entender la trascendencia de los aspectos relacionados con la seguridad y saber transmitir esta sensibilidad a las personas de su entorno.

### Resultados de aprendizaje

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje		
Integrar y aplicar con coherencia las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia	B1	C24	D1
	B2	C25	D2
	B3		D3
	B4		D7
	B5		
	B6		
	B7		
	B8		
Aplicar al cálculo y diseño los aspectos básicos sobre tecnología y seguridad en la obra subterránea	B1	C24	D1
	B2	C25	D2
	B3		D5
	B4		D9
	B5		
	B6		
	B7		
	B8		
Distinción y desarrollo de los diferentes documentos que deben integrar el proyecto de una obra subterránea y sus contenidos.	B1	C24	D1
	B2	C25	D2
	B3		D3
	B4		D5
	B5		D7
	B6		
	B7		
	B8		
Análisis y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno para proceder al diseño de la obra y a la selección de los métodos de ejecución óptimos.	B1	C24	D1
	B2	C25	D3
	B3		D7
	B4		
	B6		
	B7		
	B8		
Cálculo y estimación básica de rendimientos de avance en los diferentes métodos de ejecución de túneles en función de las condiciones que presente el macizo.	B1	C24	D3
	B3	C25	D7
Aplicación de los principios de diseño de voladuras en el marco de la materia.	B1	C24	D1
	B2	C25	D3
	B7		D7
			D9
Conocer y comprender el funcionamiento de las tecnologías de sostenimiento de obras subterráneas.	B1	C24	D1
	B2	C25	D5
	B7		D9
	B8		

### Contenidos

#### Tema

EL USO Y PROYECTO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA.	Tema introductorio Aplicaciones de obras subterráneas
CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO.	Caracterización de macizos rocosos en campo Comportamiento mecánico de de rocas Caracterización y comportamiento de las discontinuidades Propiedades del macizo rocoso (Clasificaciones geomecánicas) Tensiones naturales del terreno

**TECNOLOGÍA DE SOSTENIMIENTO.**

Cuadros metálicos. Descripción y funcionamiento de cuadros metálicos rígidos y articulados. Descripción, funcionamiento y colocación de los cuadros deslizantes.

Sostenimiento con anclaje. Elementos de un anclaje. Sistemas de anclaje por adherencia (cemento, resina). Sistemas de anclaje por fricción (puntual y repartido). Valoración de la idoneidad del bulonaje en diferentes condiciones

Uso de gunita y hormigón proyectado. Uso en minería. Parámetros característicos del hormigón. Componentes del hormigón proyectado y dosificaciones. Colocación: Gunitado en vía seca y vía húmeda.

**DISEÑO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA. SOSTENIMIENTO.**

Planteamiento general del problema de excavaciones  
 Diseño basado en clasificaciones geomecánicas  
 Análisis de tensiones en macizos rocosos  
 Método convergencia confinamiento  
 Análisis de estabilidad de cuñas en excavaciones  
 Nuevo Método Austríaco

**CLASIFICACIÓN DEL TERRENO SEGÚN SU GRADO DE EXCAVABILIDAD MECÁNICA.**

Clasificaciones de excavabilidad, perforabilidad y volabilidad de la roca

**TECNOLOGÍA DE LA EXCAVACIÓN DE TÚNELES**

MINADORES  
 TUNELADORAS (Topos y escudos)  
 AVANCE CON PERFORACIÓN Y VOLADURA (Jumbos)  
 PRECORTE MECÁNICO  
 MÉTODOS TRADICIONALES.

**TRATAMIENTOS DEL TERRENO**

Inyecciones  
 Grouting  
 Congelación

**Planificación**

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Sesión magistral	22.5	27.5	50
Resolución de problemas y/o ejercicios	14	30	44
Prácticas de laboratorio	7	17.5	24.5
Trabajos de aula	2	17.5	19.5
Salidas de estudio/prácticas de campo	5	0	5
Tutoría en grupo	2	5	7

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

**Metodologías**

	Descripción
Sesión magistral	Descripción de las teorías básicas de aplicación.
Resolución de problemas y/o ejercicios	Resolución manual de problemas.
Prácticas de laboratorio	Práctica de resolución de problemas y creación de diseños estables con programas tipo DIPS, ROCLAB, UNWEDGE y ROC-SUPPORT. También se visitará el laboratorio de mecánica de rocas, donde se mostrará el funcionamiento de los diferentes ensayos de caracterización.
Trabajos de aula	Planteamiento y presentación de problemas reales por grupos. Análisis y discusión.
Salidas de estudio/prácticas de campo	Visita obra subterránea, en el caso de financiación disponible.
Tutoría en grupo	Comentarios de casos reales, así como de errores cometidos en el pasado.

**Atención personalizada**

Metodologías	Descripción
Trabajos de aula	Estar cerca del alumno para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa.
Salidas de estudio/prácticas de campo	Estar cerca del alumno para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa.
Prácticas de laboratorio	Estar cerca del alumno para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa.

Resolución de problemas y/o ejercicios	Estar cerca del alumno para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa.
Tutoría en grupo	Estar cerca del alumno para aconsejar sobre trabajos, formas de cálculo, y hacerle pensar en el impacto de la realidad del terreno y de la variabilidad de los datos en el diseño final y en el comportamiento de la obra al ancho de su vida operativa.

<b>Evaluación</b>		Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje		
	Descripción				
Sesión magistral	Examen escrito de cuestiones de respuesta corta para analizar el entendimiento del contenido por los alumnos. Resultados de aprendizaje: conocimiento y aplicación del proceso teórico-experimental utilizado en la caracterización del terreno para proceder al diseño de la obra y a la selección de los métodos de ejecución óptimos; conocimiento y aplicación de las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia; conocer y comprender el funcionamiento de las tecnologías de sostenimiento de obras subterráneas.	30	B1 B2 B3 B4 B7 B8	C24 C25	D1 D3 D7 D9
Resolución de problemas y/o ejercicios	Pruebas escritas consistentes en la resolución de problemas que abarquen los conceptos estudiados durante el curso. Los ingenieros deben saber resolver problemas reales, por eso la resolución de estos ejercicios forman la parte más valorada en la evaluación. Resultados de aprendizaje: integrar y aplicar con coherencia las diferentes disciplinas que confluyen en esta materia; cálculo y diseño de los aspectos básicos sobre tecnología y seguridad en la obra subterránea; cálculo y estimación básica de rendimientos de avance en los diferentes métodos de ejecución de túneles en función de las condiciones que presente el macizo; aplicación de los principios de diseño de voladuras en el marco de la materia.	50	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8	C24 C25	D1 D2 D3 D7 D9
Prácticas de laboratorio	Evaluación a través del informe/memoria de prácticas realizadas y de la exposición en aula de casos reales. Resultados de aprendizaje: distinción y desarrollo de los diferentes documentos que deben integrar el proyecto de una obra subterránea y sus contenidos; cálculo y diseño de los aspectos básicos sobre tecnología y seguridad en la obra subterránea.	20	B1 B2 B3 B4 B5 B7 B8	C24 C25	D1 D2 D3 D5 D7

### Otros comentarios sobre la Evaluación

En la convocatoria ordinaria, es necesario realizar y entregar los trabajos propuestos durante el curso. Siendo así la calificación de la nota final la suma de las notas de los trabajos (hasta un 20%) y del exámen (hasta un 80%)

En convocatorias posteriores del mismo curso, el exámen puntuará el 100% de la nota final.

Calendario de exámenes:

- Convocatoria Fin de Carrera: 07/09/2017
- Convocatoria ordinaria 1º período: 12/01/2018
- Convocatoria extraordinaria julio: 22/06/2018

Esta información se puede verificar/consultar de forma actualizada en la página web del centro:

<http://minasyenergia.uvigo.es/es/docencia/examenes>

### Fuentes de información

#### Bibliografía Básica

- López Jimeno, C. et al., **IngeoTúneles Vol. 1**, 1ª ed., Entorno gráfico, 1998
- López Jimeno, C. et al., **IngeoTúneles Vol. 2**, 1ª ed., Entorno gráfico, 1999
- López Jimeno, C. et al., **IngeoTúneles Vol. 3**, 1ª ed., Entorno gráfico, 2000
- López Jimeno, C. et al., **IngeoTúneles Vol. 4**, 1ª ed., Entorno gráfico, 2001
- López Jimeno, C. et al., **IngeoTúneles Vol. 5**, 1ª ed., Entorno gráfico, 2002
- López Jimeno, C. et al., **IngeoTúneles Vol. 6**, 1ª ed., Entorno gráfico, 2003
- Cornejo Álvarez, L. et al., **Excavación mecánica de túneles**, 1ª ed., RUEDA, 1988
- López Jimeno, C. et al., **Manual de túneles y obras subterráneas**, 1ª ed., Carlos López Jimeno, 2011
- Brady, B. y Brown, E.T., **Rock Mechanics for Underground Mining**, 1ª ed., George Allen & Unwin, 2004
- Hoek, E. y Brown, E.T., **Underground Excavations in Rock**, 1ª ed., Chapman & Hall, 1980

Hudson, J.A. y Harrison, J.P., **Engineering Rock Mechanics. Illustrative Worked Examples**, 1ª ed., Pergamon Press, 2000

Ramírez Oyanguren, P. et al., **Mecánica de Rocas aplicada a la Minería Metálica Subterránea**, 1ª ed., I.T.G.E., 1984

---

### **Bibliografía Complementaria**

Ministerio de Industria y Energía, **Reglamento General De Normas Básicas De Seguridad Minera e Instrucciones Técnicas Complementarias (RD 863/1985)**, 1ª ed., Ministerio de Industria y Energía, 1985

Ministerio de Industria y Energía, **Real Decreto 1389/1997 por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras**, 1ª ed., Ministerio de Industria y Energía, 1997

Ministerio de Industria y Energía, **Real Decreto 1627/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud en las obras de construcción**, 1ª ed., Ministerio de Industria y Energía, 1997

Amadei, B y Stephansson, O. , **Rock Stress and its Measurement**, 1ª ed., Chapman & Hall, 1997

Bieniawski, Z.T., **Engineering Rock Mass Classifications -A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering**, 1ª ed., John Wiley & sons, 1989

Brown, E.T., **Rock Characterization Testing and Monitoring**, 1ª ed., Pergamon Press, 1981

González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C., **Ingeniería Geológica**, 1ª ed., Prentice Hall, 2002

Hoek, E., Kaiser, P.K. y Bawden, W.F. , **Support of Underground excavations in Hard Rock**, 1ª ed., Balkema, 1994

Hudson, J.A., **Comprehensive Rock Engineering. Principles, Practice and Projects**, 1ª ed., Pergamon Press, 1993

---

### **Recomendaciones**

#### **Asignaturas que continúan el temario**

Explotación sostenible de recursos mineros II/V09G310V01703

Trabajo de Fin de Grado/V09G310V01991

---

#### **Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente**

Expresión gráfica: Expresión gráfica/V09G310V01101

Física: Física I/V09G310V01102

Física: Física II/V09G310V01202

Geología: Geología/V09G310V01205

Informática: Estadística/V09G310V01203

Matemáticas: Álgebra lineal/V09G310V01103

Matemáticas: Cálculo I/V09G310V01104

Matemáticas: Cálculo II/V09G310V01204

Química/V09G310V01105

Mecánica de suelos/V09G310V01404

Resistencia de materiales/V09G310V01304

Mecánica de rocas/V09G310V01513

Tecnología de explotación de minas/V09G310V01612