

# Máster Oficial en Ingeniería de Minas

## Guía docente

Curso 2019–20

DATOS DE LA ASIGNATURA				
<b>Nombre</b>				
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SUBTERRANEAS				
<b>Denominación en Inglés</b>				
Underground excavations in rock				
<b>Código</b>		<b>Carácter</b>		
1170314		Obligatoria		
<b>Horas</b>				
	<b>Totales</b>	<b>Presenciales</b>	<b>No presenciales</b>	
Trabajo estimado	75	22.5	52.5	
<b>Créditos:3</b>				
<b>Grupo grande</b>	<b>Grupos reducidos</b>			
	<b>Aula Estándar</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>Prácticas de campo</b>	<b>Aula de informática</b>
<b>1.8</b>		<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>
<b>Departamento/s</b>		<b>Área/s de Conocimiento</b>		
Mecánica ( UCO)		Ingeniería del Terreno.		
<b>Curso</b>		<b>Cuatrimestre</b>		
1º		2º		

DATOS DEL PROFESORADO			
<b>Nombre</b>	<b>E-Mail</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Despacho</b>
Antonio Daza Sánchez ( Imparte y Coordina UCO)	<a href="mailto:me1dasaa@uco.es">me1dasaa@uco.es</a>	957213061	Ingeniería del Terreno
Jesús Gutiérrez–Ravé Caballero (Imparte y Coordina UCO)	<a href="mailto:jgutierrezrave@uco.es">jgutierrezrave@uco.es</a>	957213062	
Emilio Manuel Romero Macías ( Responsable UHU)	<a href="mailto:romaci@uhu.es">romaci@uhu.es</a>	959217694	
Julián A. Martínez López ( Responsable UJA)	<a href="mailto:jmartine@ujaen.es">jmartine@ujaen.es</a>	953648528	
DATOS ESPECIFICOS DE LA ASIGNATURA			
<b>1. Descripción de contenidos</b>			
<b>1.1. Breve descripción (en castellano):</b>			
Capacidad para la realización de estudios de gestión de espacios subterráneos, incluyendo la construcción de túneles y otras infraestructuras subterráneas. Para ello es necesario estudiar la caracterización del terreno, análisis de vibraciones y geotecnia sísmica, nos ayudaremos de aplicaciones informáticas para estudios de estabilidad de obras subterráneas, finalmente estudiaremos la planificación y métodos constructivos de túneles y control geotécnico así como la seguridad en los túneles de carreteras del Estado.			
<b>1.2. Breve descripción (en inglés):</b>			
Ability to conduct underground space management studies, including the construction of tunnels and other underground infrastructures. For this, it is necessary to study the terrain characterization, vibration analysis and seismic geotechnics, we will help of computer applications for studies of stability of underground works, finally we will study the planning and constructive methods of tunnels and geotechnical control as well as the safety in the tunnels of Roads of the State.			

## 2. Situación de la asignatura

### 2.1. Contexto dentro de la titulación:

I+D+i en Obras Subterráneas: Actualmente se dispone de variada metodología para la construcción de Obras Subterráneas, como Tuneladoras Abiertas, Escudos Simples y Dobles Escudos, pero la Perforación y Voladura seguirá siendo el método más utilizado en macizos rocosos y ello requiere evitar sobreexcavaciones y daños en la roca remanente. El RD 635/2006 obliga a una especial seguridad en túneles de carreteras, también surge el índice RME de Bieniawski que introduce la perforabilidad y el tiempo de autoestabilidad en las Clasificaciones Geomecánicas de caracterización de los distintos terrenos mediante sondeos continuos, que son imprescindibles ya que el terreno es el principal elemento de sostenimiento. El revestimiento no es función estructural, se dispone después de calado el túnel, la estabilidad de la excavación la realiza el sostenimiento que requiere de cerchas arriostradas, chapas solapadas, bulones y diversos hormigones proyectados y encofrados, anillos de dovelas y últimamente hormigón autocompactante, la máxima deformación del hormigón es 0,003.

### 2.2. Recomendaciones:

Es difícil determinar las tensiones in-situ o internas del terreno para reducir los imprevistos hundimientos de las zonas de falla, aquí la Sísmica nos aporta el mayor conocimiento de tensiones. El ratio de tensiones horizontales y tensiones verticales si es mayor de 1 nos indica importantes deformaciones o convergencias en los hastiales. Se inicia con una alta presión de distensión en el frente, que puede extrusionar y se afloja el terreno traccionado, mientras que los hastiales están en compresión de altas tensiones horizontales y por ello se requiere un sostenimiento adecuado con bulones que eviten el pandeo. El entorno próximo del túnel es una zona de plastificación y se utilizan valores mínimos o residuales del ángulo de fricción y cohesión. La auscultación de convergencias, extensómetros de varillas y células de presión de cuerda vibrante estudian "a posteriori" las tensiones, pero el proyecto del túnel requiere conocer "a priori" el estado tensional inicial y los diversos métodos sísmicos pueden conocerlo.

## 3. Objetivos (Expresados como resultados del aprendizaje):

1. Saber evaluar los problemas geotécnicos y las aplicaciones integrales de la geotecnia para los ámbitos de la mecánica estructural de obras subterráneas, en la asesoría, cálculo, proyecto y optimización de soluciones en la construcción de túneles.
2. Aplicar los conocimientos de la Ingeniería del Terreno en contextos globalizados para el ámbito de infraestructuras y su planificación, mantenimiento y conservación.
3. Conocer las aplicaciones interdependientes de las obras geotécnicas que abarca el área de conocimiento de Ingeniería del Terreno en las diversas funciones del Ingeniero de Minas, incluyendo la I+D+i en aplicaciones delimitadas al espacio subterráneo.

## 4. Competencias a adquirir por los estudiantes

### 4.1. Competencias específicas:

- CE2- Conocimiento adecuado de aspectos científicos y tecnológicos de mecánica de fluidos, mecánica de los medios continuos, cálculo de estructuras, geotecnia, carboquímica y petroquímica.
- CE7- Capacidad para la realización de estudios de gestión del territorio y espacios subterráneos, incluyendo la construcción de túneles y otras infraestructuras subterráneas.
- CE10- Capacidad para evaluar y gestionar ambientalmente proyectos, plantas o instalaciones.
- CE12- Capacidad para proyectar, gestionar y dirigir la fabricación, transporte, almacenamiento, manipulación y uso de explosivos y pirotecnia.

### 4.2. Competencias básicas, generales o transversales:

- CG1- Saber evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa de sus campos de estudio para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo una reflexión sobre la responsabilidad social o ética ligada a la

solución que se proponga en cada caso.

- CG2- Ser capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en que se desarrolle su actividad.
- CG3- Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.
- CG12- Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de aspectos teóricos y prácticos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.
- CB8- Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9- Que los estudiantes sepan comunicarse sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CT2- Utilizar de manera avanzada las tecnologías de la información y la comunicación.
- CT3- Gestionar la información y el conocimiento.
- CT5- Definir y desarrollar el proyecto académico y profesional.

## 5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

### 5.1. Actividades formativas :

- Sesiones de Teoría/problemas sobre los contenidos del Programa
- Sesiones de campo de aproximación a la realidad técnica y seminario
- Sesiones prácticas en Laboratorio Geotecnia y prácticas de Informática
- Actividades de evaluación y autoevaluación
- Trabajo individual/autónomo del estudiante.

### 5.2. Metodologías docentes:

- Clase Magistral Participativa.
- Desarrollo de Prácticas en Laboratorio de Geotecnia y prácticas de Informática en grupos reducidos.
- Desarrollo de prácticas de campo en grupos reducidos.
- Planteamiento, realización, tutorización y presentación de trabajos prácticos.
- Conferencias y Seminario.
- Evaluaciones y Exámenes.

### 5.3. Desarrollo y justificación:

Las sesiones teóricas/problemas de las seis unidades temáticas del programa se desarrollan en 12 horas, en clase magistral participativa.

Para las sesiones prácticas de las seis unidades temáticas se disponen de 10 horas, siendo 5 horas de campo con aparatos técnicos y Seminario, 2 horas de Laboratorio de Geotecnia con testificación de sondeo y RMR, otras 3 horas son de geotecnia computacional en aula de Informática: Support, Geotecnia Sísmica, Vibraciones, Surfer y hojas de cálculo. La realización del trabajo individual del alumno tendrá un planteamiento y tutorización del profesor, la presentación y defensa oral de estas memorias de prácticas, de laboratorio-campo-informática, representa el 30% de la nota final.

Las 8,5 horas de prácticas de campo con aparatos, aula de informática y Seminario, requieren la necesidad de asistencia física de los alumnos.

## 6. Temario desarrollado:

Seis unidades temáticas, teóricas y prácticas:

1. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO: resistencia y deformación, fracturación, sondeo y estación geotécnica, clasificación geomecánica y geotecnología, criterio de rotura de Mohr-Narvier y Hoek-Brown, geotecnia sísmica en campo y hojas de cálculo.
2. ANÁLISIS DE VIBRACIONES Y GEOTECNIA SISMICA: cálculo sísmico y modelos del comportamiento del terreno, deformación inicial y convergencias, diseño de cámaras, pilares y sostenimiento, interpretación de geotecnia sísmica y programa Surfer.
3. CÁLCULO ESTRUCTURAL CON EL PROGRAMA SUPPORT Y ESTABILIDAD DE OBRAS SUBTERRANEAS: curvas características con modelos constitutivos, sistemas de sostenimiento y revestimiento, zonificación geotécnica.
4. PLANIFICACIÓN Y FASES DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL: proceso constructivo, bóveda y destroza con voladuras, tuneladoras, operación y escudos, proyecto de ejecución de hastiales, bóveda, solera, contrabóveda y embocaduras, impermeabilización y revestimiento.
5. CONTROL GEOTÉCNICO: control de calidad, control ambiental del aire y ruidos, auscultación y zonificación de patologías, análisis del riesgo, equipamiento de túneles, ventilación y señalización, protección ambiental, estabilidad de taludes en embocaduras, aplicaciones de la geotecnia sísmica.
6. SEGURIDAD EN LOS TÚNELES DE CARRETERAS DEL ESTADO: normativas de seguridad y salud, análisis geotécnico para el diseño y construcción de túneles urbanos, riesgo de edificios próximos e instrumentación, asentos y deformación del terreno, recalces, protecciones y mantenimiento.

## 7. Bibliografía

### 7.1. Bibliografía básica:

- Ambraseys N.N. y Hendron, A. J., Jr (1968). "Efectos de las ondas dinámicas". Pgs 193-222. Capítulo libro: Mecánica de Rocas en la Ingeniería, Stagg. Ed. Blume.
- Bieniawski, Z.T. (1979). "The geomechanics classification in rock engineering applications". II INT. CONGRESS ON ROCK MECHANICS, VOL. II. MONTREUX, SUIZA. ("Rock Mass Clasifications in rock engineering", Simposium on Exploration for Rock Engineering, Johannesburg).
- Coates, D. F. (1973) "Fundamentos de Mecánica de Rocas", Cap. VIII: Dinámica de Rocas. Centro de Inv. Minera. Ministerio de Energía, Minas y Recursos Naturales de Canada. Litoprint, Madrid (1973). Rock Mechanics applied to the design of underground instalations to resist ground shock from Nuclear Blast. 5º Symp. Rock Mechanics, Univ. Of Minnesota.
- Cuellar Mirasol, Vicente. (1983) "Propiedades dinámicas del suelo. Ensayos de campo y de laboratorio". 75 pgs. Laboratorio de Carreteras y Geotecnia. Ministerio de Fomento. Madrid. "Aspectos geotécnicos a tener en cuenta en las infraestructuras del transporte". Conferencia Inaugural, 17 pgs. Sevilla. Junta de Andalucía. Director del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX y Presidente de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (2005).
- Daza Sánchez, Antonio. (2004) "Geotecnia del Terreno y del Macizo Rocosó". 434 pgs. DL: CO-1557-03. ISBN: 84-688-4703-8. Ed. Antonio Daza. EPS de BELMEZ (Córdoba).
- Hoek, E. & Brown, E.T. (1980). *Underground Excavations in Rock*. London, Instm. Mining Metall.
- Hoek, E. & Bray, J. (1981). *Rock Slope Engineering*. London, Instm. Mining Metall.
- Maldonado Zamora, A. "Técnicas actuales U-H y C-H. Aplicaciones y resultados" IV Campamento de Prospección Geofísica. 3 al 7 Mayo 1988. EPS de Belmez. Universidad

de Córdoba. 27 pg. Ed. Antonio Daza (Coordinador).

Mayne, Paul W. (2001). "Stress-strain-strength-flow parameters from enhanced in-situ tests" Institute Georgia USA. Proceedings, International Conference on In-situ Measurement of soil properties y case histories (In situ 2001) Bali, Indonesia, May 21-24, 2001, pp27-48.

Okamoto, 1973. Introducción a la Ingeniería Sísmica. Hardcover, 1973. Editorial Wiley y Sons, Incorporate, Shunzo John, 571 pg (reimpresión 1984).

#### 7.2. Bibliografía complementaria:

Park, C.B. (2005). Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW Workshop. Atlanta. SAGEEP. Meeting.

Pasmtrom, A. (1975) "Characterzation of degree of join ting and rock mass quality" Int. Report Ing. A.B. Berbel, A.S. Oslo, 62 pp.

Ramírez Oyanguren, P. (1980). *Dimensionamiento del sostenimiento en galerías y túneles*. ETS. Ing. Minas, Madrid. Ramírez Oyanguren, P. (1981). "Técnicas modernas para el dimensionamiento de minas metálicas subterráneas". Madrid. Hoja informativa nº 23 del Grupo de Geomecánica de la Asociación Ing. Minas.

Ramirez Oyanguren, Pedro y Alejano Monge Leandro. (2004) "Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes" ETSIM de Madrid. Libro de 285 pgs.

Schneider, B. (1967) "Moyens Nouveaux de Reconnaissance des Massifs Rocheux". Anales de L'ITBTP, nº 235-236. 23 pg. Paris. Ser:62, Jul-Aug 1967, pp 1054-1094. Inst. Tech. Batim. Trav. Publ. V20. Paris.

Stagg, K.G., Zienkiewicz, O.C., Hoek, E., Deere, D.V., Hendron A.J., Morgenstern, N.R., Rogerts, A. (1970). *Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica*. John Wiley y Sons, London 1968. Editorial Blume (Madrid).

Terzaghi, K. y Peck, R. B. "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica". Ed. El Ateneo. Buenos Aires, 1983.

Tezcan, S. S., Keceli, A. y Z. Ozdemir (2006) "Allowable bearing capacity of shallow foundations base on shear ware velocity". Geotechnical and Geophysical Engineering, 24: 203-218.

## 8. Sistemas y criterios de evaluación.

### 8.1. Sistemas de evaluación:

- Examen de teoría/problemas.
- Presentación y defensa de los trabajos entregables de prácticas.
- Seguimiento Individual del Estudiante.

### 8.2. Criterios de evaluación y calificación:

El examen de teoría/problemas representa el 60% de la nota final y es una prueba de desarrollo.

El seguimiento individual del estudiante es sobre la actitud, asistencia y participación, representando el 10% de la nota final.

El 30% de la nota final corresponden a las prácticas de la asignatura que son un compendio de laboratorio, informática y campo-seminario, que serán presentadas y defendidas de forma oral, individualmente por el alumno.