

Túneles y Mecánica de Rocas (250423)

Información general

Centro docente:	ETSECCPB
Departamentos:	Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA)
Créditos:	5.0 ECTS
Titulaciones:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS, pla 2012 - (codi pla 872), MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS, pla 2012 - (codi pla 1161), MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DEL TERRENY, pla 2015 - (codi pla 1141)
Curso:	2017/2018
Idioma en que se imparte:	Castellano

Profesores de la asignatura

Profesor responsable: Eduardo Alonso Perez De Agreda

Profesores: Eduardo Alonso Perez De Agreda, Ignacio Carol Vilarasau, Nuria Merce Pinyol Puigmarti

Objetivos genéricos

Asignatura de especialidad en la que se intensifican conocimientos en competencias específicas.

Conocimientos a nivel de especialización que han de permitir desarrollar y aplicar técnicas y metodologías de nivel avanzado.

Contenidos de especialización de nivel de máster relacionados con la búsqueda o la innovación en el campo de la ingeniería.

Capacidad para la construcción de obras geotécnicas, en especial excavaciones subterráneas tanto en suelos como en rocas.

Al finalizar el curso el alumno habrá adquirido la capacidad de: 1. Determinar las propiedades de una roca a partir de los resultados de laboratorio tanto desde un punto de vista geomecánico como hidrológico. 2. Hacer una caracterización de un macizo rocoso a partir de datos de campo. 3. Resolver un problema de excavaciones subterráneas identificando los materiales que hay que atravesar, proponiendo campañas de reconocimiento y la maquinaria más adecuada y analizando la respuesta del terreno.

Contenidos tratados en la asignatura:

Propiedades de la matriz. Discontinuidades. Mecánica de fractura. Tensiones in situ. Cimentaciones en roca. Hidráulica de macizos rocosos. Conocimientos de estabilidad de taludes. Historia de la construcción de túneles. Época de los canales y el ferrocarril. Métodos "nacionales" de excavación. Panorama de las técnicas modernas. Clasificaciones geomecánicas adaptadas a la construcción de túneles. Clasificaciones de Terzaghi y Lauffer. Clasificaciones modernas: índice Q, RMR. Estado de tensiones in situ. Influencia de la tectónica. Efecto de la anisotropía del macizo rocoso. Medidas in situ. Túneles en régimen elástico. Soluciones analíticas. Distribución de tensiones y deformaciones. Efecto de la forma de la excavación. Cálculo numérico de la distribución de tensiones. Estabilidad estructural. Determinación de fallas inestables cuando existen tres familias de discontinuidad. Determinación del coeficiente de seguridad. Resistencia de la roca matriz. Criterio de Hoek y Brown. Efecto de las discontinuidades en el criterio de rotura. Adaptación del criterio de Hoek y Brown a los macizos rocosos. Correlación de los parámetros del criterio con los índices RMR y Q. Curva característica del túnel. Derivación de la curva en régimen elastoplástico. Fase elástica. Determinación de la corona plástica. Curvas características del sostenimiento. Hormigón proyectado. Encabalgamientos. Bulones. Revestimiento continuo. Determinación de las condiciones de equilibrio. Nuevo método austríaco. Ciclo de construcción. Embocaduras. Perforación, voladura, desescombrado, sostenimiento de avance, auscultación. Tuneladoras. Túneles en suelos. Método belga y método alemán. Escudos. Los túneles y el agua. Modificación de la solución elastoplástica cuando existe filtración. Efecto de la inyección y el drenaje. Estanqueidad del revestimiento. Asentamientos en superficie provocados por la construcción de túneles. Influencia de las edificaciones. Colapso de túneles. Medidas que se deben adoptar. Descripción de casos reales.

Competencias

Competencias específicas

Aplicación de los conocimientos de la mecánica de suelos y de las rocas para el desarrollo del estudio, proyecto, construcción y explotación de cimentaciones, desmontes, terraplenes, túneles y demás construcciones realizadas sobre o a través del terreno, cualquiera que sea la naturaleza y el estado de éste, y cualquiera que sea la finalidad de la obra de que se trate.

Competencias genéricas de la materia

INNOVACIÓN, EMPLEABILIDAD, DESARROLLO E INVESTIGACIÓN -Capacidad para desarrollar la creatividad y la tendencia a la innovación, de forma que incida en el desarrollo y progreso de la sociedad. Capacidad para trabajar en un tema de investigación.

Empleabilidad a nivel de dirección en todo tipo de empresas y administraciones, con iniciativa y habilidades en toma de decisiones. Capacidad para desarrollar la creatividad y la tendencia a la innovación, de forma que incida en el desarrollo y progreso de la sociedad. Capacidad para trabajar en un tema de investigación. Empleabilidad a nivel de dirección en todo tipo de empresas y administraciones, con iniciativa y habilidades en toma de decisiones.

SOSTENIBILIDAD Y MEDIO AMBIENTE -Capacidad para el desarrollo de la ingeniería en el marco de la globalización, la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Capacidad para analizar el ciclo de la vida completo de un proyecto en ingeniería.

CAPACIDAD PARA EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO - Capacidad para desarrollar nuevas metodologías de análisis y procesos a todos los niveles desde la concepción, el proyecto y el desarrollo. Capacidad para proponer y desarrollar especificaciones, reglamentos y normas para la ingeniería, siguiendo criterios de seguridad, eficiencia y utilización de recursos sostenible.

Créditos ECTS: horas totales de dedicación del estudiantado

		Dedicación	
		Horas	Porcentaje
Aprendizaje dirigido	Teoría	30.00	66.7%
	Problemas	4.50	10.0%
	Laboratorio	4.50	10.0%
	Actividades dirigidas	6.00	13.3%
Aprendizaje autónomo		80.00	

Contenidos

Introducción

Dedicación

2.0h. Teoría

Descripción

- Excavaciones y túneles. Historia de la construcción de túneles
- Cimentación de presas. Ejemplo: La rotura de Malpasse.
- Estabilidad de taludes en roca. Ejemplo: La rotura de Vaiont

Introducción a la mecánica de fractura

Dedicación

4.0h. Teoría

Descripción

- Introducción. Mecanismos y modos.
- Mecánica de fractura lineal (Teoría de Griffith, factor de intensidad de tensiones, tenacidad)
- Mecánica de fracturas no lineal. Efecto escala. Inicio y propagación de fracturas.
- Ejemplo/Práctica: Efecto escala en el comportamiento de la escollera

Roca matriz, juntas y macizo rocoso

Dedicación

3.0h. Problemas

Descripción

- Roca matriz. Ensayos. Criterios de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown.
- Discontinuidades. Aspectos generales. Criterios de rotura de Patton y Barton Choubey.

Tensión in situ

Dedicación

4.0h. Teoría

Descripción

- Importancia. Estados tensionales en torno a una excavación
- Medidas de tensión "in situ". Liberación de tensiones "in situ". Restitución de tensiones. Fractura hidráulica. Cambios de tensiones en inclusiones.

Túnel circular en terreno elastoplástico. Curvas características

Dedicación

4.0h. Teoría

Descripción

- Deformación plana. Modelo elastoplástico de Mohr-Coulomb. Modelo elastoplástico de Hoek-Brown.
- Cavidad esférica. Modelo elastoplástico de Mohr-Coulomb. Modelo elastoplástico de Hoek-Brown.

Interacción túnel sostenimiento

Dedicación

2.0h. Teoría

Descripción

Curvas de sostenimiento. Bulones. Revestimientos circulares y cerchas. Fenómenos 3D en el frente.

Agua y macizo rocoso

Dedicación

3.0h. Teoría

Descripción

- Permeabilidad de fractura. Flujo en redes de fractura. Ley de tensiones efectivas. Acoplamiento hidromecánico.
- Curvas características de túneles en presencia de flujo de agua. Implicaciones.

Construcción de túneles en roca

Dedicación

3.0h. Teoría

Descripción

Métodos tradicionales. Nuevo Método Austriaco. Estabilidad de emboquilles. Máquinas tuneladoras y rozadoras.

Estabilidad de frentes de túneles

Dedicación

1.5h. Problemas

Descripción

Aplicación de teoremas de colapso plástico. Soluciones 2D y 3D para túneles circulares.

Construcción de túneles en suelos

Dedicación

4.0h. Teoría

Descripción

- Métodos tradicionales Belga y Alemán. Ejemplo/práctica: Construcción de metros en Barcelona.
- Escudos. Ejemplo/práctica: línea del AVE.

Movimientos inducidos por túneles

Dedicación

4.0h. Teoría

Descripción

- Asentamientos en superficie. Métodos empíricos. Pérdida de terreno.
- Desplazamientos alrededor de un túnel. Métodos teóricos y semiempíricos. Efecto de movimientos sobre estructuras. Método de Burland y Boscardin-Cording.

Examen

Dedicación

4.5h. Laboratorio

Actividades

Anteproyecto de túnel

Dedicación

6.0 h. Actividades dirigidas

Descripción

Realización del anteproyecto de un túnel

Método de calificación (*)

(*) El calendario de evaluación y el Método de calificación se aprobarán antes del inicio de curso.

La asignatura se evaluará a partir de la nota media de los dos exámenes realizados durante el curso y la nota del trabajo final.

Se convocarán dos exámenes: uno a mitad del cuatrimestre (E1) y otro al final del cuatrimestre (E2). En ambos exámenes se evaluarán los conocimientos de los estudiantes según el temario impartido hasta el momento del examen.

La nota resultante de los exámenes será la máxima de la nota del segundo examen y una media ponderada de los dos exámenes (el primer examen tendrá un peso del 40% y el segundo del 60%).

Nota Exámenes = $\text{máx. } (0.4 * \text{NotaE1} + 0.6 * \text{NotaE2} ; \text{NotaE2})$

El trabajo se evaluará a parte y tendrá un peso del 20% de la nota final.

La nota final de la asignatura se calculará de la siguiente forma:

Nota Final = $0.8 * \text{Nota Exámenes} + 0.2 * \text{Nota Trabajo}$

La nota final se calculará a partir de notas parciales superiores a 4 sobre 10.

Normas de realización de pruebas

Si no se realiza el segundo examen o no se presenta el trabajo se considerará como puntuación cero.

Metodología docente

Se dedican tres horas de clase a la semana en que se impartirá teoría y resolución de problemas y se expondrán casos reales.

El alumno deberá poner en práctica los conocimientos adquiridos mediante la realización de un trabajo. El trabajo consiste en la realización de un anteproyecto de túnel en situación real.

Típicamente, deben abordarse los aspectos siguientes:

- Descripción topográfica y geológica del emplazamiento
- Descripción estructural del macizo rocoso. Tramos del túnel y clasificación geomecánica. Estimación de parámetros resistentes globales
- Análisis de la interacción roca-sostenimiento. Determinación de las curvas características. Envoltentes lineal i no lineal de rotura. Curvas de sostenimiento
- Definición del sostenimiento a partir de análisis de interacción y de clasificaciones geomecánicas
- Análisis de la estabilidad estructural de la excavación
- Definición del procedimiento constructivo

Se utiliza material de apoyo en formato de plan docente detallado a través del campus virtual ATENEA: contenidos, programación de actividades de evaluación y de aprendizaje dirigido y bibliografía.

Bibliografía básica

- Atkinson, B.K. (editor). **Fracture Mechanics of Rock**. Academic Press. 1987.
- Jaeger, J.C. i N.G.W. Cook. **Fundamentals of Rock Mechanics**. Chapman and Hall. London. 1979.
- López Jimeno, C. (ed.). **Manual de túneles y obras subterráneas**. E.T.S.I. Minas - Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2011. ISBN 9788496140370.
- B. Maidl, M. Herrenknecht, U. Maidl, G. Wehrmeyer. **Mechanised Shield Tunnelling**. Wiley-Blackwell. Germany. 2012. ISBN 978-3-433-02995-4.

Bibliografía complementaria

- Bieniawski, Z.T. . **Design Methodology in Rock Engineering**. Balkema. 1992.
- Broek, D. . **The Practical Use of Fracture Mechanics**. Kluwer Academic Publishers. 1989.
- Broek, D. . **Elementary Engineering Fracture Mechanics**. Kluwer Academic Publishers. 1982.
- Chernyshev, S.N. and W.R. Dearman . **Rock Fractures**. Butterworth-Heinemann. 1991.
- González de Vallejo, L.I., M. Ferrer, L. Ortuño i C. Oteo . **Ingeniería Geológica**. Madrid. 2002.
- Goodman, R.E. . **Introduction to Rock Mechanics**. John Wiley. 1989.
- Goodman, R.E.. **Engineering Geology. Rock in Engineering Construction**. John Wiley & Sons. 1993.
- Jumikis, A.R. . **Rock Mechanics**. Trans Tech Publications. 1983.
- Hoek, E. **Practical Rock Engineering**. www.rockscience.com . 2000.
- Hoek, E. i E.T. Brown . **Underground excavations in rock**. Institution of Mining and Metallurgy. 1980.