Guía docente
330603 - MES - Modelización de las Excavaciones Subterráneas

Última modificación: 28/04/2025

Unidad responsable: Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa
Unidad que imparte: 750 - EMIT - Departamento de Ingeniería Minera, Industrial y TIC.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MINAS (Plan 2013). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Castellano

PROFESORADO

Profesorado responsable: Parcerisa Duocastella, David

Otros:

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:
1. Conocimiento adecuado de aspectos científicos y tecnológicos de geotecnia.
2. Capacidad para la realización de estudios de gestión del territorio y espacios subterráneos, incluyendo la construcción de túneles y otras infraestructuras subterráneas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Las prácticas se realizan exclusivamente en las aulas de informática con el apoyo del profesorado y de vídeotutoriales. Inicialmente se explica el uso de diferentes herramientas de software, se propone la realización de diversas tareas relacionadas con el software que deben entregarse a través de la plataforma digital ATENEA y posteriormente se corrigen y califican. De forma complementaria se puede realizar una salida de campo dedicada a la comprensión de las clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.

Las clases teóricas consisten esencialmente en exposiciones magistrales mediante Power Point fomentando, en la medida de lo posible, la participación activa del alumnado mediante el planteamiento de cuestiones referentes a la clase expuesta durante el desarrollo de la misma. Todos los Power Points están disponibles en el campus virtual ATENEA para la consulta.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al finalizar la asignatura de Modelización de las Excavaciones Subterráneas, el estudiante debe ser capaz de:
· Identificar los distintos tipos de terreno, sus características y la influencia sobre posibles excavaciones.
· Reconocer las distorsiones que producen las excavaciones en el estado de esfuerzos del terreno.
· Conocer las técnicas de excavación y sostenimiento básicas y cuándo deben aplicarse en función del terreno y de la obra a realizar.
· Realizar un modelo 3D de las unidades geológicas/geotécnicas del subsuelo mediante el uso de software.
· Realizar modelos de deformaciones y distorsión de esfuerzos en torno a una excavación subterránea mediante el uso de software.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	45,0	36.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Título del contenido 1: Introducción a las Infraestructuras Subterráneas

Descripción:
En este contenido se trabaja:
Definiciones básicas de las Obras Subterráneas.
Tipos básicos de obras subterráneas.
Ejemplos de obras subterráneas y de problemas ingenieriles asociados.

Objetivos específicos:
Al terminar este tema, el estudiante será capaz de:
1. Comprender que es una Infraestructura Subterránea.
2. Comprender las principales problemáticas asociadas a la construcción de estas infraestructuras.

Actividades vinculadas:
Actividad 3 y 4

Dedicación: 5h
Grupo grande/Teoría: 2h
Aprendizaje autónomo: 3h

Título del contenido 2: Caracterización del Terreno

Descripción:
En este contenido se trabaja:
El concepto de suelo, roca y de macizo rocoso y cómo hacer una caracterización y estudio como paso previo a la construcción de un túnel.
Análisis de discontinuidades y otros parámetros en macizos rocosos.
Caracterización de subsuelos estratificados.

Objetivos específicos:
Al terminar este tema, el estudiante será capaz de:
1. Distinguir entre un subsuelo de roca y de suelo.
2. Conocer los ensayos de caracterización del terreno básicos.
3. Gestionar los datos aportados por sondeos de investigación del terreno.
4. Modelizar un subsuelo estratigráfico a partir de los datos de los sondeos.

Actividades vinculadas:
Actividades 1, 3, 4 y 5

Dedicación: 26h
Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 5h
Aprendizaje autónomo: 15h

Título del contenido 3: Tensiones alrededor de una excavación

Descripción:
En este contenido se trabaja:
La evolución de las tensiones principales en torno a un túnel y cómo se modifican estas tensiones al aplicar un sostén.

Objetivos específicos:
Al terminar este tema, el estudiante será capaz de:
1. Entender qué son el estado de esfuerzos, los esfuerzos principales y la ley de tensiones en suelos secos, húmedos y saturados.
2. Entender cómo se modifican estas tensiones alrededor de una excavación.

Actividades vinculadas:
Actividades 2, 3, 4 y 5

Dedicación: 19h
Grupo grande/Teoría: 4h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 12h

Título del contenido 4: Técnicas de construcción y sostenimiento

Descripción:
En este contenido se trabaja:
Las principales técnicas y maquinaria para realizar una excavación y los diferentes tipos de sostenes en función del tipo de terreno.

Objetivos específicos:
Al terminar este tema, el estudiante será capaz de:
1. Conocer los principales tipos de métodos de excavación.
2. Conocer los principales tipos de sostenimientos.

Actividades vinculadas:
Actividades 2, 3 y 4

Dedicación: 29h
Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 20h

Título del contenido 5: Interacción entre excavaciones y sostenimientos

Descripción:
En este contenido se trabaja:
Interacción de sostenimientos con el terreno y determinación de las curvas de sostenimiento.

Objetivos específicos:
Al terminar este tema, el estudiante será capaz de:
1. Entender una curva de sostenimiento.
2. Analizar el riesgo de caída de bloques en túneles construidos en macizos rocosos.

Actividades vinculadas:
Actividades 2, 3 y 4

Dedicación: 22h
Grupo grande/Teoría: 4h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 15h

Título del contenido 6: Control de riesgo y monitoreo

Descripción:
En este contenido se trabaja:
Monitorización de un túnel a partir de ensayos de auscultación del terreno y gestión del riesgo durante la construcción del túnel.

Objetivos específicos:
Al terminar este tema, el estudiante será capaz de:
1. Identificar los principales riesgos durante la excavación de un túnel.
2. Qué son los ensayos de auscultación del terreno. Funcion amiento y comprensión de resultados en ensayos inclino métrico, extansiométricos, en células de presión y en extensímetres.

Actividades vinculadas:
Actividades 3 y 4

Dedicación: 24h
Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 15h

ACTIVIDADES

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 1: Realización de un modelo 3D del subsuelo mediante Vulcan

Descripción:
Se dedicarán varias sesiones en las aulas de Informática para elaborar un modelo 3D de las unidades geológicas/geotécnicas de subsuelo en una zona concreta mediante software especializado (Maptek Vulcan)

Objetivos específicos:
Al finalizar la práctica el estudiante debe ser capaz de:
· Utilizar los softwares Maptek Vulcan para realizar un modelo 3D del subsuelo.

Entregable:
Cada estudiante tendrá que entregar un modelo 3D a través del campus digital ATENEA.

Dedicación: 11h
Aprendizaje autónomo: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 2: Realización de un modelo 3D de esfuerzos y deformaciones en un túnel mediante el software de Rocscience

Descripción:
Se plantea utilizar distintos programas de la suite de Rocscience para modelizar esfuerzos i deformaciones alrededor de una excavación subterránea.

Objetivos específicos:
Al finalizar la actividad dirigida el estudiante debe ser capaz de realizar modelos 3D de deformaciones y distorsión de esfuerzos en torno a una excavación subterránea.

Entregable:
Los estudiantes tendrán que entregar diversas tareas a través del campus digital ATENEA.

Dedicación: 10h
Aprendizaje autónomo: 5h
Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 3: Examen sobre los contenidos teóricos de la asignatura

Descripción:
En la parte final del curso se realiza un cuestionario de evaluación de los contenidos teóricos impartidos.

Objetivos específicos:
Demostrar que se han adquirido los conocimientos teóricos.

Entregable:
Los estudiantes entregan el examen completado.

Dedicación: 3h
Aprendizaje autónomo: 1h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 4: prueba final de evaluación de la asignatura

Descripción:
Prueba individual en un aula donde se deberá demostrar la consecución de los conocimientos teóricos de la asignatura y/o de la realización de un modelo de 3D del subsuelo con Maptek Vulcan en caso de no haber superado las pruebas realizadas durante el curso.

Objetivos específicos:
Al terminar la prueba el alumno debe haber demostrado que ha adquirido los conocimientos básicos sobre modelización de excavaciones subterráneas.

Entregable:
Resolución de la prueba.

Dedicación: 15h
Aprendizaje autónomo: 12h
Grupo mediano/Prácticas: 3h

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 5: Salida de campo

Descripción:
Se realiza una visita a un afloramiento y se realiza la determinación de diversas clasificaciones geomecánicas. Se trata de una actividad opcional.

Objetivos específicos:
Al finalizar la práctica el estudiante debe ser capaz de:
· Entender cómo se determinan las clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.

Dedicación: 7h
Aprendizaje autónomo: 4h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Se realizan diversas tareas evaluadoras a lo largo del curso que consisten en:

1. Un examen sobre los conceptos expuestos en las clases de teoría. Se dispone de 3 horas para realizarla y en caso de suspender se tiene derecho a asistir a un examen final donde se evaluará de nuevo la consecución de los conocimientos teóricos de la asignatura.

2. La realización de un modelo de subsuelo 3D mediante el software Vulcan. Este modelo se realizará en diversas sesiones prácticas y mediante trabajo autónomo y se entregará en forma de tarea a través del campus digital ATENEA. En caso de suspender se tendrá derecho a la evaluación de esta parte de la asignatura en una prueba final en el transcurso de la cual habrá que realizar el modelo de subsuelo 3D.

3. La realización de diversas tareas mediante el software de Rocscience. La entrega de estas tareas es obligatoria.

La calificación final es la suma de las siguientes calificaciones parciales:

Nfinal = 0.4 NeT + 0.4 NpV + 0.2 NpR

Nfinal: calificación final.
NeT: calificación del examen teórico.
NpV: calificación de la tarea práctica de Vulcan.
NpR: calificación de las tareas prácticas de Rocscience.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

· En ningún caso se puede disponer de ningún tipo de formulario o apuntes en el examen teórico o en la prueba final de teoría.
· En caso de tener que realizar el proyecto de Vulcan en un examen final se tendrá derecho a la consulta de apuntes y vídeotutoriales.
· Las tareas de Rocscience son de entrega obligatoria.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Chapman, D. N.; Metje, N.; Stärk, A. Introduction to tunnel construction [en línea]. London: Spon Press, 2010 [Consulta: 06/06/2024]. Disponible a: https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781315120164/introduction-tunnel-construction-david-chapman-nicole-metje-alfred-stark. ISBN 9780415468428.
- Gonzalez de Vallejo, L. I., dir. Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos [en línea]. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 2007 [Consulta: 29/07/2022]. Disponible a: https://search-ebscohost-com.recursos.biblioteca.upc.edu/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=nlebk&AN=865640&site=ehost-live&ebv=EB&ppid=pp_Cover. ISBN 8478407081.
- Gonzalez de Vallejo, L. I., i altres. Ingeniería geológica [en línea]. Madrid: Prentice Hall, 2002 [Consulta: 02/06/2022]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=1237. ISBN 8420531049.
- Hoek, E. "Big tunnels in bad rock". Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering [en línea]. September 2001, vol. 127, no. 9, p. 726-740 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: https://www.rocscience.com/assets/resources/learning/hoek/2000-Big-Tunnels-in-Bad-Rock.pdf.- Hoek, E.; Brown, E. T. Excavaciones subterráneas en roca. México: McGraw-Hill, 1985. ISBN 9684516975.
- López Jimeno, C., ed. Manual de túneles y obras subterráneas. Madrid: E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid, 2011. ISBN 9788496140370.

Complementaria:

- De Rienzo, F.; Oreste, P.; Pelizza, S. "Subsurface geological-geotechnical modelling to sustain underground civil planning". Engineering geology [en línea]. 1 February 2008, vol. 96, no. 3-4, p. 187-204 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.11.002.- Gens, A.; Ledesma, A.; Alonso, E. E. "Estimation of parameters in geotechnical backanalysis - II. Application to a tunnel excavation problem". Computers and geotechnics [en línea]. 1996, vol. 18, no. 1, p. 29-46 [Consulta: 23/01/2018]. Disponible a: http://hdl.handle.net/2117/2209.- Ledesma, A.; Gens, A.; Alonso, E. E. "Estimation of parameters in geotechnical backanalysis - I. Maximum likelihood approach". Computers and geotechnics [en línea]. 1996, vol. 18, no. 1, p. 1-27 [Consulta: 23/01/2018]. Disponible a: http://hdl.handle.net/2117/2208.- Obradors, J. Importància de la determinació dels

paràmetres hidràulics del terreny a l'excavació de les estacions del metro a la Zona Franca de Barcelona [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, 2006 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: http://hdl.handle.net/2099.1/3294.
- Palmstrom, A. "Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD)". Tunnelling and underground space technology [en línea]. 4 July 2005, vol. 20, no. 4, p. 362-377 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: https://doi.org/10.1016/j.tust.2005.01.005.- Sánchez, M. A., i altres. "Geological risk assessment of the area surrounding Altamira Cave: A proposed Natural Risk Index and Safety Factor for protection of prehistoric caves". Engineering geology [en línea]. 2 November 2007, vol. 94, no. 3-4, p. 180-200 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.08.004.- Sivakumar, C., i altres. "Real time microseismic monitoring to study geomechanics of underground structures". Geomechanics in the emerging social and technological age: proceedings of the 12th Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, IACMAG [en línea]. Goa, India: Indian Institute of Technology. Geotechnical Engineering Division, 2008. p. 1972-1979 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.384.1650&rep=rep1&type=pdf.- Swanson, P. "Feasibility of using laser-based vibration measurements to detect roof fall hazards in underground mines". Tomasini, E. P., ed. Fifth International Conference on Vibration Measurements by Laser Techniques: advances and applications [en línea]. Bellingham: SPIE, 2002. p. 541-552 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: https://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/foulb.pdf.- Tubau, I. Estudio hidrogeológico y propuesta de proceso constructivo para la excavación de un túnel entre pantallas en el Delta del Llobregat [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, 2004 [Consulta: 21/12/2020]. Disponible a: http://hdl.handle.net/2099.1/3419.