

## 250423 - TUNMECROQU - Túnel i Mecànica de Roques

Unitat responsable:	250 - ETSECCPB - Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona
Unitat que imparteix:	751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental
Curs:	2015
Titulació:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA CIVIL (Pla 2007). (Unitat docent Optativa) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS (Pla 2012). (Unitat docent Optativa) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS (Pla 2012). (Unitat docent Optativa) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA CIVIL (Pla 2009). (Unitat docent Optativa)
Crèdits ECTS:	5
Idiomes docència:	Castellà

### Professorat

Responsable:	EDUARDO ALONSO PEREZ DE AGREDA
Altres:	EDUARDO ALONSO PEREZ DE AGREDA, IGNACIO CAROL VILARASAU, NURIA MERCE PINYOL PUIGMARTI

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

#### Específiques:

8200. Aplicació dels coneixements de la mecànica de sòls i de les roques per al desenvolupament de l'estudi, projecte, construcció i explotació de fonamentacions, desmunts, terraplens, túnels i altres construccions realitzades sobre o a través del terreny, qualsevol que sigui la naturalesa i l'estat d'aquest, i qualsevol que sigui la finalitat de l'obra que es tracti.

### Metodologies docents

Es dediquen tres hores de classe a la setmana on s'impartirà teoria i resolució de problemes i s'exposaran casos reals.

L'alumne haurà de posar en pràctica els coneixements adquirits mitjançant la realització d'un treball. El treball consisteix en la realització d'un avantprojecte de túnel en situació real. Típicament, s'han d'abordar els aspectes següents:

- Descripció topogràfica i geològica de l'emplaçament
- Descripció estructural del massís rocós. Trams del túnel i classificació geomecànica. Estimació de paràmetres resistents globals
- Anàlisi de la interacció roca-sosteniment. Determinació de les corbes característiques. Envoltants lineal i no lineal de ruptura. Corbes de sosteniment
- Definició del sosteniment a partir d'anàlisi d'interacció i de classificacions geomecàniques
- Anàlisi de l'estabilitat estructural de l'excavació
- Definició del procediment constructiu

S'utilitza material de suport en format de pla docent detallat mitjançant el campus virtual ATENEA: continguts, programació d'activitats d'avaluació i d'aprenentatge dirigit i bibliografia.

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Assignatura d'especialitat en la que s'intensifiquen coneixements en competències específiques.

## 250423 - TUNMECROQU - Túnel i Mecànica de Roques

Coneixements a nivell d'especialització que han de permetre desenvolupar i aplicar tècniques i metodologies d'avançat nivell.

Continguts d'especialització de nivell de màster relacionats amb la recerca o la innovació en el camp de l'enginyeria.

Capacitat per a la construcció d'obres geotècniques, en especial excavacions subterrànies tant en sòls com en roques.

En finalitzar el curs l'alumne haurà adquirit la capacitat de: 1. Determinar les propietats d'una roca a partir dels resultats de laboratori tant des d'un punt de vista geomecànic com hidrològic. 2. Fer una caracterització d'un massís rocós a partir de dades de camp. 3. Resoldre un problema d'excavacions subterrànies identificant els materials que cal travessar, proposant campanyes de reconeixement i la maquinària més adequada i analitzant la resposta del terreny.

Continguts tractats a l'assignatura:

Propietats de la matriu. Discontinuitats. Mecànica de fractura. Tensions in situ. Fonamentacions en roca. Hidràulica de massissos rocosos. Coneixements d'estabilitat de talussos. Història de la construcció de túnels. Època dels canals i el ferrocarril. Mètodes "nacionals" d'excavació. Panorama de les tècniques modernes. Classificacions geomecàniques adaptades a la construcció de túnels. Classificacions de Terzaghi i Lauffer. Classificacions modernes: índex Q, RMR. Estat de tensions in situ. Influència de la tectònica. Efecte de l'anisotropia del massís rocós. Mesures in situ. Túnel en règim elàstic. Solucions analítiques. Distribució de tensions i deformacions. Efecte de la forma de l'excavació. Càlcul numèric de la distribució de tensions. Estabilitat estructural. Determinació de falques inestables quan hi ha tres famílies de discontinuïtat. Determinació del coeficient de seguretat. Resistència de la roca matriu. Criteri de Hoek i Brown. Efecte de les discontinuïtats en el criteri de ruptura. Adaptació del criteri de Hoek i Brown als massissos rocosos. Correlació dels paràmetres del criteri amb els índexs RMR i Q. Corba característica del túnel. Derivació de la corba en règim elastoplàstic. Fase elàstica. Determinació de la corona plàstica. Corbes característiques del sosteniment. Formigó projectat. Encavallades. Bolons. Revestiment continu. Determinació de les condicions d'equilibri. Nou mètode austríac. Cicle de construcció. Embocadures. Perforació, voladura, desenrunament, sosteniment d'avenç, auscultació. Tuneladores. Túnel en sòls. Mètode belga i mètode alemany. Escuts. Els túnels i l'aigua. Modificació de la solució elastoplàstica quan hi ha filtració. Efecte de la injecció i el drenatge. Estanquitat del revestiment. Assentaments en superfície provocats per la construcció de túnels. Influència de les edificacions. Col·lapse de túnels. Mesures que s'han d'adoptar. Descripció de casos reals.

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 125h	Grup gran/Teoria:	19h 30m	15.60%
	Grup mitjà/Pràctiques:	9h 45m	7.80%
	Grup petit/Laboratori:	9h 45m	7.80%
	Activitats dirigides:	6h	4.80%
	Aprenentatge autònom:	80h	64.00%

## 250423 - TUNMECROQU - Túnel i Mecànica de Roques

### Continguts

<p><b>Introducció</b></p>	<p>Dedicació: 4h 48m</p> <p>Grup gran/Teoria: 2h</p> <p>Aprenentatge autònom: 2h 48m</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavacions i túnels. Història de la construcció de túnels</li> <li>- Cimentació de preses. Exemple: La ruptura de Malpasse.</li> <li>- Estabilitat de talussos en roca. Exemple: La ruptura de Vaiont</li> </ul>	
<p><b>Introducción a la mecánica de fractura</b></p>	<p>Dedicació: 9h 36m</p> <p>Grup gran/Teoria: 4h</p> <p>Aprenentatge autònom: 5h 36m</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducció. Mecanismes y modes.</li> <li>- Mecànica de fractura lineal (Teoria de Griffith, factor d'intensitat de tensions, tenacitat)</li> <li>- Mecànica de fractures no lineal. Efecte escala. Inici i propagació de fractures.</li> <li>- Exemple/Pràctica: Efecte escala en el comportament de l'escullera</li> </ul>	
<p><b>Roca matriu, juntes i massís rocós</b></p>	<p>Dedicació: 7h 11m</p> <p>Grup mitjà/Pràctiques: 3h</p> <p>Aprenentatge autònom: 4h 11m</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Roca matriu. Assajos. Criteris de Mohr-Coulomb i Hoek-Brown.</li> <li>- Discontinuitats. Aspectes generals. Criteris de ruptura de Patton i Barton Choubey.</li> </ul>	
<p><b>Tensió in situ</b></p>	<p>Dedicació: 9h 36m</p> <p>Grup gran/Teoria: 4h</p> <p>Aprenentatge autònom: 5h 36m</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importància. Estat tensionals entorn a una excavació</li> <li>- Mesures de tensió "in situ". Alliberació de tensions "in situ". Restitució de tensions. Fractura hidràulica. Canvis de tensions en inclusions.</li> </ul>	

## 250423 - TUNMECROQU - Túnel i Mecànica de Roques

<p>Túnel circular en terreny elasto-plàstic. Corbes característiques</p>	<p>Dedicació: 9h 36m Grup gran/Teoria: 4h Aprentatge autònom: 5h 36m</p>
<p>Descripció: - Deformació plana. Model elasto-plàstic de Mohr-Coulomb. Model elasto-plàstic de Hoek-Brown. - Cavitat esfèrica. Model elasto-plàstic de Mohr-Coulomb. Model elasto-plàstic de Hoek-Brown.</p>	
<p>Interacció túnel sosteniment</p>	<p>Dedicació: 4h 48m Grup gran/Teoria: 2h Aprentatge autònom: 2h 48m</p>
<p>Descripció: Corbes de sosteniment. Bolons. Revestiments circulars i encavallades. Fenòmens 3D en el front.</p>	
<p>Aigua i massís rocós</p>	<p>Dedicació: 7h 11m Grup gran/Teoria: 3h Aprentatge autònom: 4h 11m</p>
<p>Descripció: - Permeabilitat de fractura. Flux en xarxes de fractura. Llei de tensions efectives. Acoblament hidromecànic. - Corbes característiques de túnels en presència de flux d'aigua. Implicacions.</p>	
<p>Construcció de túnels en roca</p>	<p>Dedicació: 7h 11m Grup gran/Teoria: 3h Aprentatge autònom: 4h 11m</p>
<p>Descripció: Mètodes tradicionals. Nou Mètode Austríac. Estabilitat de l'entrada dels túnels. Màquines tuneladores i rossadors.</p>	
<p>Estabilitat de fronts de túnels</p>	<p>Dedicació: 3h 35m Grup mitjà/Pràctiques: 1h 30m Aprentatge autònom: 2h 05m</p>
<p>Descripció: Aplicació de teoremes de col·lapse plàstic. Solucions 2D y 3D per a túnels circulars.</p>	

## 250423 - TUNMECROQU - Túnel i Mecànica de Roques

Construcció de túnels en sòls	Dedicació: 9h 36m Grup gran/Teoria: 4h Aprentatge autònom: 5h 36m
Descripció: - Mètodes tradicionals Belga i Alemany. Exemple/pràctica: Construcció de metros a Barcelona. - Escuts. Exemple/pràctica: línia de l'AVE.	
Moviments induïts per túnels	Dedicació: 9h 36m Grup gran/Teoria: 4h Aprentatge autònom: 5h 36m
Descripció: - Assentaments en superfície. Mètodes empírics. Pèrdua de terreny. - Desplaçaments al voltant d'un túnel. Mètodes teòrics i semiempírics. Efecte de moviments sobre estructures. Mètode de Burland i Boscardin-Cording.	
Examen	Dedicació: 10h 48m Grup petit/Laboratori: 4h 30m Aprentatge autònom: 6h 18m

### Sistema de qualificació

L'assignatura s'avaluarà a partir de la nota mitja dels dos exàmens realitzats durant el curs i la nota del treball final.

Es convocaran dos exàmens: un a mitjans de quadrimestre (E1) i un altre al final del quadrimestre (E2). En tots dos exàmens s'avaluaran els coneixements dels estudiants relacionats amb el temari impartit fins el moment de l'examen.

La nota resultant dels exàmens serà la màxima de la nota del segon examen i una mitja ponderada dels dos exàmens (el primer examen tindrà un pes del 40% i el segon del 60%).

Nota Exàmens = màx. (0.4 \* NotaE1 + 0.6 \* NotaE2 ; NotaE2)

El treball s'avaluarà a part i tindrà un pes del 20% de la nota final.

La nota final de l'assignatura es calcularà de la següent forma:

Nota Final = 0.8 \* Nota Exàmens + 0.2 \* Nota Treball

La nota final es calcularà a partir de notes parcials superiors a 4 sobre 10.

## 250423 - TUNMECROQU - Túnel i Mecànica de Roques

### Normes de realització de les activitats

Si no es realitza el segon examen o no es presenta el treball es considerarà com a puntuació zero.

### Bibliografia

#### Bàsica:

Atkinson, B.K. (editor). Fracture Mechanics of Rock. Academic Press, 1987.

Jaeger, J.C. i N.G.W. Cook. Fundamentals of Rock Mechanics. London: Chapman and Hall, 1979.

López Jimeno, C. (ed.). Manual de túneles y obras subterráneas. Madrid: E.T.S.I. Minas - Universidad Politécnica de Madrid, 2011. ISBN 9788496140370.

B. Maidl, M. Herrenknecht, U. Maidl, G. Wehrmeyer. Mechanised Shield Tunnelling. Germany: Wiley-Blackwell, 2012. ISBN 978-3-433-02995-4.

#### Complementària:

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. Pearson Educación - Prentice Hall. 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](http://www.rockscience.com), 2000.

\* Hoek, E. i E.T. Brown. Underground excavations in rock. Institution of Mining and Metallurgy, 1980.