



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE  
INGENIEROS DE MINAS  
-----

Ríos Rosas, 21  
28003 MADRID.

**DEPARTAMENTO DE**  
**EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS**  
**SUBTERRÁNEAS**

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

***MECÁNICA DE ROCAS II***

**Curso** : 5º  
**Cuatrimestre** : 1º  
**Carácter** : Optativa

**Créditos totales:**  
Teóricos : 3,3  
Prácticos : 2,7

**PLAN DE ESTUDIOS 1996**

Edición 1: 2001-09-03

## MECÁNICA DE ROCAS II: PROGRAMA

### **a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS**

#### **BLOQUE 1: Sostenimiento de cavidades subterráneas en macizos rocosos discontinuos**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 1.1 Aplicar el método de la proyección estereográfica para el cálculo de cuñas.*
- 1.2 Aplicar los principios de la mecánica de medios discontinuos a la estabilidad de cuñas y bloques en cavidades subterráneas.*

##### CONTENIDOS

#### 1.1: CUÑAS DE BÓVEDA Y DE HASTIAL SIN TENSION EN CAVIDADES SUBTERRÁNEAS

- Evaluación de la forma y volumen de las cuñas del techo de la excavación, potencialmente inestables
- Estabilidad de cuñas del techo
- Cálculo del volumen de las cuñas de los hastiales
- Sostenimiento de cuñas de los paramentos

#### 1.2: CUÑAS CON TENSION

- Fuerzas que actúan sobre la cuña
- Cálculo de la resultante de las fuerzas que actúan sobre la cuña

#### **BLOQUE 2: Arranque de las rocas por medios mecánicos y por voladuras**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 2.1 Comprender los fundamentos del arranque mediante picas y discos.*
- 2.2 Aplicar los conocimientos anteriores para predecir los rendimientos de las máquinas de ataque puntual y de las tuneladoras.*
- 2.3 Conocer los efectos de las voladuras sobre las rocas.*

##### CONTENIDOS

#### 2.1: ARRANQUE MEDIANTE PICAS

- Mecanismo de penetración
- Teorías de corte
- Diseño de las cabezas de corte
- Características de las rocas y de los macizos rocosos que influyen en su arranque mediante picas.
- Características de las máquinas de arranque puntual

- Rendimiento de la rozadora
- Consumo de picas

## 2.2: ARRANQUE MEDIANTE DISCOS

- Mecanismo de penetración
- Teorías de corte
- Propiedades de los materiales y de los macizos rocosos que influyen en el arranque
- Rendimiento del TBM (Tunnel Boring Machine)

## 2.3: VOLADURAS

- Arranque de rocas con explosivos
- Vibraciones producidas por las voladuras
- Daños en los macizos rocosos y en las construcciones

## 2.4: EXCAVABILIDAD

- Parámetros que definen el método de excavación del macizo rocoso,
- Elección del método de excavación: arranque mecánico y voladuras.

# **BLOQUE 3: Diseño de estructuras subterráneas**

## *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 3.1 Aplicar las teorías de la resistencia de materiales al cálculo de techos en terrenos estratificados, fracturados y al cálculo de las tensiones en los pilares.*
- 3.2 Aplicar los conocimientos sobre comportamiento mecánico de las rocas a la estimación de la resistencia de los pilares.*

## CONTENIDOS

### 3.1: DISEÑO DE CÁMARAS EN TERRENOS ESTRATIFICADOS

- Techos planos constituidos por un solo estrato
- Techos planos de varios estratos
- Techos estratificados discontinuos. Arco de dovelas
- Estabilidad de techos de cámaras en terrenos fracturados. Caso de techos inclinados
- Sostenimiento con anclajes de cable

### 3.2: DISEÑO DE PILARES

- Cálculo de la carga sobre los pilares
  - Teoría del área atribuida
  - Pilares verticales
  - Pilares inclinados
  - Método de la cavidad en medio infinito

### 3.3: CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS PILARES

- Influencia del tamaño del pilar en su resistencia
- Influencia de la esbeltez

## **BLOQUE 4: Usos industriales del espacio subterráneo**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

*4.1 Conocer los diferentes tipos de almacenamiento subterráneo*

*4.2 Aplicar los conocimientos de mecánica de rocas al diseño de los almacenamientos subterráneos*

### CONTENIDOS

#### 4.1: TIPOS DE ALMACENAMIENTOS

- Almacenamientos de productos industriales
- Almacenamiento de residuos radiactivos
- Almacenamientos energéticos

#### 4.2: DISEÑO DE CAVERNAS EXCAVADAS

- Cavernas excavadas en macizos rocosos fracturados
- Cavernas excavadas en sal

## **BLOQUE 5: Hundimientos de estructuras subterráneas y cierre de minas**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

*5.1 Comprender las repercusiones en superficie producidas por las explotaciones subterráneas por cámaras y pilares y por hundimiento*

*5.2 Comprender los métodos de predicción de los hundimientos mineros.*

### CONTENIDOS

#### 5.1: EXPLOTACIONES POR CÁMARAS Y PILARES

- Resistencia de las rocas a largo plazo. Influencia del agua
- Hundimientos en estas explotaciones

#### 5.2: EXPLOTACIONES POR HUNDIMIENTO

- Concepto de área crítica
- Desplazamiento y deformación de la superficie del terreno
- Métodos empíricos de análisis del hundimiento.
- Métodos de funciones de perfil y funciones de influencia

- Métodos numéricos

## **b) BIBLIOGRAFÍA**

### **BÁSICA:**

- AYALA, F.J.; LAÍN, R.; LAÍN, L.; PERIANES, E. *Introducción a los usos industriales y urbanos del espacio subterráneo*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 1986.
- CARMODY, J.; STERLING, R. *Underground Space Design*. Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1993.
- HOEK, E.; BROWN, E.T.. *Underground Excavations in Rock*. The Institution of Mining and Metallurgy, Londres, 1980.
- RAMÍREZ OYANGUREN, P. et al. *Geotecnología del avance mecanizado de galerías, túneles y pozos*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 1987.
- RAMÍREZ OYANGUREN, P.; LAIN HUERTA, R. *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 1991.

### **COMPLEMENTARIA:**

- CORNEJO, L. *Excavación mecánica de túneles*. Rueda, Madrid, 1988.
- GRAMBERG, J. *Rock Mechanics and Fracture Mechanics*. A.A. Balkema, Rotterdam, 1989.
- HOEK, E. *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. A.A. Balkema, Rotterdam, 1995.
- MAHTAB, M.A.; GRASSO, P. *Geomechanics Principles in the Design of Tunnels and Caverns in Rocks*. Elsevier, Nueva York, 1992.
- WINQUIST, T.; MELLGREN, K.E. *Going Underground*. Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, Estocolmo, 1988.

## **c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS**

Se realizarán 14 horas de prácticas en grupos reducidos de 5 personas en el Aula de Simulación Numérica.

## **d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

El examen final tendrán una parte teórica y una parte práctica, en cada una de las cuales se podrá alcanzar hasta un máximo de 5 puntos. Además, según la evaluación de los problemas entregados en clase, se aumentará como máximo un punto la nota obtenida en la parte práctica.

Para el aprobado será necesario obtener un total de 5 puntos, alcanzando en el examen al menos 1,5 puntos en cada parte.