

MECÁNICA DE ROCAS: 4º CURSO DE LICENCIATURA

Departamento de Geodinámica
 Universidad Complutense de Madrid
 ASIGNATURA PILOTO EEES

**Profesores:**

José J. Martínez Díaz (Despacho. 14b)

Meaza Tsigé (Despacho 8a)

**INCLUIDA EN EL
 CAMPUS VIRTUAL**

Esta asignatura tiene el carácter de piloto en relación con el EEES. Por ello la docencia de la misma se imparte de manera flexible, repartiéndose las clases presenciales (teóricas y prácticas) y el trabajo del alumno en biblioteca en función del desarrollo de los distintos contenidos de la materia. En función del número de alumnos matriculados el contenido teórico se adapta al interés curricular del alumno estableciéndose de dos a tres bloques de contenidos:

- Mecánica de Rocas teórica
- Mecánica de rocas aplicada a la deformación tectónica
- Mecánica de Rocas aplicada a la Ingeniería Geológica.

Independientemente de esta estructuración, que se acordará al inicio de la asignatura con los alumnos, a lo largo del curso se tratarán una serie de contenidos ya sea mediante **clases teóricas, prácticas, trabajos voluntarios, tutorías y lecturas de biblioteca. En las siguientes diapositivas se detallan dichos contenidos en forma de temas:**





PROGRAMA GENERAL DE LA ASIGNATURA

TEMA I. Introducción

TEMA II. Teoría del esfuerzo

TEMA III. Estados de esfuerzos en la corteza

TEMA IV. Elasticidad y resistencia de la roca

TEMA V. Fricción de las Rocas

TEMA VI. Reología

TEMA VII. Mecánica de Rocas aplicada a la Tectónica y Sismotectónica

TEMA VIII. Mecánica de Rocas aplicada a la Ingeniería Geológica



PROGRAMA DETALLADO DE LA ASIGNATURA

CONTENIDOS

I. Introducción

Concepto y objetivo de la Mecánica de Rocas. Relación de la mecánica de rocas con las Ciencias de la Tierra y los procesos geodinámicos.

II. Teoría del esfuerzo

- Fuerza y esfuerzo. Terminología y signos del esfuerzo.
- Esfuerzos sobre un plano
- Elipse y elipsoide de esfuerzos
- Estado de esfuerzos tensorial
- Esfuerzos principales
- Invariantes
- Trayectorias de esfuerzos
- Paleoesfuerzos
- Análisis de esfuerzo en tres dimensiones.
- Círculo de Mohr: Análisis cuantitativo de los esfuerzos
- Estados de esfuerzo

III. Estados de esfuerzos en la corteza



- 1.-Esfuerzos gravitacionales: esf. litostático Presión de fluidos y esfuerzos efectivos.
- 2.-Esfuerzos tectónicos
- 3.-Efecto de la topografía
- 4.-Esfuerzos horizontales
- 5.-Presión de confinamiento
- 6.-Efecto de la erosión y la sedimentación en los esfuerzos
- 8.-Métodos de determinación de esfuerzos

IV. Elasticidad y resistencia de la roca

- 1.- Principios básicos de la teoría de la elasticidad. Elasticidad lineal. Ley de Hooke.
- 2.- Elasticidad y litosfera
- 3.-Deformación frágil: Criterios de Rotura
- 4.-Teoría de Griffith

V. Fricción de las Rocas

- Concepto e historia de la fricción.
- Teoría de la adhesión: el coeficiente de fricción
- Interacciones Friccionales
- Ley de Byerlee
- Observaciones generales.

VI. Reología



- Definición de Reología.
- Relación esfuerzo-tiempo-deformación
- Relación tiempo-deformación.
- La curva de creep
- Modelos reológicos: Ecuaciones constitutivas
- Modelos elásticos
- Modelos viscosos
- Modelos viscoelásticos
- Modelos elástico-viscosos
- Modelo reológico lineal general

VII. Mecánica de Rocas aplicada a la Tectónica y Sismotectónica

- 1.- Mecánica de la fracturación: concepto de schizosfera y de plastosfera
- 2.- El ciclo sísmico de esfuerzos: recurrencia de terremotos
- 3.- Modelo conceptual de falla activa
- 4.-Transferencia de esfuerzos sísmicos

VIII. Mecánica de Rocas aplicada a la Ingeniería Geológica

Métodos de estudio. Reconocimiento en el terreno mediante sondeos y ensayos in situ.
Ensayos de laboratorio. Estudios geológicos y de la mecánica de rocas con fines al análisis de la estabilidad de taludes en macizos rocosos.



Prácticas

El círculo de Mohr. Su aplicación para la determinación del esfuerzo de cizallamiento y el esfuerzo normal que actúan sobre un plano de fractura. Determinación de los valores de los esfuerzos principales y orientación de los ejes principales de esfuerzos.

Estado de esfuerzos en la corteza. Estimación de esfuerzos iniciales y su aplicación a la reactivación de fallas activas. Esfuerzos iniciales e ingeniería geológica. Valores extremos de esfuerzos horizontales bajo condiciones de fallas normales y fallas inversas.

Deformabilidad y resistencia de rocas a partir de ensayos de compresión uniaxial y triaxial.

Determinación de parámetros elásticos. Fracturación experimental de las rocas. Aplicación a la mecánica de cabalgamientos.

Aplicación de la reología experimental a la interpretación de las estructuras de deformación de la corteza-litosfera.

Mecánica de rocas e Ingeniería Geológica. Análisis de la estabilidad de taludes. Deslizamientos de bloques y cuñas.



BIBLIOGRAFÍA

- BRADY, B.H.G. & BROWN, E.T. (1985). Rock Mechanics for Underground Mining. G. Allen & Unwin
- GOODMAN, R. E. (1980). Introduction to Rock Mechanics. John Wiley & Sons.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (2002). Ingeniería Geológica. Prentice Hall. Madrid. 715 p.
- HUDSON, J.A. AND HARRISON, F.P. (1997). ENGINEERING ROCK MECHANICS. AND INTRODUCTION TO THE PRINCIPLES. Pergamon Press. 444p. Oxford.
- JAEGER, J.C. (1974). Elasticity, fracture and flow: with engineering and geological applications. Methuen. London. 263 pp.
- JAEGER, J.C. (1972). Rock mechanics and engineering. Cambridge University Press. Cambridge.
- JAEGER, J.C. & COOK, N.G. (1969). Fundamentals of rocks mechanics. Methuen. London. 513 pp.
- MEANS, W.D. (1976). Stress and strain: basic concepts of continuum mechanics for geologist. Springer-Verlag. New York. 339 pp.
- MIDDLETON, C. & WILCOCK, P. (1994). Mechanics in the Earth and environmental sciences. Cambridge.
- PATERSON, M.S. (1978). Experimental rock deformation: the brittle fields. Springer- Verlag. Berlin. 254 pp.
- PRICE.N.J. (1975). Fault and joint development in brittle and semi-brittle rocks. Pergamon Press. Oxford. 176 pp.
- PRICE, N.J. & COSGROVE, J.W. (1994). Analysis of geological structures. Cambridge University Press. Cambridge. 502 pp.
- RAMSAY, J.G. (1977). Plegamiento y fracturación de rocas. Blume. Madrid. 590 pp.
- STAGG-ZIENKIEWICZ (1970). Mecánica de rocas en la ingeniería práctica. Blume. Madrid. 398 pp.
- SUPPE, J. (1985). Principles of structural geology. Prentice Hall. Englewood Cliffs. 537 pp.
- THOFT-CHRISTENSEN, P. (1974). Continuum mechanics aspects of geodynamics and rocks fracture mechanics. D. Reidel. Dordrecht-Holland. 273 pp.
- TURCOTTE, D. & SCHUBERT,G. (1982). Geodynamics: applications of continuum physics to geological problems. John Wiley & Sons. New York. 450 pp.



BREVE INTRODUCCION A LA MECANICA DE ROCAS

¿QUE ES LA MECANICA DE ROCAS? Conceptos asociados

“Mecánica de rocas”

J. Talobre: “Ciencia que estudia el comportamiento mecánico de las rocas”

Soc. Am de Mec. de Rocas (1962): “Rama de la mecánica que estudia la reacción de los materiales ante los campos de esfuerzos activos en su entorno físico”



CLASIFICACIÓN DE CIENCIAS DE LA UNESCO

Ciencias de la Tierra y del Espacio

- 2506 Geología
 -
 - 2506.11 Mineralogía
 - 2506.12 Geología del Petróleo (Ver 3321)
 - 2506.13 Petrología Ignea y Metamórfica
 - 2506.14 Petrología Sedimentaria
 - 2506.15 Fotogeología
 - 2506.16 Teledetección (Geología)
 - 2506.17 Mecánica de las Rocas**
 - 2506.18 Sedimentología
 - 2506.19 Estratigrafía (Ver 5505.12)
 - 2506.20 Geología Estructural
 - 2506.21 Vulcanología
 -



OBJETIVOS PRINCIPALES DE LA MECANICA DE ROCAS

- Como se deforman las rocas (deformabilidad)
- Porqué y cuánto se deforman



FACTORES PRINCIPALES QUE CONTROLAN LA DEFORMACION DE LAS ROCAS

- NATURALEZA** {
 - 1) Propiedades intrínsecas de la roca intacta y del macizo rocoso (tipo de roca, cohesión, grado de alteración,...)
 - 2) Estado de esfuerzos (esfuerzos iniciales, residuales, tectónicos, topográficos...).
 - 3) Propiedades ambientales (humedad, contenido de agua...)
- HOMBRE** {
 - 4) Estados de esfuerzos inducidos (construcciones, desmontes subterráneas, anclajes, explotación de acuíferos)

ÁMBITO DE LA MECÁNICA DE ROCAS



a) Ciencia Teórica:

-Geología (Petrología, Geología estructural, Tectónica Estratigrafía, Mineralogía).

-Física de las rocas (Resistencia de materiales, reología, energía de deformación...)

b) Ciencia Aplicada:

-Ingeniería geológica: Prever comportamientos de las rocas y prevenirlos: (taludes, cimentaciones, túneles...).

-Minería

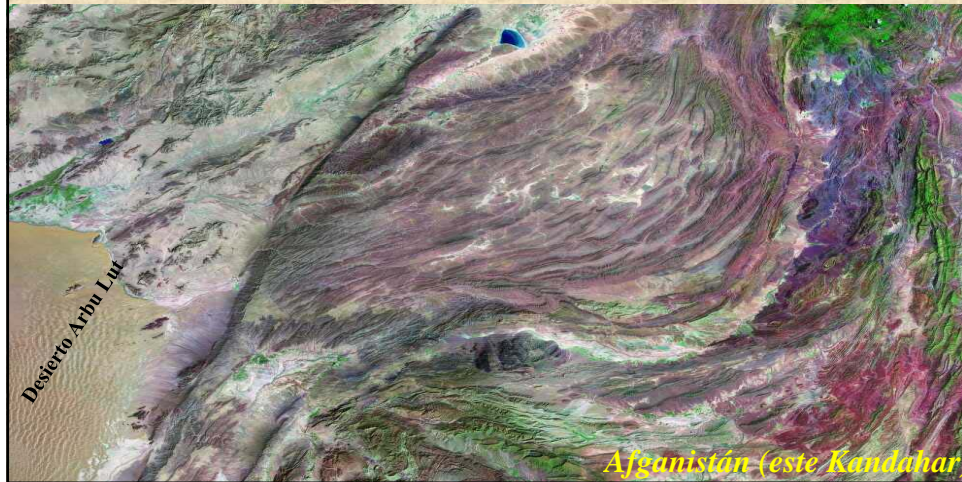
-Recursos energéticos

-Sismicidad y riesgo sísmico.

La Mecánica de Rocas, al contrario de lo que muchos piensan no trata únicamente aspectos relacionados con la Ingeniería Geológica, que incluiría únicamente su vertiente aplicada. Su fundamento se centra en el entendimiento del efecto que los **esfuerzos** producen sobre las **rocas** en distintas situaciones ambientales y para distintas escalas temporales. Por tanto, la **Mecánica de Rocas** es la ciencia en la que se estudian los procesos generadores de las deformaciones y por tanto clavan en ella sus raíces tanto la **Geología Estructural** como la **Tectónica**.



A lo largo de esta asignatura aprenderemos por ejemplo las razones por la que las formación rocosa que vemos en la fotografía en unas zonas sufre plegamiento mientras que en otras sufre fracturación frágil, para iguales condiciones corticales de presión y temperatura.



Mecánica de Rocas UCA

Cuando hablamos de deformaciones, hablamos de desplazamientos diferenciales en el seno de una roca o de un material artificial (ala de un Avión, edificio....)

...desplazamientos que están asociados a unos **esfuerzos** y unas **condiciones de contorno**

El ingeniero prevé que le ocurrirá a la estructura (en este caso artificial (embalse, edificio....) o modificada (talud) cuando se la someta a esfuerzos

Ingeniería:

esfuerzo aplicado

Observación de lo que pasa

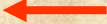
Mecánica de Rocas UCU


El Geólogo Estructural y el tectónico determinan que le ha ocurrido a la roca ya deformada

Geología Estructural:

?

Infiere qué ha ocurrido y la Forma original





observa el objeto deformado

causas?

- terremotos
- movimiento de placas
- deslizamientos


Mecánica de Rocas UCU


La Mecánica de Rocas:

**Analiza los procesos asociados a las deformaciones y
Estudia la influencia en ellos de los parámetros ambientales y el tiempo**

?

Infiere cómo ha ocurrido lo que ha ocurrido





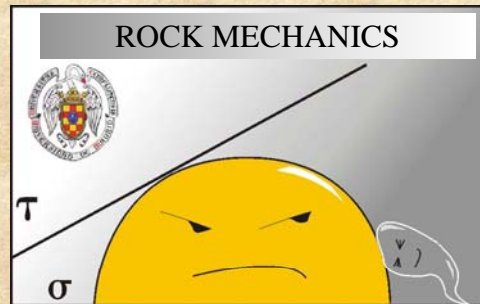
observa el objeto deformado

causas?

- terremotos
- movimiento de placas
- deslizamientos
- subsidencia...

ROCK MECHANICS: Degree in Geology - UCM

Department of Geodynamics
 Universidad Complutense de Madrid
 ASIGNATURA PILOTO EEES



José J. Martínez Díaz (Despacho. 14b)

Meaza Tsighe (Despacho 8a)

CAMPUS VIRTUAL

The contents of this matter are distributed in a flexible way according to the curricular and professional interests of the students. The student activities are divided in: theoretical lessons, practice lessons (problems resolving), library work and laboratory work. The contents are structured in three main blocks:

- Theoretical Rock Mechanics
- Rock Mechanics applied to tectonic deformation
- Rock Mechanics applied to Engineering Geology





SYLLABUS

THEME I. Introduction

THEME II. Stresses

THEME III. State of stress state in the crust

THEME IV. Elasticity and rock strength

THEME V. The friction of rocks

THEME VI. Rheology

THEME VII. Rock Mechanics applied to tectonics and seismotectonics

THEME VIII. Rock Mechanics applied to Engineering Geology



DETAILED CONTENTS

I. Introduction

Concept of Rock Mechanics, Objectives. Rock Mechanics into the earth sciences and geodynamic processes.

II. Theory of stress

- Force and stress. Terminology and signs
- Stresses on a plane
- Stress Ellipse and ellipsoid
- Stress tensor
- Principal stresses
- Stress invariant
- Trajectory of stress
- Paleostresses
- 3D stress analysis.
- Mohr construction at depth: Quantitative analysis of stress



III. States of stresses into the crust

- Gravitational stress: lithostatic stress, pore pressure, effective stress.
- Tectonic stresses.
- Topographic effects on stresses.
- Horizontal stresses.
- Confining pressure.
- Effects of erosion and sedimentation on stresses.
- Methods of in situ stress measurement.

IV. Elasticity and strength of rocks

- Basic principles of elasticity. Lineal elasticity. Hooke law.
- Elasticity and lithosphere.
- Fragile deformation: Failure criteria.
- The Griffith theory.

V. Friction of rocks

- Concept and history of friction.
- Theory of adhesion: friction coefficient.
- Frictional interactions.
- The Byerlee law.



VI. Rheology

- Concept of Rheology.
- Stress-strain-time relations.
- The creep curve.
- Rheological models: Constitutive laws.
- Elastic models, Viscous models, viscoelastic models, elastic-viscous models.
- General lineal rheologic model.

VII. Rock Mechanics applied to Tectonics and Seismotectonics

- Mechanics of faulting: schizosphere y and plastosphere.
- The seismic cycle of stress: earthquake recurrence.
- Conceptual model of active fault.
- Coulomb failure stress transfer.

VIII. Rock Mechanics applied to Engineering Geology

Methodologies. In situ testing. Laboratory analysis. Geological studies an rock mechanics applied to slope stability in rocks.



Practice lectures

- The Mohr circle. Application to shear and normal stress determination on planes (faults, joints, dykes). Determination of principal stresses (magnitude and orientation).
- State of stress in the crust. Estimación de esfuerzos iniciales y su aplicación a la reactivación de fallas activas. Initial stresses. Horizontal stresses required to normal and reverse faulting.
- Deformability and strength of rocks from uniaxial and triaxial tests.
- Determination of elastic parameters. Experimental fracturation of rocks. Application to mechanisms of thrusting.
- Experimental rheology applied to the development of deformation structures in the lithosphere.
- Analysis of slope stability. Blocks and wedges.



REFERENCES

- BRADY, B.H.G. & BROWN, E.T. (1985). Rock Mechanics for Underground Mining. G. Allen & Unwin
- GOODMAN, R. E. (1980). Introduction to Rock Mechanics. John Wiley & Sons.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (2002). Ingeniería Geológica. Prentice Hall. Madrid. 715 p.
- HUDSON, J.A. AND HARRISON, F.P. (1997). ENGINEERING ROCK MECHANICS. AND INTRODUCTION TO THE PRINCIPLES. Pergamon Press. 444p. Oxford.
- JAEGER, J.C. (1974). Elasticity, fracture and flow: with engineering and geological applications. Methuen. London. 263 pp.
- JAEGER, J.C. (1972). Rock mechanics and engineering. Cambridge University Press. Cambridge.
- JAEGER, J.C. & COOK, N.G. (1969). Fundamentals of rocks mechanics. Methuen. London. 513 pp.
- MEANS, W.D. (1976). Stress and strain: basic concepts of continuum mechanics for geologist. Springer-Verlag. New York. 339 pp.
- MIDDLETON, C. & WILCOCK, P. (1994). Mechanics in the Earth and environmental sciences. Cambridge.
- PATERSON, M.S. (1978). Experimental rock deformation: the brittle fields. Springer- Verlag. Berlin. 254 pp.
- PRICE, N.J. (1975). Fault and joint development in brittle and semi-brittle rocks. Pergamon Press. Oxford. 176 pp.
- PRICE, N.J. & COSGROVE, J.W. (1994). Analysis of geological structures. Cambridge University Press. Cambridge. 502 pp.
- RAMSAY, J.G. (1977). Plegamiento y fracturación de rocas. Blume. Madrid. 590 pp.
- STAGG-ZIENKIEWICZ (1970). Mecánica de rocas en la ingeniería práctica. Blume. Madrid. 398 pp.
- SUPPE, J. (1985). Principles of structural geology. Prentice Hall. Englewood Cliffs. 537 pp.
- THOFT-CHRISTENSEN, P. (1974). Continuum mechanics aspects of geodynamics and rocks fracture mechanics. D. Reidel. Dordrecht-Holland. 273 pp.
- TURCOTTE, D. & SCHUBERT, G. (1982). Geodynamics: applications of continuum physics to geological problems. John Wiley & Sons. New York. 450 pp.