



*ugr* | Universidad  
de Granada



**E.T.S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL  
ÁREA DE INGENIERÍA DEL TERRENO

***GUÍA DOCENTE  
DE LA ASIGNATURA:***

**DINÁMICA DE SUELOS Y ROCAS**

**E.T.S INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
5º CURSO**

CURSO ACADÉMICO 2009-2010

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

|                             |  |           |              |
|-----------------------------|--|-----------|--------------|
| ASIGNATURA:                 | <b>Dinámica de suelos y rocas</b>  |           |              |
| TITULACIÓN:                 | Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (Plan Estudios BOE nº54 de 4/3/02)  |           |              |
| DEPARTAMENTO:               | Ingeniería Civil   |           |              |
| ÁREA DE CONOCIMIENTO:       | Ingeniería del Terreno   |           |              |
| CARGA DOCENTE:              | 4.5 créditos   | Teoría:   | 2 créditos   |
|                             |  | Práctica: | 2.5 créditos |
| CURSO:                      | 5º   |           |              |
| CUATRIMESTRE:               | <input checked="" type="checkbox"/> Primer cuatrimestre<br><input type="checkbox"/> Segundo cuatrimestre<br><input type="checkbox"/> Anual                               |           |              |
| TIPO:                       | <input checked="" type="checkbox"/> Troncal<br><input type="checkbox"/> Obligatoria<br><input type="checkbox"/> Optativa<br><input type="checkbox"/> Libre configuración |           |              |
| PRERREQUISITOS:             | Tener superadas las asignaturas <i>Mecánica de Suelos y Rocas</i> (2º) y <i>Geotecnia y Cimientos</i> (3º)   |           |              |
| PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:  | José Chacón Montero  |           |              |
| PROFESOR/ES COLABORADOR/ES: | Guillermo García Jiménez   |           |              |

### PRESENTACIÓN:

La materia troncal de 2º ciclo denominada *Ingeniería del Terreno* está integrada por dos asignaturas: *Dinámica de Suelos y Rocas*, 4,5 créditos (2 teóricos y 2,5 prácticos) de 5º curso, y *Geotecnia y Cimientos* de 3º. Su descriptor en el Plan de Estudios de 2002 reproduce su denominación: *Dinámica de Suelos y Rocas*. Al estar, actualmente programada en 5º curso, los alumnos han debido adquirir el conjunto de conocimientos necesario para abordar la asignatura, especialmente las asignaturas de la materia troncal del primer ciclo *Ingeniería y Morfología del Terreno: Geomorfología y Geología Aplicada* y *Mecánica de Suelos y Rocas* y la asignatura *Geotecnia y Cimientos* de 3º) y la *Dinámica de Suelos y Rocas* (5º). Además, han podido completar la formación previa con la optativa *Métodos Avanzados en Reconocimiento de Terrenos* (2º). La asignatura *Dinámica de Suelos y Rocas* introduce los conocimientos necesarios para comprender y evaluar la respuesta mecánica de los terrenos bajo acciones cíclicas por vibraciones, voladuras o terremotos y apreciar las diferencias fundamentales respecto al comportamiento en condiciones estáticas abordado en las restantes asignaturas. Podrán completar su formación con la asignatura optativa *Geotecnia en Zonas Sísmicas* (5º) que suplementa aspectos técnicos referentes a las normativas y cálculos en condiciones dinámicas en obras de ingeniería civil y edificación. Posteriormente completarán su formación con la asignatura obligatoria *Obras Subterráneas y Túneles* (5º), asignada, como todas las mencionadas, al Área de Ingeniería del Terreno. Por su afinidad con los contenidos de la asignatura, es igualmente recomendable para los estudiantes la optativa *Ingeniería Sísmica de Estructuras* ofertada por el Área de Mecánica de los Medios Continuos en el 2º ciclo del Plan de Estudios.

### OBJETIVOS:

Los objetivos de asignatura son los siguientes:

- Definir las características mecánicas de suelos y macizos rocosos e introducir los conceptos fundamentales para el análisis de su comportamiento mecánico a través de las propiedades de la roca intacta y las discontinuidades.
- Presentar, analizar y manejar los sistemas de clasificación geomecánica de los macizos rocosos.
- Presentar, analizar y comprender los modos de rotura característicos de los macizos rocosos.
- Introducir, comprender y manejar criterios para la evaluación cualitativa de la estabilidad de los macizos rocosos mediante análisis cinemático.



## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

- Introducir y manejar los cálculos deterministas estáticos de la estabilidad de taludes en macizos rocosos
- Introducir y manejar los cálculos pseudoestáticos y dinámicos de la estabilidad de taludes en macizos rocosos
- Introducir los métodos de cálculo probabilista de la estabilidad de macizos rocosos.
  
- Comprender las fuentes de emisión de vibraciones que afectan a los terrenos y sus características físicas durante la propagación por terrenos duros y blandos.
- Comprender los parámetros mecánicos dinámicos que caracterizan la respuesta mecánica del terreno
- Comprender las profundas diferencias entre las deformaciones de los terrenos bajo cargas estáticas y dinámicas
- Analizar y comprender los parámetros geotécnicos dinámicos de suelos granulares y cohesivos
- Comprender, analizar y manejar los criterios geotécnicos que determinan la licuefacción del terreno bajo terremotos
- Introducir al cálculo de asentamientos producidos por acciones dinámicas
- Comprender y calcular la estabilidad de taludes y laderas en condiciones pseudoestáticas y dinámicas
- Comprender las relaciones entre los efectos locales inducidos por los terremotos en los terrenos y sus características geotécnicas, así como la influencia de la topografía, elevación, nivel freático, etc.
- Presentar las normas técnicas relativas a las acciones sísmicas sobre las estructuras y las vibraciones por voladuras, así como sus expresiones cartográficas como el Mapa Geotécnico de Condiciones Sismorresistentes de Andalucía.

### SISTEMA DE EVALUACIÓN:

La evaluación de la asignatura se basará en un examen final que incluirá teoría, problemas y ejercicios. Además, y con carácter voluntario, se podrán hacer trabajos individuales o en grupos de un máximo de 3 alumnos, de acuerdo con un listado de temas que se propondrán al inicio del curso. Para poder optar a la realización de un trabajo los alumnos deberán superar un test de conocimientos previos consistente en un test de 20 preguntas con respuestas a elegir. La calificación del examen final de la asignatura dependerá en un 60% del examen de teoría mientras que el 40% restante se obtendrá en la parte práctica. Los alumnos que hayan realizado trabajo y obtenido al menos 4 puntos en la calificación del examen final, podrán obtener hasta 2,5 puntos adicionales, si el trabajo es individual, o hasta 1,5 puntos cada alumno, si es en grupo, que se podrán sumar a la calificación del examen final. La calificación final de la asignatura, una vez sumada, en su caso, la puntuación por el trabajo realizado, de acuerdo con el sistema de calificaciones español (RD 1125/2003, BOE 18/9/2003), será: 0-4,9 (Suspenso), 5,0-6,9 (Aprobado), 7,0-8,9 (Notable) o 9,0-10 (Sobresaliente). Los alumnos con calificación final igual o superior a 9 podrán obtener Matrícula de Honor si no superan el 5% de los alumnos matriculados, salvo que el número de alumnos sea inferior a 20 en cuyo caso se podrá conceder una sola "Matrícula de Honor". En caso de que los candidatos con puntuaciones iguales o superiores a 9 superen el 5% de alumnos matriculados se establecerá una prueba de conocimientos adicional para decidir la concesión final.

### PROGRAMA RESUMIDO:

#### Teoría:

1. Introducción. Condiciones estáticas y dinámicas.
2. Comportamiento dinámico de suelos.
3. Comportamiento dinámico de los suelos granulares.
4. Comportamiento dinámico de suelos cohesivos.
5. Estabilidad de taludes y laderas de suelos en condiciones dinámicas
6. Macizos rocosos: Roca intacta y discontinuidades
7. Resistencia y deformación de rocas y macizos rocosos.
8. Discontinuidades, análisis cinemático y cálculos de la estabilidad de taludes en macizos rocosos.
9. Condiciones locales y efectos de sitio.

Prácticas: 1. *Mecánica de Rocas.*  
2. *Dinámica de Suelos*

### PROGRAMA DETALLADO: ( contenidos y distribución en créditos de la carga lectiva)

1. **Introducción. Condiciones estáticas y dinámicas.** Tipos de ondas y cargas en vibraciones, voladuras y terremotos. Parámetros característicos del terreno en la Norma Sismorresistente española NSCE02. Los terrenos en la Norma UNE 22-381-93 de Control de Vibraciones producidas por Voladuras.

2. **Comportamiento dinámico de suelos.** Introducción. Respuesta dinámica del terreno. Resistencia dinámica y gradiente de velocidad de aplicación de tensiones. Parámetros básicos: Módulo dinámico de Young (E), Módulo dinámico al esfuerzo cortante (G), Módulo dinámico de deformación volumétrica (K), Relación de Poisson ( $\nu$ ), Amortiguación o "damping" ( $\eta$ ). Parámetros tensión-deformación. Parámetros de licuefacción. Correlaciones



## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

empíricas del módulo G. Correlaciones para el factor de amortiguamiento crítico  $\alpha_c$ . Modelos de comportamiento dinámico de los suelos. Nota 1: Sobre los diagramas pq. Nota 2: Propiedades y módulos elásticos.

**3. Comportamiento dinámico de los suelos granulares.** Introducción. Deformaciones inducidas por los terremotos: resultados experimentales. Densificación y asentos. Cálculo de asentos producidos por terremotos. Pérdida de resistencia: licuefacción sísmica. Licuefacción de suelos arenosos, limosos y arcillosos y el papel de la fracción fina. Cálculo de las condiciones de licuefacción en el terreno. Estabilización de suelos licuables. Mapas de susceptibilidad a la licuefacción. El Mapa de Susceptibilidad a la Licuefacción Sísmica de la Comarca de Granada. Mapas previsores de movimientos de ladera en condiciones dinámicas.

**4. Comportamiento dinámico de suelos cohesivos.** Introducción. Deformaciones inducidas por los terremotos: módulo secante y amortiguamiento. Influencia de la plasticidad de los suelos cohesivos en la respuesta dinámica. Influencia del índice de poros. Efecto del gradiente de aplicación de la carga. Efecto de la repetición de la carga. Efecto de los procesos de consolidación primaria y secundaria.

**5. Estabilidad de taludes y laderas de suelos en condiciones dinámicas.** Introducción. Movimientos de ladera y terremotos. El análisis de la estabilidad de taludes y laderas frente a terremotos. Inestabilidad derivada de las fuerzas de inercia: métodos pseudoestáticos. El análisis dinámico de la inestabilidad. Deformación permanente: teoría del bloque deslizante. Desarrollos de la teoría del bloque deslizante de Newmark (1965). Método de cálculo de Makdisi y Seed (1978). Análisis tensión-deformación. Análisis de la inestabilidad por ablandamiento del terreno.

**6. Macizos rocosos: Roca intacta y discontinuidades.** La roca intacta. Comportamiento frágil y dúctil. Ensayos de laboratorio. Condición de rotura de roca intacta. Deformación de rocas inalteradas. Papel de la fase fluida. Estado de tensión en condiciones estáticas y dinámicas. Tensiones "in situ". Clasificaciones: NGI (Q de Barton). SCIR: RMR de Bieniawski. SMR de Romana. GSI de Hoek. Discusión de sus aplicaciones.

**7. Resistencia y deformación de rocas y macizos rocosos.** Criterios de rotura. Modelos de deformación: frágil y dúctil. Fluencia plástica. Comportamiento de taludes y excavaciones subterráneas.

**8. Discontinuidades, análisis cinemático y cálculos de la estabilidad de taludes en macizos rocosos.** Resistencia de macizos rocosos: propiedades mecánicas de las discontinuidades: cohesión y ángulo de fricción. Análisis cinemático y factor de seguridad en macizos rocosos: rotura plana, rotura en cuña, vuelco de bloques rocosos. Otros modos de rotura. Análisis probabilista. Desarrollos actuales.

**9. Condiciones locales y efectos de sitio.** Atenuación, amplificación y resonancia. Efecto topográfico. Periodo crítico de los materiales y acoplamiento resonante de estructuras. Microzonación sísmica. Mapas de Peligrosidad Sísmica. El Mapa Geotécnico de Condiciones Sismorresistentes de Andalucía.

**Prácticas: 2,5 créditos. En 2 grupos**

### 1. Prácticas de Mecánica de Rocas.

Ejercicio 1. Análisis de discontinuidades: caracterización, muestreo y propiedades

Ejercicio 2. Clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos: Bieniawski (RMR), Romana (SNR); Hoek (GSI)

Ejercicio 3. Análisis cinemático de condiciones de rotura de taludes y laderas en rocas

Ejercicio 4. Análisis cinemático de la rotura plana, en cuña y vuelcos.

Ejercicio 5. Cálculo del factor de seguridad de taludes rocosos en condiciones dinámicas

### 2. Prácticas de Dinámica de Suelos

Ejercicio 1. Cálculo del asiento vertical inducido por un terremoto.

Ejercicio 2. Determinación de la condición de licuefacción del terreno.

Ejercicio 3. Cálculo pseudoestático de la estabilidad de un talud frente a rotura plana.

Ejercicio 4. Cálculo pseudoestático de la estabilidad de un talud frente a rotura circular

Ejercicio 5. Cálculo de la deformación permanente de un talud por los métodos de Newmark (1965) y Jibson (1994) para un terremoto dado.

Ejercicio 6. Cálculo de la deformación permanente en una ladera de baja inclinación que cede por licuefacción

Ejercicio 7. Análisis cinemático de roturas plana, en cuña y por vuelco.

Ejercicio 8. Cálculo de la estabilidad de taludes en rotura plana y en cuña.

---

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

Chacón, J. (1998). *Temario completo de la asignatura: teoría y prácticas*. Departamento de Ingeniería Civil. Tablón de Docencia. Acceso identificado para los alumnos matriculados. UGR



## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

---

---

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

Díaz Rodríguez, A. (2005). *Dinámica de Suelos*. Limusa. Noriega Editores. 311 pp. México.

Hudson, J.A. & Harrison, J.P. (2000) *Engineering Rock Mechanics - Part 1: An Introduction to the Principles*. 456 pp. Pergamon Elsevier.

Harrison, J.P. & Hudson, J.A. (2000). *Engineering Rock Mechanics. Part 2: Illustrative Worked Examples*. 505 pp. Pergamon Elsevier.

Kramer, S.L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Inc. USA.

---

### OTROS RECURSOS: (páginas web que ofrezcan información sobre la asignatura)

Ejercicios resueltos, notas complementarias y software de libre disposición en Tablón de docencia de la Web de la Universidad de Granada en acceso identificado para los alumnos matriculados.

---