

## Grado en Geología 26425 - Geotecnia y prospección geofísica

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 4, Semestre: 1, Créditos: 7.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- Luis Eduardo Arlegui Crespo arlegui@unizar.es
- Andrés Pocovi Juan apocovi@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura se enmarca en una línea de aprendizaje sobre aspectos aplicados de la geología, requiere tener costumbre de resolver problemas numéricos, desglosando los diferentes pasos para su resolución, tal y como es habitual en física y matemáticas, así como ser capaz de integrar lo estudiado en otras disciplinas detectando su relevancia en este campo de la geología. En este sentido, es recomendable haber cursado con aprovechamiento asignaturas de física y geología estructural de los cursos anteriores del grado.

El aprendizaje de esta asignatura exigirá más esfuerzo en el ámbito de la comprensión y el razonamiento que en el puramente memorístico.

Se recomienda: (1) asistir a todas las actividades de la asignatura, (2) seguir la asignatura con un plan de trabajo continuado, estudiando los contenidos teóricos conforme se imparten y llevar al día los trabajos y cuestionarios planteados y (3) hacer uso del material puesto a disposición del alumno en el Anillo Digital Docente y de las tutorías académicas.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura incluye clases magistrales, ejercicios prácticos y seminarios de discusión. Las actividades se encuentran entremezcladas a lo largo del curso, de modo que desde el primer día de clase es imprescindible asistir a las mismas.

Hitos:

- Primera semana del curso: inicio de clases teóricas.
- Segunda semana del curso: inicio de clases prácticas.
- A la semana siguiente de su planteamiento: entrega de respuestas a cada cuestionario.
- Exámenes en las fechas propuestas por el Decanato de la Facultad de Ciencias

#### Profesorado

Luis Arlegui Crespo. Área de Geodinámica Interna. Dpto. de Ciencias de la Tierra. Lunes a jueves de 13 -14 h y Martes y

Miércoles de 9-10 h

Andrés Pocoví Juan. Área de Geodinámica Interna. Dpto. de Ciencias de la Tierra. Lunes a jueves de 13 -14 h y Martes y Miércoles de 9-10 h

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

Fundamentos de mecánica de suelos

- Conoce los conceptos y terminología básica de la disciplina.
- Conoce y maneja la clasificación unificada de suelos y los parámetros y ensayos necesarios para la misma.
- Sabe calcular la carga vertical inducida por el peso de los materiales geológicos en términos de tensiones totales y efectivas.
- Sabe calcular el incremento de esfuerzo vertical inducido por cargas repartidas sobre superficies transmisoras.
- Conoce y maneja los conceptos de suelos normalmente consolidados y sobreconsolidados.
- Conoce el criterio de rotura de Mohr-Coulomb y maneja el círculo de Mohr.
- Entiende el fundamento, funcionamiento y objetivos de los diferentes ensayos de rotura.
- Aprecia la importancia de detectar suelos problemáticos y cómo esta información se integra con otras disciplinas geológicas.

**2:**

Algunos aspectos de mecánica de rocas

- Comprende la distinción entre matriz rocosa y macizo rocoso y sus implicaciones prácticas.
- Conoce los principales criterios de rotura para matriz y macizo rocoso.

Conoce los principales parámetros necesarios para caracterizar un macizo rocoso.

**3:**

Aplicaciones

- Conoce los diferentes tipos de cimentación y las estructuras asociadas.
- Sabe calcular la capacidad portante de un suelo en función de tipo de cimentación.
- Sabe estimar asentamientos y tiempos de asentamiento.
- Conoce los criterios para planificar un reconocimiento geotécnico.
- Conoce los tipos de rotura de taludes en suelos y rocas y saber estimar su grado de estabilidad.
- Conoce los principales métodos de estabilización de taludes.

**4:**

Métodos y aplicaciones de la prospección geofísica

- Conoce los fundamentos físicos de los principales métodos.

- Conoce las aplicaciones y limitaciones de los mismos.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La Geotecnia es la rama de la ingeniería civil e ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. En la geotecnia se investiga el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y entre otros objetivos:

- ¥ diseñar y dimensionar cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas,
- ¥ diseñar o estabilizar taludes,
- ¥ construir túneles y carreteras, etcétera.

La Prospección Geofísica es la parte de las Ciencias de la Tierra dedicada al estudio de la estructura y composición de la Tierra mediante métodos indirectos, basados en analizar las propiedades físicas de la materia y su respuesta ante campos naturales o inducidos. A partir de ellas se puede inferir la estructura y dinámica del terreno. En la asignatura se busca conseguir que el estudiante conozca los métodos más importantes de prospección geofísica, sus aplicaciones y limitaciones en la geotecnia e ingeniería geológica.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

- Adquirir técnicas de trabajo en ingeniería geológica.
- Apreciar la importancia de la geología, en términos generales, en la ingeniería civil.
- Aceptar el compromiso ético que todo geólogo ha de tener en su desempeño profesional.
- Conocer las diferentes variables que influyen en el comportamiento geotécnico del terreno (tanto suelos como rocas) y comprender su importancia de cara a la evaluación del mismo.
- Conocer los métodos de recogida de datos en geotecnia.
- Conocer las propiedades físicas de los suelos y su repercusión en las obras públicas.
- Manejar los principales parámetros que se utilizan en mecánica de suelos.
- Conocer las propiedades mecánicas de los suelos, resistencia, etc. y los principales ensayos utilizados para su determinación.
- Conocer la teoría de consolidación de los suelos y los ensayos utilizados para determinar asentamientos.
- Conocer y manejar las propiedades y parámetros que describen el comportamiento de las rocas.
- Manejar los parámetros utilizados en el estudio y clasificación de macizos rocosos y su aplicación para la excavación de taludes, realización de cimentaciones, diseño de presas, túneles, etc.
- Aplicar los métodos numéricos habituales a la solución de cuestiones concretas en diseño de cimentaciones, estudios de taludes, presas, túneles, obras de tierra, etc.
- Conocer los principales métodos de prospección utilizados en geotecnia.
- Valorar los métodos de prospección geofísica en función de su fundamento físico.

- Distinguir las aplicaciones y limitaciones de los métodos de prospección geofísica habituales.
- Conocer la teoría y aplicaciones de la prospección eléctrica.
- Interpretar perfiles eléctricos mediante la aplicación de algoritmos.
- Conocer los principales métodos de prospección electromagnética, y sus aplicaciones.
- Conocer los fundamentos físicos de la sísmica de refracción y saber aplicar el método a la solución de problemas geotécnicos.
- Dominar el vocabulario básico de la profesión

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

Esta asignatura se cursa en 4º curso del grado. Los estudiantes, por tanto, poseen un nivel correcto de geología y manejan las herramientas necesarias provenientes del campo de la geología. No se insistirá en los mismos, aunque en el desempeño profesional resultan fundamentales. Digamos que el resto de la carrera provee las bases necesarias de forma más que suficiente. En asignaturas de planes anteriores, muy semejantes a ésta, se ha constatado que los estudiantes, a priori, encuentran que la asignatura es interesante desde el punto de vista formativo de cara a su futuro profesional, aunque manifiestan al mismo tiempo un cierto desconocimiento sobre sus contenidos concretos y de las relaciones de estos con otras asignaturas del grado.

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:**
- Domina los conceptos básicos de la asignatura.
  - Demuestra capacidad de solución de problemas habituales en geotecnia o ingeniería geológica a un nivel básico.
  - Conoce los principales métodos de prospección geofísica y valora su utilidad en función de los objetivos marcados para la prospección.
  - Maneja con soltura los conceptos y fundamentos físicos de los métodos de prospección geofísica.
  - Evidencia su capacidad de trabajo en equipo.

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

En esta asignatura se busca no sólo introducir a los estudiantes en los conceptos y métodos propios de esta disciplina, sino también inculcar un estilo procedimental en la resolución de problemas de tal manera que aumente su capacidad para aportar soluciones a problemas geológicos en la geología aplicada y la ingeniería, conociendo la naturaleza habitual de esos problemas e identificando los procedimientos más adecuados para solventarlos.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:**
- La evaluación del proceso aprendizaje-enseñanza se realizará fundamentalmente de forma continua. La actividad de prácticas, además de su función como actividad de aprendizaje-enseñanza, y como fuente de

evaluación continua, servirá también para conocer la situación y progreso del curso. La observación de las actitudes en las clases, prácticas y sobre tutorías, también pueden servir al profesor como indicadores válidos sobre la marcha del curso.

**2:** Respuestas a cuestionarios. En ciclos de periodicidad quincenal o semanal, según los temas, los alumnos reciben un cuestionario sobre aspectos conceptuales y metodológicos, que deben trabajar en grupo, responder por escrito y exponer oralmente.

Prueba escrita. Se realizará una prueba final escrita (estimada en 4 o 5 horas de duración) con preguntas o problemas de carácter práctico, en las que se buscará evaluar la comprensión de los conceptos aprendidos y el manejo de las técnicas y procedimientos de cálculo habituales en esta disciplina. Para su realización, el alumno puede disponer de los apuntes y libros que desee.

**2:** Prueba global de evaluación

Los estudiantes que no hayan seguido la asignatura de forma presencial, y los que aun habiéndolo hecho así lo deseen, tendrán derecho a una prueba global de evaluación.

En la primera y en la segunda convocatoria la prueba global incluirá la evaluación de todas las actividades, incluidas las actividades de prácticas instrumentales (duración estimada en 4-5 horas) y consistirá en:

1) una prueba escrita, similar a la indicada en el apartado anterior y

2) una prueba adicional, en la que el estudiante deberá demostrar solvencia en el empleo básico de los instrumentos de prospección geofísica propios del temario.

## Criterios de Evaluación

1. Evaluación continua de la asignatura. La nota final del curso se obtendrá con la siguiente expresión:  $\text{nota} = (\text{examen} \times 0.7) + (\text{media cuestionarios} \times 0.3)$ .

2. Prueba global de evaluación: La nota final del curso se obtendrá con la siguiente expresión:  $\text{nota} = (\text{prueba escrita} \times 0.7) + (\text{prueba adicional} \times 0.3)$

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

### **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**  
Actividad 1: Aprendizaje de aspectos conceptuales, descriptivos y bases de cálculo  
Clases magistrales participativas (2,8 ECTS)  
Trabajo sobre guión-cuestionario (0,4 ECTS)  
Seminarios (0,5 ECTS)

Programa de teoría

Módulos de Geotecnia

Unidad I. Fundamentos de aplicación de mecánica de suelos

Tema 1. Aspectos básicos sobre los suelos. Suelos vs. rocas; suelo geotécnico vs. suelo edafológico.

Descripción y clasificación de suelos: propiedades elementales; distribución granulométrica; límites de Atterberg; clasificación unificada de suelos y carta de Casagrande. Actividad, Sensibilidad. Aplicación de conceptos: Compactación

Tema 2. Esfuerzos en el subsuelo. Esfuerzos debidos a carga litoestática. Esfuerzos efectivos: la presión de fluidos. Cargas aplicadas sobre superficies y reparto de esfuerzos en profundidad (bulbos de presiones, Fadum, Newmark). Relación 1/2-1.

Tema 3. La consolidación. Procesos de consolidación. Conceptos de carga sin y con drenaje. Suelos normalmente consolidados y suelos sobreconsolidados. Carga, descarga, recarga. Esfuerzos horizontales en el terreno. Ensayo edométrico. Estimación de asentos y de tiempos de consolidación.

Tema 4. Resistencia al corte de los suelos. Criterio de rotura de Mohr-Coulomb. Ensayo de corte directo: resistencia al corte de suelos granulares. Ensayo de compresión triaxial: resistencia al corte de suelos arcillosos. Ensayos CD, CU, UU. Parámetros efectivos de corte.

Unidad II. Algunos aspectos de mecánica de rocas

Tema 5. Aspectos básicos de mecánica de rocas. Roca vs. macizo rocoso. Propiedades de la matriz rocosa. Criterios de rotura de la matriz rocosa: Mohr-Coulomb, Hoek-Brown, ensayos de laboratorio. Resistencia a la cizalla de las discontinuidades, criterios: Patton, Barton-Choubey. Criterios de rotura del macizo rocoso: Hoek-Brown y el GSI.

Tema 6. Caracterización y clasificación de macizos rocosos. Parámetros más significativos. Orientación de discontinuidades. Espaciado. Dimensiones. Rugosidad. Apertura y relleno. Circulación de agua. Resistencia a compresión de la matriz y de las discontinuidades. Observaciones adicionales.

Unidad III. Aplicaciones

Tema 7. Cimentación en suelos I. Tipos de cimentaciones. Cimentaciones superficiales: capacidad portante (ecuación de Terzaghi), factor de seguridad.

Tema 8. Cimentación en suelos II. Cimentaciones profundas: carga de hundimiento (pilotes aislados, grupo de pilotes). Asiento de pilotes. Casos especiales. Estudio geotécnico. Reconocimientos geotécnicos. Uso de los distintos tipos de cimentación. Casos especiales.

Tema 9. Cimentación en suelos III. Estudio geotécnico. Reconocimiento del terreno. Prospección, ensayos de campo y muestreo. Elaboración e interpretación de la información a partir de los datos disponibles.

Coefficiente de seguridad y Estados Límite. Condiciones de uso de los distintos tipos de cimentación. Casos especiales.

Tema 10. Taludes en suelos. Tipos de rotura. Estudios de deslizamientos. Análisis de estabilidad. Falla plana. Falla rotacional: Taylor, dovelas (Fellenius, Bishop), Hoek y Bray. Métodos de estabilización.

Tema 11. Taludes en rocas. Tipos de rotura. Falla plana: Análisis cinemático; uso de la proyección estereográfica. Falla en cuña: Análisis cinemático en proyección estereográfica.

Tema 12. Presiones laterales. Muros y estructuras de contención. Tipos de muros. Coeficiente de presión lateral de tierras. Estado en reposo. Estados activo y pasivo. Teoría de Rankine. Teoría de Coulomb. Cálculo de estabilidad.

Módulo II. Prospección geofísica

Unidad IV. Métodos y aplicaciones

Tema 13. Prospección geofísica. Métodos eléctricos. Prospección geofísica, introducción. Métodos eléctricos. Fundamentos de los métodos eléctricos. Factores geológicos que influyen en la resistividad. Modelos bicapa, tricapa y multicapa. Aplicaciones y limitaciones de los SEV. Calicatas eléctricas (CST). Potencial espontáneo. Polarización inducida

Tema 14. Métodos sísmicos: sísmica de refracción. Fundamentos. Capas horizontales. Capas inclinadas. Otros casos. Aplicaciones y limitaciones. Excavabilidad y ripabilidad.

Tema 15. Georadar. Introducción. Fundamento. Procedimientos. Interpretación. Aplicaciones principales. Profundidad de penetración y resolución. Ventajas.

**2:**

Actividad 2: Aprendizaje de procedimientos instrumentales

Prácticas de laboratorio visita externa (0,8 ECTS)

Prácticas de laboratorio: manejo de aparatos geofísicos (0,2 ECTS)

Prácticas de campo (0,3 ECTS, 2 medios días de campo)

Programa de practicas de campo e instrumentales

Prospección eléctrica: sondeo eléctrico vertical

Prospección sísmica (refracción) en casos sencillos

Prospección con Georadar (antenas de varias frecuencias)

3. Prácticas de gabinete: resolución numérica de problemas (2ECTS)

Sesión 1: Propiedades elementales de suelos y clasificación.  
Sesión 2: Esfuerzos en el subsuelo: presión por carga litológica y esfuerzos debidos a cargas en superficies transmisoras (Fadum, Newmark, bulbos).  
Sesión 3: Ensayos de rotura en suelos, determinación de parámetros de corte.  
Sesión 4: Cimentaciones superficiales: cálculo de capacidad portante.  
Sesión 5: Cimentaciones superficiales: estimación de asentamientos.  
Sesión 6: Cimentaciones profundas: pilotes.  
Sesión 7: Taludes en suelos. Cálculo del factor de seguridad.  
Sesión 8: Taludes en roca: análisis cinemático con proyección estereográfica.  
Sesión 9: Sondeos Eléctricos Verticales, casos bicapa, tricapa...  
Sesión 10: Sísmica de refracción, interfaces horizontales, interfaces inclinadas.

**3:** A lo largo del curso, tanto en clases prácticas como en teóricas, se va a usar bibliografía y recursos de internet en inglés. Todas estas actividades se valoran con 0,5 créditos ECTS en inglés para los estudiantes.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos por determinar

### Bibliografía

- Azizi, F. 2000. *Applied analyses in geotechnics*. E&FN Spon, 753pp.
- Bowles, J.E., 1982. *Propiedades geofísicas de los suelos*. McGraw&Hill, 490 p.
- Ferrer Gijón, M., González de Vallejo, L. (editores). 2000. *Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos*. IGME (Ref: 5203/67). ISBN: 84-7840-387-6.
- González de Vallejo, L.I. (coord.), 2002. *Ingeniería geológica*. Prentice Hall, Pearson Educación, Madrid, 744pp.
- Hoek, E., 2001. *Rock engineering. Course notes by Evert Hoek*. Rocscience Inc. 324 pp. Documento pdf. [<>](http://www.rocscience.com/hoek/Hoek.asp)
- Jiménez Salas, J.A., De Justo Alpañés, J.L., 1975. *Geotecnia y cimientos I. Propiedades del suelo y de las rocas*. 2ª edición. Ed. Rueda, Madrid. 466pp.
- Jiménez Salas, J.A., De Justo Alpañés, J.L. y Serrano González, A.A., 1976. *Geotecnia y cimientos II. Mecánica del suelo y de las rocas*. 2ª edición. Ed. Rueda, Madrid. 1188pp
- Jiménez Salas, J.A. (coordinador) 1980. *Geotecnia y Cimientos, III, Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia*. Primera parte, Editorial Rueda,1-988.
- Jiménez Salas, J.A. (coordinador) 1980. *Geotecnia y Cimientos, III, Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia*. Segunda parte, Editorial Rueda,988-2115.
- Lambe, T.W. y Whitman, R.V., 1981. *Mecánica de Suelos*. Ed. Limusa, México.
- Ministerio de Fomento, 2002. *Guía de cimentaciones en obras de carretera*. Serie monografías. Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras. 304pp.
- Ministerio de Vivienda, 2006. *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-C. Seguridad estructural: Cimientos*. Ministerio de Vivienda, Madrid. 162 pp.
- Verruijt, A., 2001. *Soil Mechanics*. Delft University of Technology. 315 pp. Documento pdf (<http://geo.verruijt.net/>)

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Azizi, Fethi. Applied analyses in geotechnics / Fethi Azizi . London ; New York : Taylor & Francis, 2000
- Bowles, Joseph E.. Propiedades geofísicas de los suelos / Joseph E. Bowles ; traducción Eugenio Retamal, Hugo Cosme ; revisión Luciano Rivera Bogotá [etc.] : McGraw-Hill, cop. 1982
- España. Ministerio de la Vivienda. Código Técnico de la Edificación (CTE) : Real Decreto 314 /2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación / Ministerio de Vivienda. 1ª ed. Madrid : Boletín Oficial del Estado : Ministerio de Vivienda, 2006 [Libro 3: Seguridad Estructural: Cimientos]
- Geotécnia y cimientos. V. 1, Propiedades de los suelos y de las rocas / J.A. Jiménez Salas, J.L. de Justo Alpañes . - 2a. ed. Madrid : Rueda, D.L. 1975
- Geotécnia y cimientos. V. 2, Mecánica del suelo y de las rocas / J.A. Jiménez Salas, J.L. de Justo Alpañes, Alcibíades A. Serrano González . - 2a ed Madrid : Rueda, D.L. 1981
- Geotécnia y cimientos. V. 3, Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia / coordinador y director edición, José Antonio Jiménez Salas ; Luis del Cañizo Perate...[et al.] Madrid : Rueda, D.L. 1980
- Ingeniería geológica / Luis I. González de Vallejo...[et al.] Madrid [etc.] : Prentice Hall, 2006
- Lambe, T. William. Mecánica de suelos / T. William Lambe, Robert V. Whitman ; [versión española José A. Jiménez Salas, Jose Ma. Rodriguez Ortiz ; revisión Alfonso Rico Rodríguez] . - [8a. reimp.] Mexico [etc.] : Limusa, 1991
- Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos / [editores, Mercedes Ferrer, Luis I. González de Vallejo] . Madrid : Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 2007