# Mecànica de Sòls No Saturats (250MEG013)

## Informació general

| | |
|---|---|
| **Centre docent** | ETSECCPB |
| **Departaments** | Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA) |
| **Crèdits** | 5.0 ECTS |
| **Titulacions** | MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA GEOTÈCNICA (pla 2025) |
| **Curs** | 2025/26 |

## Idioma majoritari per grup

- Grup 10Q2 Castellà (Q2)

## Professorat de l'assignatura

Professorat responsable: Enrique Edgar Romero Morales
Professorat: Enrique Edgar Romero Morales, Jean Vaunat

## Objectius formatius

Conceptualitzar els sòls i les roques com medis porosos regits per conceptes de Mecànica de Sòlids i Fluids.
Interpretar assaigs de laboratori i observacions de camp per identificar els mecanismes responsables de la resposta del terreny. Planificar programes d'experimentació en el laboratori.
Formular i programar models numèrics Elements Finits i Diferències Finites per analitzar els processos que regeixen la resposta del terreny, interpretar la informació de camp i predir la resposta del terreny.
Analitzar, discriminar e integrar en estudis i projectes la informació geològica i geotècnica disponible.

* Reconeix i interpreta la resposta del terreny en presència de fenòmens acoblats termo-hidro-mecànics.
* Planteja assajos de laboratori avançats per determinar paràmetres termo-hidro-mecànics en sòls i roques.
* Aplica conceptes científics avançats per proposar solucions innovadores en problemàtiques emergents en Enginyeria Geotècnica on l'acoblament termo-hidro-mecànic juga un paper preponderant (emmagatzematge de residus, geotèrmia, interacció de les geoinfraestructures amb el clima...).

- Introducció : els sòls no saturats en la pràctica geotècnica.
- Conceptes bàsics de mecànica de sòls no saturats.
- Tècniques experimentals.
- Comportament mecànic. models constitutius.
- Flux i deformació. Problemes acoblats.
- Conceptos básicos de mecánica de suelos no saturados.
- Técnicas experimentales.
- Comportamiento mecánico. Modelos constitutivos.
- Flujo y deformación. Problemas acoplados.

Conceptualitzar els sòls parcialment saturats com medis porosos regits per conceptes de Mecànica de Sòlids i Fluids.
Interpretar assaigs de laboratori i observacions de camp per identificar els mecanismes responsables de la resposta del terreny.
Planificar programes d'experimentació en el laboratori.
Formular i programar models numèrics Elements Finits i Diferències Finites per analitzar els processos que regeixen la resposta del terreny, interpretar la informació de camp i predir la resposta del terreny.
Analitzar, discriminar e integrar en estudis i projectes la informació geològica i geotècnica disponible.

* Reconeix i interpreta la resposta del terreny en presència de fenòmens acoblats termo-hidro-mecànics.
* Planteja assajos de laboratori avançats per determinar paràmetres termo-hidro-mecànics en sòls i roques.
* Aplica conceptes científics avançats per proposar solucions innovadores en problemàtiques emergents en Enginyeria Geotècnica on l'acoblament termo-hidro-mecànic juga un paper preponderant (emmagatzematge de residus, geotèrmia, interacció de les geoinfraestructures amb el clima...).

- Introducció : els sòls no saturats en la pràctica geotècnica.
- Conceptes bàsics de mecànica de sòls no saturats.
- Tècniques experimentals.
- Comportament mecànic. models constitutius.
- Flux i deformació. Problemes acoblats

# Competències

## Específiques

Conceptualitzar els sòls i les roques com medis porosos regits per conceptes de Mecànica de Sòlids i Fluids
Interpretar assajos de laboratori i observacions de camp per identificar els mecanismes responsables de la resposta del terreny. Planificar programes d'experimentació en el laboratori.
Analitzar, discriminar e integrar en estudis i projectes la informació geològica i geotècnica disponible.

## Genèriques

Aplicar coneixements de ciències i tecnologia avançada a la pràctica professional o investigadora de l'Enginyeria del Terreny.
Dirigir, coordinar i desenvolupar projectes complerts al camp de l'Enginyeria del Terreny
Identificar i dissenyar sol·lucions pels problemes de l'Enginyeria del Terreny en un marc ètic, social, econòmic i legislatiu.
Avaluar l'impacte de l'Enginyeria del Terreny en el medi ambient, el desenvolupament sostenible de la societat i la importància de treballar en un entorn professional responsable.
Incorporar noves tecnologies i eines avançades de l'Enginyeria del Terreny en les seves activitats professionals o investigadores.
Conceptualitzar l'Enginyeria del Terreny com un camp multidisciplinar que demana incloure aspectes rellevants de geologia, sismologia, hidrogeologia, enginyeria geotècnica i sísmica, geomecànica, física de medis porosos, geofísica, geomàtica, riscos naturals, energia i interacció amb el clima.
Innovar en el plantejament de metodologies, anàlisis i solucions en problemes d'Enginyeria del Terreny.
Abordar i resoldre problemes matemàtics avançats d'Enginyeria des del plantejament del problema fins el desenvolupament de la formulació i la seva implementació en un programa d'ordinador. En particular, formular, programar i aplicar models analítics i numèrics avançats de càlcul al projecte, planificar i gestionar, així com interpretar els resultats obtinguts en el context de l'Enginyeria del Terreny i l'Enginyeria de Mines.

# Hores totals de dedicació de l'estudiantat

| | | Hores | Percentatge |
|---|---|---|---|
| Aprenentatge dirigit | Grup gran | 45.0 h | 100.00 % |
| | Grup mitjà | 0.0 h | 0.00 % |
| | Grup petit/Laboratori | 0.0 h | 0.00 % |
| | Activitats dirigides | 0.0 h | 0.00 % |
| Aprenentatge autònom | | 80.0 h | |

# Temari

## I: Introducció i conceptes bàsics

1. Introducció. Importància enginyeria dels sòls no saturats: Fonamentacions, paviments, terreplenes, preses de terra, estabilitat de talussos, barreres d'argila, emmagatzematge de residus .
2. Sòls naturals. Climes àrids. Sòls residuals. Identificació. Comportament geotècnic. Problemes de fonamentació.
Propietats bàsiques de l'aigua. Propietats del vapor. Propietats de l'aire i de l'aire dissolt. Llei psicromètrica (concentració de vapor), succió total, capil·lar i osmòtica. Potencial de l'aigua. Corba de retenció.

**Objectius específics**

Emmarcar la importància enginyeril del comportament dels sòls no saturats.
Estudiar l'origen dels sòls i la interacció entre els condicionants ambientals i la distribució d'humitat en el sòl.
Estudiar els components bàsics del sòl i les propietats físiques de cada un d'ells.
Conèixer els aspectes fonamentals del comportament dels sòls no saturats com la llei psicromètrica, la capil·laritat, les components de la succió i del potencial de l'aigua, la corba de retenció i la permeabilitat relativa.

## II: Tècniques experimentals

Tècniques per a la mesura de la succió. Tensiòmetres, paper de filtre, psicròmetres, mètodes resistius, TDR.
Tècniques d'aplicació de la succió. Placa de succió. Translació d'eixos. Tècniques osmòtiques. Tècniques de control de la humitat relativa.
Equips de succió controlada. Cèl·lules edomètricas, isotròpiques i triaxials. Tall directe.
Mesura de la succió i el contingut d'aigua "in situ".

**Objectius específics**

Revisió i anàlisi de les diferents tècniques d';imposició i mesura de la succió.
Aplicació de les tècniques d'imposició de succió a la realització d'assajos mecànics al laboratori.
Coneixer les tècniques de mesura de la succió i contingut d'aigua al camp.

## Primera prova

Primera prova

**Objectius específics**

Realització d'exercicis per conèixer el nivell de coneixements assolit

## III: Comportament mecànic

Comportament volumètric de sòls no saturats poc expansius. Influència de la succió, càrrega a succió i humitat constant. Canvis de succió sota càrrega. Col·lapse. Increment de la succió.
Altres trajectòries de tensions. Cicles d'humitat. Síntesi.
Efecte del desviador de tensions, Cicles d'humitat.
Rigidesa de sòls no saturats (petites deformacions). Influència de la succió. Assaigs de columna ressonant i triaxials. Models elàstics no lineals.
Resistència de sòls no saturats. Envolupant de trencament. Models proposats.
Tensions efectives en sòls saturats i no saturats.
Proposta de Bishop.
Treball associat a canvis de deformació i canvis d'humitat. Conjunt de tensions significants. Alternatives possibles.
Un model elastoplàstic bàsic per a sòls no saturats poc expansius (Model BBM: Model Bàsic de Barcelona).
Model elastoplàstic per estats isòtrops de tensió. Extensió a estats triaxials.
Formulació general tridimensional
Paràmetres del model. Models d'estat crític i BBM.
Prediccions del model i comparació amb resultats experimentals.

**Objectius específics**

Conèixer la resposta del sòl no saturat davant trajectòries amb canvis de succió i de càrrega isòtropa.
Anàlisi de les deformacions reversibles i irreversibles degudes a canvis de succió o de tensió.
Conèixer l'efecte de la succió en la resposta del sòl sota tensions de tall.

Caracteritzar la resistència d'un sòl no saturat.
Conèixer les dificulatdes per generalitzar el concepte de tensió efectiva als sòls no saturats.
Conèixer les alternatives possibles per definir l'estat tensional generalitzat del sòl.
Conèixer la formulació del model bàsic de Barcelona (BBM). Comparar les prediccions del BBM amb el comportament real del sòl.
Conèixer les limitacions del BBM.

### IV: Comportament del sòl compactat

Principis de compactació.
Propietats de sòls compactats.
Microestructura dels sòls compactats.
Modelització del comportament.
Criteris pràctics.
Fonamentacions sobre sòls compactats.

#### Objectius específics

Conèixer les propietats dels sòls compactats.
Ressaltar la importància de la microestructura.
Conèixer un model constitutiu.
Conèixer criteris d'aplicació pràctica

### V: Comportament de sòls expansius

Comportament de sòls expansius.
Mecanismes bàsics d'expansió: microestructura de sòls expansius.
Comportament qualitatiu del sòl enfront de trajectòries comuns d'assaig.
Fonamentacions sobre sòls expansius.
Modelització del comportament dels sòls expansius.
Problemes amb acoblament termo-hidro-mecànic.
Modelització d'una barrera d'un magatzem de residus radioactius.

#### Objectius específics

Conèixer la mineralogia i els mecanismes d'expansió dels sòls expansius.
Coneixer la resposta hidro-mecánica dels sòls expansius.
Coneixer mètodes de fonamentació en sòls expansius.
Presentar casos reals de modelització del comportament de les barreres d'argila pel emmagatzematge de residus radioactius.

### Segona Prova

Segona prova

## Metodologia docent

L'assignatura consta de 1,5 hores a la setmana de classes presencials a l'aula (grup gran) i 1.5 hores setmanals amb la meitat de l'estudiantat (grup mitjà).

Es dediquen a classes teòriques 1,5 hores en grup gran, en què el professorat exposa els conceptes i materials bàsics de la matèria, presenta exemples i realitza exercicis.

Es dediquen 1.5 hores (grup mitjà), a la resolució de problemes amb una major interacció amb l'estudiantat. Es realitzen exercicis pràctics per tal de consolidar els objectius d'aprenentatge generals i específics.

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.

Tot i que la majoria de les sessions s'impartiran en l'idioma indicat a la guia, potser les sessions en què es compti amb el suport d'altres experts convidats puntualment es duguin a terme en un altre idioma.

## Mètode de qualificació

*(*) El calendari d'avaluació i el mètode de qualificació s'aprovaran abans de l'inici de curs.*

La qualificació final es basarà en l'avaluació de:

1.Dos proves parcials a realitzar en una hora dins l'horari de classe 2. Un treball escrit que es realitzarà individualment sobre algun tema relacionat amb l'assignatura. El treball es lliurarà a través d'Atenea seguint les instruccions de la revista "Géotechnique" que es descriuen en el document "Guia per a la redacció dels treballs". L'avaluació tindrà en compte tant la qualitat científica del treball, com la qualitat de la presentació de l'escrit.
3. Una presentació oral del treball a classe durant un temps de 20 minuts (+ 5 minuts de preguntes sobre el tema presentat). S'avaluarà la presentació en base a les pautes de qualificació establertes en el document "Criteris per avaluar l'exposició oral".

La ponderació en la nota final de cada un dels tres aspectes esmentats serà la següent:

Nota final = 0.5 * Mitjana notes proves parcials + 0.25 * Nota treball escrit + 0.25 * Nota presentación oral.

## Normes de realització de proves

5 preguntes curtes sobre el que s'ha explicat a classe.

## Horari d'atenció

Les consultes es realitzen prèvia concertació a través d'un correu electrònic

## Bibliografia

### Bàsica


- Ng, C.W.W; Menzies, B. Advanced Unsaturated Soil Mechanics and Engineering. London: Taylor and Francis, 2007. ISBN 9780415436793.
- D. G. Fredlund, H. Rahardjo and M. D. Fredlund. Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice. 2012. John Wiley & Sons, Inc., 2012. ISBN 9781118280515.