



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Simulación Aplicada a Xeotecnia

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Materia               | Simulación Aplicada a Xeotecnia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Código                | V09M148V01302                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Titulación            | Máster Universitario en Enxeñaría de Minas                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | OB     | 2     | 1c           |
| Lingua de impartición | Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Departamento          | Dpto. Externo Enxeñaría dos recursos naturais e medio ambiente                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Coordinador/a         | Alejano Monge, Leandro Rafael                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Profesorado           | Alejano Monge, Leandro Rafael<br>Arzúa Touriño, Javier                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Correo-e              | alejano@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Web                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Descrición xeral      | Partindo dunha forte base xeotécnica preténdese que os alumnos sexan capaces de expor, e implementar problemas, así como ser quen de obter resultados relevantes aplicando métodos numéricos nesta rama da enxeñaría que se caracteriza por unha complexa mestura da mecánica pura, a idiosincrasia dos materiais naturais e a determinación humana. |        |       |              |

## Competencias

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| A1     | Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, adoito nun contexto de investigación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en contornos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| A3     | Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e se enfrontar á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación dos seus coñecementos e xuízos.                                                                                                                                                                                                  |
| A5     | Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun xeito que terá que ser, en grande medida, autodirixido e autónomo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| B1     | Capacitación científico-técnica e metodolóxica para a reciclaxe continua de coñecementos e o exercicio das funcións profesionais de asesoría, análise, deseño, cálculo, proxecto, planificación, dirección, xestión, construción, mantemento, conservación e explotación nos seus campos de actividade                                                                                                                                                                                         |
| B6     | Capacidade de aplicación de técnicas de xestión empresarial e lexislación laboral.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| B7     | Coñecementos adecuados dos aspectos científicos e tecnolóxicos de métodos matemáticos, analíticos e numéricos da enxeñaría, mecánica de fluídos, mecánica de medios continuos, cálculo de estruturas, carboquímica, petroquímica e xeotecnia.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C1     | Competencia Específica CE1. Coñecemento adecuado de modelización, avaliación e xestión de recursos xeolóxicos, incluídas as augas subterráneas, minerais e termais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| C4     | Competencia Específica CE4. Capacidade para a realización de estudos de xestión do territorio e espazos subterráneos, incluíndo a construción de túneles e outras infraestruturas subterráneas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| C19    | Competencia Específica CA1. Capacidade para abordar e resolver problemas matemáticos avanzados de enxeñaría, desde a formulación do problema ata o desenvolvemento da formulación e a súa implementación nun programa de computador. En particular, capacidade para formular, programar e aplicar modelos analíticos e numéricos avanzados de cálculo, proxecto, planificación e xestión, así como capacidade para a interpretación dos resultados obtidos, no contexto da Enxeñaría de Minas. |
| C20    | Competencia Específica CA2. Coñecemento adecuado de aspectos científicos e tecnolóxicos de mecánica de fluídos, mecánica de medios continuos, cálculo de estruturas, xeotecnia, carboquímica e petroquímica.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D1  | Competencia Transversal CT1. Saber avaliar e seleccionar a teoría científica adecuada e a metodoloxía precisa dos seus campos de estudo para formular xuízos a partir de información incompleta ou limitada incluíndo, cando sexa preciso e pertinente, unha reflexión sobre a responsabilidade social ou ética ligada á solución que se propoña en cada caso.                                            |
| D4  | Competencia Transversal CT4. Desenvolver a autonomía suficiente para participar en proxectos de investigación e colaboracións científicas ou tecnolóxicas dentro o seu ámbito temático, en contextos interdisciplinares e, no seu caso, cunha alta compoñente de transferencia do coñecemento.                                                                                                            |
| D7  | Competencia Transversal CT7. Tomar conciencia da necesidade dunha formación e mellora continua de calidade, desenvolvendo valores propios da dinámica do pensamento científico, mostrando unha actitude flexible, aberta e ética ante opinións ou situacións diversas, en particular en materia de non discriminación por sexo, raza ou relixión, respecto aos dereitos fundamentais, accesibilidade, etc |
| D11 | Competencia Transversal CT11. Adquirir coñecementos avanzados e demostrar, nun contexto de investigación científica e tecnolóxica ou altamente especializado, unha comprensión detallada e fundamentada dos aspectos teóricos e prácticos e da metodoloxía de traballo nun ou máis campos de estudo.                                                                                                      |

## Resultados de aprendizaxe

| Resultados previstos na materia                                                                                                                                                                                                       | Resultados de Formación e Aprendizaxe                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Ser capaz de pensar, sentar as bases e *implementar a resolución de problemas de enxeñaría *geotécnica a nivel práctico.                                                                                                              | A1<br>A2<br>A3<br>A5                                                    |
| Desenvolver unha madurez científico técnica para ser capaces de ser rigorosos.                                                                                                                                                        | B1<br>B6<br>B7                                                          |
| Profundar en técnicas de análises de estabilidade de escavacións subterráneas e noiros en roca mediante casos prácticos, con especial atención ao uso de métodos numéricos.                                                           | C1<br>C4<br>C19<br>C20                                                  |
| Ser capaces de defender por escrito e oralmente estudos específicos da mecánica de rocas relativos ao deseño e análise de estabilidade de escavacións en roca (mediante enfoques analíticos e numéricos, e outras técnicas *ad-*hoc). | D1<br>D4<br>D7<br>D11                                                   |
| Ser capaz de expor, e *implementar problemas, así como de obter resultados relevantes aplicando métodos numéricos nesta rama da enxeñaría onde se impón enfoque máis *heurístico e menos *determinista á hora de enfocar modelos.Nova | A1<br>A2<br>A3<br>B1<br>B7<br>C1<br>C4<br>C19<br>C20<br>D1<br>D4<br>D11 |

## Contidos

| Tema                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. INTRODUCCIÓN                                                                                               | CARA A UNHA METODOLOGIA DE DESEÑO EN MECÁNICA DE ROCAS: CUANTIFICANDO A INCERTEZA                                                                                                                                                                                                                         |
| 2. REVISIÓN DO COMPORTAMENTO TENSO-<br>*DEFORMACIONAL DE CHANS, ROCAS,<br>DESCONTINUIDADES E MACIZOS ROCHOSOS | REPASO DE COMPORTAMENTO<br>BASES DA ELASTICIDADE E O COMPORTAMENTO NON-ELÁSTICO DAS ROCHAS<br>CRITERIOS DE ROTURA E RESISTENCIA AO CÓRTE<br>COMPORTAMENTO POST-ROTURA                                                                                                                                     |
| 3. MÉTODOS NUMÉRICOS APLICADOS NO ÁMBITO<br>XEOTÉCNICO                                                        | MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS<br>MÉTODO DE DIFERENZAS FINITAS MÉTODO DE ELEMENTOS DE CONTORNO<br>MÉTODO DE ELEMENTOS DISCRETOS<br>ESQUEMAS TEMPORAIS DE RESOLUCIÓN: IMPLÍCITO E EXPLÍCITO<br>VALORACIÓN XERAL DO NUMÉRICOS COMO MÉTODO DE TRABALLO<br>POR QUE, COMO E CANDO UTILIZAR NUMÉRICO EN XEOTECNIA |

#### 4. RECOMENDACIÓNS XERAIS PARA AS SIMULACIÓNS

HIPÓTESES BÁSICAS DE TRABALLO  
 MODELOS SUPERFICIAIS: NOIROS E CIMENTACIÓNS  
 MODELOS SUBTERRÁNEOS: TÚNELES E MINAS  
 SIMETRÍAS E CONDICIÓNS INICIAIS  
 DOMINIO E CONDICIÓNS DE CONTORNO  
 MALLADOS E ANCHOS DE MALLA  
 SAÍDAS DOS PROGRAMAS. SELECCIÓN DA INFORMACIÓN  
 OBTENCIÓ DE COEFICIENTES DE SEGURIDADE CON NUMÉRICO

#### 5. REVISIÓN DOS CÓDIGOS MÁIS UTILIZADOS

CÓDIGOS DE ELEMENTOS DE CONTORNO: EXAMINE-2D E 3D  
 CÓDIGOS DE DIFERENZAS FINITAS: FLAC  
 CÓDIGOS DE ELEMENTOS FINITOS: PHASE-2D  
 CÓDIGOS DE ELEMENTOS DISCRETOS: UDEC  
 OUTROS CÓDIGOS AVANZADOS (PFC E FEM-DEM)

#### 6. EXEMPLOS DE APLICACIÓN E COMPARACIÓN CON MÉTODOS ANALÍTICOS

ANÁLISE DE DISEÑO DUNHA MINA SUBTERRÁNEA DE CÁMARAS E PILARES CON EXAMINE  
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DUN NOIRO CON PHASES  
 COMPROBACIÓN DO SOSTEMENTO DUN TÚNEL CON PHASES

### Planificación

|                                 | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|---------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral               | 8             | 8                  | 16           |
| Prácticas en aulas informáticas | 14            | 10                 | 24           |
| Presentacións/exposicións       | 2             | 2                  | 4            |
| Probas de tipo test             | 1             | 15                 | 16           |
| Informe de prácticas            | 3             | 10                 | 13           |
| Observación sistemática         | 0             | 2                  | 2            |

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

### Metodoloxía docente

|                                 | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral               | Exposición dos contidos básicos.<br>Facer pensar sobre datos e modelos, condicións de contorno e iniciais, por que simulamos e a que preguntas queremos responder.                                                                                                                                                    |
| Prácticas en aulas informáticas | Presentación de casos prácticos, inicialmente sinxelos, e cada vez máis reais e máis casos prácticos reais, porque a teoría non é senón a concreción da práctica e a práctica a extensión da teoría á realidade técnico-socio-económica.<br>Resolución exercicios relacionados coa materia a resolver polo estudante. |
| Presentacións/exposicións       | Aplicación dos coñecementos a situacións concretas, e de adquisición de habilidades básicas e procedimentais desenvolvidas en aulas de informática.                                                                                                                                                                   |

### Atención personalizada

| Metodoloxías                    | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral               | Atenderanse as necesidades e consultas do alumnado relacionadas co estudo e/ou temas vinculados coa materia, proporcionándolle orientación, apoio e motivación no proceso de aprendizaxe. Esta actividade pode desenvolverse de forma presencial (directamente na aula e nos horarios de *tutorías de despacho) ou de forma non presencial (a través do correo electrónico ou de *Faitic). |
| Prácticas en aulas informáticas | Atenderanse as necesidades e consultas do alumnado relacionadas co estudo e/ou temas vinculados coa materia, proporcionándolle orientación, apoio e motivación no proceso de aprendizaxe. Esta actividade pode desenvolverse de forma presencial (directamente na aula e nos horarios de *tutorías de despacho) ou de forma non presencial (a través do correo electrónico ou de *Faitic). |
| Presentacións/exposicións       | Atenderanse as necesidades e consultas do alumnado relacionadas co estudo e/ou temas vinculados coa materia, proporcionándolle orientación, apoio e motivación no proceso de aprendizaxe. Esta actividade pode desenvolverse de forma presencial (directamente na aula e nos horarios de *tutorías de despacho) ou de forma non presencial (a través do correo electrónico ou de *Faitic). |

### Avaliación

| Descrición | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
|------------|---------------|---------------------------------------|
|            |               |                                       |

|                         |                                                                                                                                                                                       |    |                      |                        |                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Probas de tipo test     | Test con cuestións sinxelas xeneralistas para avaliar a comprensión de aspectos xenéricos.                                                                                            | 55 | B1<br>B6<br>B7       | C1<br>C4<br>C19<br>C20 |                       |
|                         | Avalianse todos os resultados do aprendizaxe.                                                                                                                                         |    |                      |                        |                       |
|                         | Avaliase a madurez es acomptencias transversais.                                                                                                                                      |    |                      |                        |                       |
| Informe de prácticas    | Comentario duna rtigo sobre filosofía da simulación no eido da xeotecnia, donse traballase con materiais naturais de comportamento non sempr ben coñecido.                            | 35 | A1<br>A2<br>A3<br>A5 | C1<br>C4<br>C19<br>C20 | D1<br>D4<br>D7<br>D11 |
|                         | Informes de tres casos prácticos similares a reais simulados con programas *ad-*hoc na aula de informática.                                                                           |    |                      |                        |                       |
|                         | Avalianse todos os resultados do aprendizaxe.                                                                                                                                         |    |                      |                        |                       |
| Observación sistemática | Asistencia a clase, actitude e posible presentación dun traballo adicional donse se avalien competencias transversais: orol da simulación. Vendemos figuras de cores ou coñecemento ? | 10 | B1<br>B6<br>B7       |                        | D1<br>D4<br>D7<br>D11 |
|                         | Avalianse todos os resultados do aprendizaxe.                                                                                                                                         |    |                      |                        |                       |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

En segunda convocatoria realizarase un exame tipo test extenso.

De acordo co calendario aprobado pola xunta de centro, as probas serán o 15 de xaneiro (convocatoria ordinaria) e o 28 de xuño (convocatoria extraordinaria).

Recoméndase consultar a páxina web do centro por si se producen modificacións.

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

Ramirez-Oyanguran P., Alejano L., **Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes**, Internet-upm, 2007

#### Bibliografía Complementaria

Rocscience Inc., **tutorial Phase2D**, 2017

Rocscience, **tutorial Examine2D**,

Varios, **International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences**,

Arzúa, J., Alejano, L. y Pérez-Ret, I., **Problemas de mecánica de rocas: Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes**, 1, Bubok Publishing, 2015

ITASCA, **tutorial FLAC**,

ITASCA, **tutorial UDEC**,

### Recomendacións

#### Materias que continúan o temario

Traballo Fin de Máster/V09M148V01401

Túneles e Infraestruturas Subterráneas/V09M148V01307

#### Materias que se recomenda cursar simultaneamente

Simulación Aplicada a Mecánica de Sólidos/V09M148V01301

#### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Diseño e Execución de Obras Subterráneas/V09M148V01105

Explotación Sostible de Recursos Mineiros/V09M148V01102

Enxeñaría de Taludes/V09M148V01108

### Outros comentarios

□ I keep six honest  
serving men,  
(They taught me all I knew);  
Their names are  
What and Why and When,  
And How and Where and Who. □