



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Enxeñaría de Explosivos

|                       |                                                  |        |       |              |
|-----------------------|--------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Materia               | Enxeñaría de Explosivos                          |        |       |              |
| Código                | V09M148V01203                                    |        |       |              |
| Titulación            | Máster Universitario en Enxeñaría de Minas       |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS                                    | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 6                                                | OB     | 1     | 2c           |
| Lingua de impartición | Castelán                                         |        |       |              |
| Departamento          | Enxeñaría dos recursos naturais e medio ambiente |        |       |              |
| Coordinador/a         | Alonso Prieto, Elena Mercedes                    |        |       |              |
| Profesorado           | Alonso Prieto, Elena Mercedes                    |        |       |              |
| Correo-e              | ealonso@uvigo.es                                 |        |       |              |
| Web                   |                                                  |        |       |              |

**Descrición xeral**

Nesta materia preténdese que o alumno adquira os coñecementos e destrezas necesarias para levar a cabo o deseño e dirección de voaduras, tanto no ámbito mineiro como no das obras públicas.

Para iso os coñecementos a adquirir nesta materia vanse a centrar en comprender e aplicar a teoría xeral de voaduras. Comprender a interrelación entre as diferentes compoñentes do custo de fragmentación por voadura e a súa influencia no deseño de voaduras. Comprender a importancia do control de vibracións, a súa orixe, as magnitudes e o dano que poden ocasionar nas estruturas. Levar a cabo o deseñar voaduras con control de vibracións, con control de danos no macizo, voaduras subacuáticas así como outras técnicas menos habituais. Coñecer a lexislación en materia de seguridade en pirotecnia e coñecer os fundamentos da fabricación de explosivos así como a regulamentación respecto diso.

Estas nocións tanto teóricas como prácticas, deben permitir ao alumno poder afrontar o deseño de calquer tipo de voadura que se atope ao longo da súa carreira profesional, ademais de otorgarlle unha serie de coñecementos que lle permitan resolver de forma satisfactoria calquer problema real relacionado co mesmo, ao ser capaz de entender que variables de deseño teñen unha influencia significativa nos resultados.

## Competencias

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| B2     | Comprensión dos múltiples condicionamentos de carácter técnico, legal e da propiedade que se expoñen no proxecto dunha planta ou instalación, e capacidade para establecer diferentes alternativas válidas, elixir a óptima e plasmala adecuadamente, prevendo os problemas do seu desenvolvemento, e empregando os métodos e tecnoloxías máis adecuadas, tanto tradicionais como innovadores, coa finalidade de conseguir a maior eficacia e favorecer o progreso e un desenvolvemento da sociedade sustentable e respectuoso co medio ambiente |
| B3     | Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar a lexislación necesaria no exercicio da profesión de Enxeñeiro de Minas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C9     | Competencia Específica CE9. Capacidade para proxectar, xestionar e dirixir a fabricación, transporte, almacenamento, manipulación e uso de explosivos e pirotecnia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| D5     | Competencia Transversal CT5. Ser capaz de asumir a responsabilidade do seu propio desenvolvemento profesional e da súa especialización nun ou máis campos de estudo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| D8     | Competencia Transversal CT8. Entender a transcendencia dos aspectos relacionados coa seguridade e saber transmitir esta sensibilidade ás persoas da súa contorna.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## Resultados de aprendizaxe

|                                 |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Resultados previstos na materia | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
|---------------------------------|---------------------------------------|

|                                                                                                                                               |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Comprender e aplicar a teoría xeral de voladuras.                                                                                             | A5<br>B2<br>B3<br>C9<br>D8       |
| Comprender a interrelación entre as diferentes compoñentes do coste de fragmentación por voladura e a súa influencia no deseño de voladuras.  | B2<br>C9                         |
| Comprender a importancia do control de vibracións, a súa orixe, as magnitudes e o dano que poden ocasionar nas estruturas.                    | B2<br>B3<br>C9<br>D5<br>D8       |
| Deseñar voladuras con control de vibracións, con control de danos no macizo, voladuras subacuáticas así coma outras técnicas menos habituais. | A5<br>B2<br>B3<br>C9<br>D5<br>D8 |
| Coñecer a lexislación en materia de seguridade en pirotecnia.                                                                                 | A5<br>B3<br>C9<br>D5<br>D8       |
| Coñecer os fundamentos da fabricación de explosivos así como a regulamentación ó seu respecto.                                                | A5<br>B3<br>C9<br>D8             |

## Contidos

| Tema                                                     |                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Introdución os explosivos e a súa fabricación            | Tipos de explosivos<br>Fabricación                                                                                                                                                         |
| Deseño de voladuras en banco a ceo aberto                | Teoría de Langefors<br>Variables xeométricas que afectan o deseño<br>Esquemas de perforación<br>Secuenciación de aceso e tempos de retardo<br>Selección do explosivo                       |
| Voladuras de contorno                                    | Obxectivos<br>Fundamentos e principios de deseño<br>Técnicas de contorno<br>Explosivos utilizados                                                                                          |
| Voladuras en túnel                                       | Introdución<br>Tipos de cueles<br>Parámetros de deseño<br>Secuencia de aceso                                                                                                               |
| Análise e mitigación dos efectos indeseados en voladuras | Proxeccións<br>Vibracións<br>Onda aérea                                                                                                                                                    |
| Os custos de fragmentación                               | Análise da fragmentación obtida<br>Custo de perforación<br>Custo da operación de carga<br>Custo dos explosivos e accesorios<br>Custo de taqueo<br>Custo de carga, transporte e trituración |
| Voladuras subacuáticas                                   | Introdución<br>Métodos de execución<br>Parámetros de deseño<br>Tipos de explosivos                                                                                                         |
| Voladuras de interior                                    | Subniveis con barrenos longos<br>Subniveis con barrenos en abanico<br>Voladuras en cráter. Teoría de Livingston<br>Chemineas e pozos                                                       |
| Demolicións                                              | Introdución<br>Tipos de demolicións<br>Parámetros de deseño<br>Explosivos utilizados                                                                                                       |

**Planificación**

|                                                                 | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-----------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral                                               | 24            | 20                 | 44           |
| Resolución de problemas                                         | 8             | 20                 | 28           |
| Prácticas en aulas informáticas                                 | 4             | 0                  | 4            |
| Saídas de estudo/prácticas de campo                             | 4             | 0                  | 4            |
| Presentacións/exposicións                                       | 4             | 0                  | 4            |
| Seminario                                                       | 4             | 0                  | 4            |
| Probas prácticas, de execución de tarefas reais e/ou simuladas. | 0             | 30                 | 30           |
| Probas de resposta longa, de desenvolvemento                    | 2             | 0                  | 2            |
| Traballos e proxectos                                           | 0             | 30                 | 30           |

\*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 da materia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Resolución de problemas             | Formulación, análise e resolución de problemas relacionados cos contidos desenvolvidos ao longo da materia. Estes teranse en conta na nota final.                                                                                                                                                                                                   |
| Prácticas en aulas informáticas     | Resolución de problemas de deseño de voaduras mediante o emprego de follas de cálculo, así como de programas informáticos destinados a tal fin.                                                                                                                                                                                                     |
| Saídas de estudo/prácticas de campo | Saídas de campo a unha ou dúas explotacións mineiras nas cales os alumnos poderán observar como se aplican todos os coñecementos adquiridos á hora de deseñar e levar a cabo unha voadura real. Realizarase posteriormente en clase un cuestionario sobre o visto nas saídas de campo que se poderá ter en conta á hora de determinar a nota final. |
| Presentacións/exposicións           | Presentación oral por parte dos alumnos de traballos propostos polo profesor, nos que se analizarán distintos tipos de deseños de voaduras, diferentes usos dos explosivos, así como calquera outro tema que teña relación directa coa materia. A puntuación dos traballos terase en conta na nota final.                                           |
| Seminario                           | Tempo destinado a resolver as dúbidas do alumnado, co obxecto de guiar o seu proceso de aprendizaxe e asegurar a comprensión dos contidos.                                                                                                                                                                                                          |

**Atención personalizada**

| Metodoloxías                    | Descrición                                                                                      |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas en aulas informáticas | O profesor asesorará sobre a implementación da resolución dos exercicios nunha folla de cálculo |
| Resolución de problemas         | O profesor resolverá as dúbidas que xurdan sobre a resolución de exercicios                     |
| Seminario                       | O profesor resolverá as dúbidas sobre os contidos teóricos-prácticos da materia                 |

**Avaliación**

|                                                                 | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Probas prácticas, de execución de tarefas reais e/ou simuladas. | Resolución de exercicios co alumno deberá ir realizando ao longo da materia.<br>Mediante esta metodoloxía evaluaranse os seguintes resultados de aprendizaxe:<br>- Comprender e aplicar a teoría xeral de voladuras.<br>- Comprender a interrelación entre as diferentes compoñentes do coste de fragmentación por voladura e a súa influencia no deseño de voladuras.<br>- Deseñar voladuras con control de vibracións, con control de danos no macizo, voladuras subacuáticas así coma outras técnicas menos habituais. | 15            | B2 C9<br>B3                           |

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |          |          |          |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|----------|----------|
| Probas de resposta longa, de desenvolvemento | Exame escrito consistente nunha parte teórica e unha práctica. A parte teórica estará composta de preguntas de resposta curta e dun pequeno cuestionario tipo test. A parte práctica consistirá na resolución dun ou dous exercicios nos cales o alumno deberá demostrar que posúe as capacidades e coñecementos necesarios para poder deseñar unha voadura de maneira autosuficiente. Cada unha das partes do exame avalía un 35%, debendo superar o alumno ambas as partes para poder superar a materia. Esta metodoloxía abrangue a avaliación de todos os resultados de aprendizaxe contemplados nesta materia.                                                           | 70 | B2<br>B3 | C9       | D5<br>D8 |
| Traballos e proxectos                        | Defensa durante 20 minutos dun traballo relacionado coa materia e que fose previamente acordado co profesor.<br>Esta metodoloxía evaluará os seguintes resultados de aprendizaxe:<br>- Comprender e aplicar a teoría xeral de voladuras.<br>- Comprender a interrelación entre as diferentes compoñentes do coste de fragmentación por voladura e a súa influencia no deseño de voladuras.<br>- Comprender a importancia do control de vibracións, a súa orixe, as magnitudes e o dano que poden ocasionar nas estruturas.<br>- Deseñar voladuras con control de vibracións, con control de danos no macizo, voladuras subacuáticas así coma outras técnicas menos habituais. | 15 | A5<br>B3 | B2<br>C9 | D5<br>D8 |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

Na primeira convocatoria, é necesario realizar e entregar os traballos propostos durante o curso. Nesta convocatoria, a nota final será a suma da nota alcanzada no exame (ata un 70%) e a nota alcanzada no resto de complementos (participación e traballos entregados, ata un 30%).

En convocatorias posteriores do mesmo curso, a nota do exame suporá o 100% da nota final.

Calendario de exames:

-Convocatoria ordinaria: 23/05/2018

-Convocatoria extraordinaria: 06/07/2018

O calendario de exames actualizado pode consultarse na páxina web da Escola de Enxeñaría de Minas e Enerxía

<http://minasyenergia.uvigo.es/>

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

International Society of Explosives Engineers, **Blasters' Handbook**, 17th, 1998

Hustrulid, W., **Blasting principles for open pit mining. Vol 1. General Design Concepts**, A.A. BALKEMA. Rotterdam, Netherlands., 1999

Olofsson, S., **Applied explosives technology for construction and mining**, Applix A B. Årila, Sweden, 2002

EXSA S.A., **Manual práctico de voladura**, EXSA. Lima, Perú, 2001

López Jimeno, C., López Jimeno, E. y García Bermúdez, P., **Manual de perforación y voladuras de rocas**, Carlos López Jimeno. Madrid, España, 2003

Carlos López Jimeno, Emilio López Jimeno, Pilar García Bermúdez, **Manual de voladuras en túneles**, Carlos López Jimeno. Madrid, España, 2010

Esteban Langa Fuentes, **Demoliciones por voladura**, Fueyo, 2011

#### Bibliografía Complementaria

Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería, **(R.D. 563/2010)**, 2010

Zong-Xian Zhang, **Rock fracture and blasting: Theory and applications**, Butterworth-Heinemann, 2016

### Recomendacións

#### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Explosivos e Voaduras/V09M148V01104