



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y
Energía

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

63000142 - Ingeniería De Explosivos: Diseño, Control Y Optimizacion

PLAN DE ESTUDIOS

06AF - Máster Universitario En Ingeniería De Minas

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	8

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	63000142 - Ingeniería de Explosivos: Diseño, Control y Optimización
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06AF - Máster Universitario en Ingeniería de Minas
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Pablo Segarra Catusus	625	pablo.segarra@upm.es	L - 09:00 - 11:00 M - 16:00 - 18:00 J - 09:00 - 11:00
Jose Angel Sanchidrian Blanco (Coordinador/a)	616	ja.sanchidrian@upm.es	V - 09:00 - 15:00

Lina María Lopez Sanchez	622	lina.lopez@upm.es	M - 08:30 - 10:00 X - 08:30 - 10:00 J - 08:30 - 10:00 V - 08:30 - 10:00
--------------------------	-----	-------------------	--

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Gomez Mateos, Santiago	santiago.gomez@upm.es	Sanchidrian Blanco, Jose Angel
Fernandez Osorio, Alberto	alberto.fernandez@upm.es	Sanchidrian Blanco, Jose Angel

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Máster Universitario en Ingeniería de Minas no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Laboreo de minas
- Mecánica de rocas
- Propiedades, ensayos, manejo, fabricación y utilización de explosivos industriales.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE01 - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyectos, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería de minas.

CE12 - Capacidad para proyectar, gestionar y dirigir la fabricación, transporte, almacenamiento, manipulación y uso de explosivos y pirotecnia

4.2. Resultados del aprendizaje

RA156 - Comprender el ciclo de vida del explosivo y la huella de carbono de la voladura en el marco de la operación minera.

RA152 - Aplicar las tecnologías disponibles, incluyendo software y equipos de medida, al diseño y control de voladuras.

RA154 - Aplicar los métodos de medida de las vibraciones y onda aérea, sus modelos y su control y mitigación.

RA151 - Aplicar los modelos de fragmentación de roca para el diseño de voladuras.

RA155 - Comprender los aspectos económicos de la voladura y su interrelación con el coste global de la operación para su gestión óptima.

RA153 - Conocer el mecanismo de daño a la roca por voladura, su implicación en la estabilidad del macizo, y aplicar métodos para su medida, modelización, control y mitigación.

RA157 - Capacidad de abordar el diseño de cualquier tipo de voladuras.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura profundiza en el conocimiento de los aspectos claves de la Ingeniería de explosivos enfocados a la optimización de las operaciones de excavación por voladura. El estudiante aprende a utilizar herramientas de diseño experto. Se estudian los elementos de seguridad de la explotación, las afecciones medioambientales y los aspectos económicos de la excavación por voladura en el contexto global ('mine-to-mill') de la operación minera.

5.2. Temario de la asignatura

1. Fragmentación por voladura: modelos, medidas y control de fragmentación de la roca
 - 1.1. La interacción explosivo-roca. I: Principios de funcionamiento de los explosivos
 - 1.2. La interacción explosivo-roca. II: Mecanismos de fragmentación de la roca
 - 1.3. Distribuciones granulométricas
 - 1.4. Modelos de fragmentación por voladura
 - 1.5. Medida de la fragmentación por voladura
2. Proyecto y control de voladuras. Control geométrico; evaluación del funcionamiento del explosivo y accesorios. Laboratorio en campo y software de diseño
 - 2.1. Diseño de voladuras en banco
 - 2.2. Diseño de voladuras en túnel
 - 2.3. Otras voladuras
3. Impacto ambiental de la voladura: Medidas, modelos, control y mitigación. Laboratorio en campo. Software
 - 3.1. Vibraciones
 - 3.2. Onda aérea. Ingeniería de seguridad
 - 3.3. Productos de detonación. Gases. Huella de carbono y ciclo de vida
4. La voladura en la operación minera
 - 4.1. Daño a la roca y control del talud
 - 4.2. Control de dilución del mineral
 - 4.3. Optimización de la operación mina-planta
5. Fabricación, almacenamiento y transporte de explosivos

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Teama 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 1.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	1.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral 1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	1.4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	2.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	1.5 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	2.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	2.1 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	2.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	2.2 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7		2.1 (Prácticas en mina) Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas		
8	2.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	2.3 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio 3.1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9		5. Fabricación, almacenamiento y transporte: Visitas técnicas. Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas		

10	<p>3.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>3.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p>3.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>3.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p>4.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>4.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>3.3 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
13	<p>4.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14				<p>Evaluación mediante entrega de proyectos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 03:00</p>
15				<p>Examen EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</p>
16				
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
14	Evaluación mediante entrega de proyectos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE01 CE12

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE01 CE12

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE01 CE12

7.2. Criterios de evaluación

La asistencia y contribución general al curso tendrá un peso del 20 % en la nota de evaluación continua.

Es necesario asistir al 60 % de las clases como mínimo para seguir la modalidad de evaluación continua.

Algunas actividades pueden no ser evaluables, dependiendo del número de alumnos y recursos disponibles.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
General	Bibliografía	Persson PA, Holmberg R, Lee J. 1994. Rock blasting and explosives engineering. Boca Raton, FL: CRC Press. Zhang, Z-X. 2016. Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. Butterworth-Heinemann / Elsevier.
Avanzado - fragmentación	Bibliografía	Sanchidrián JA. 2023. Ingeniería de Explosivos. Capítulo 15 - Fragmentation by blasting prediction models
Avanzado - talud	Bibliografía	Hustrulid WA, McCarter MK, Van Zyl DJA. 2000. Slope stability in surface mining. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
Avanzado - vibraciones	Bibliografía	Dowding CH. 2000. Construction vibrations. Cleveland, OH: International Society of Explosives Engineers
Avanzado - de todo	Bibliografía	Proceedings, International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (FRAGBLAST). 2022, 2018, 2015, 2012, 2009, 2006, 2002, 1999, 1996, 1993, 1990, 1987, 1983

Equipos de medida y análisis de voladuras (I)	Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> - 3D Laser profiler
 - Borehole deviation probe
 - Sismógrafos
 - Medidor velocidad de detonación
 - Vídeo alta velocidad
Equipos de medida y análisis de voladuras (II)	Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Fotogrametría terrestre de banco Blastmetrix + Shapemetrix 3G
 - Fotogrametría aérea de banco y subterránea UAV
 - Acelerómetros
 - Transductores de presión
 - Equipos de registro multicanal a 10 MHz
 - Televiewer (optical borehole logger)
Software	Otros	<ul style="list-style-type: none"> - JK-Simblast
 - i-Blast 6
 - Face 3D
 - Blastware
 - Split
 - Fragmenter
 - Mine Plan Package: MP core, MP Blast Design, MP Blast Tie-in & Charge