



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Minería
Area: Minería

(Programa del año 2025)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
TECNOLOGIA DE EXPLOSIVOS	ING.EN MINAS	6/15	2025	2° cuatrimestre
TECNOLOGÍA DE EXPLOSIVOS	ING.EN MINAS	OCD- 3-11/ 23	2025	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
TORRES MORALES, GUILLERMO	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
GIUBERGIA, ANDREA ALEJANDRA	Prof. Colaborador	P.Adj Exc	40 Hs
NADAL GONZALEZ, DANIEL MANUEL	Auxiliar de Práctico	A.1ra Simp	10 Hs
ROSSELLO, AGUSTÍN	Auxiliar de Práctico	A.2da Simp	10 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
4 Hs	2 Hs	1 Hs	1 Hs	4 Hs

Tipificación	Periodo
A - Teoría con prácticas de aula y campo	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
04/08/2025	14/11/2025	15	60

IV - Fundamentación

La mayoría de las materias primas que utiliza la sociedad moderna provienen de explotaciones mineras en todo el mundo, muchas de las cuales dependen del uso de explosivos para extraer recursos de manera eficiente. En Argentina, donde la minería ha experimentado un crecimiento considerable en los últimos años, los explosivos juegan un papel crucial en la extracción de minerales como el oro, el cobre y el litio, entre otros. Las explotaciones a cielo abierto y subterráneas del país, particularmente en provincias como San Juan, Catamarca y Santa Cruz, han impulsado la demanda de tecnologías avanzadas de voladura.

La ingeniería de minas se destaca como una de las profesiones con competencias exclusivas en el uso de explosivos. Los ingenieros de minas son responsables tanto de la planificación y ejecución de proyectos de voladuras como de la dirección técnica de las mismas, asegurando la seguridad y eficiencia en cada operación. Estas competencias también abarcan las instalaciones de producción de explosivos, una industria que en Argentina ha tenido que adaptarse a normativas ambientales cada vez más estrictas y a la necesidad de optimizar el uso de recursos.

La asignatura de Tecnología de Explosivos proporciona un conocimiento profundo sobre la química y física de los materiales explosivos. Durante su desarrollo, se enfatiza en los mecanismos de reacción, propiedades físicas y químicas, así como en los

procesos de fabricación de los explosivos más utilizados, como ANFO y emulsiones explosivas. Se estudian los criterios de selección de explosivos para aplicaciones específicas, los accesorios y sistemas de iniciación, y se incluyen normas de seguridad vigentes, tanto a nivel nacional como internacional, para su manejo adecuado.

Un aspecto clave es el cálculo y la distribución espacial de las cargas explosivas, optimizando su uso para maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental, un desafío creciente en el sector minero. Además, se abordan las técnicas de monitoreo y control de vibraciones y onda aérea generadas por las voladuras, factores cruciales para la protección del entorno y la minimización de daños en áreas cercanas a las operaciones mineras.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

- a) Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades: Estudiar las características físicas y químicas de los explosivos, incluyendo su potencia, velocidad de detonación, y estabilidad, para su correcta aplicación en minería.
- b) Comprender el comportamiento de los explosivos en las obras de ingeniería minera: Analizar cómo los explosivos interactúan con diferentes tipos de roca y condiciones geológicas para optimizar su uso en proyectos mineros.
- c) Optimizar las mezclas explosivas para la voladura eficiente según el comportamiento de la roca: Desarrollar y ajustar mezclas de explosivos para maximizar la eficiencia de las voladuras, minimizando el impacto ambiental y mejorando la fragmentación de la roca.
- d) Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes: Estudiar los métodos de producción y las tecnologías emergentes en la fabricación de explosivos, asegurando la calidad y seguridad del producto final.
- e) Aplicar métodos avanzados de cálculo, diseño y análisis de voladuras: Utilizar herramientas y software de última generación para diseñar y analizar voladuras, seleccionando los métodos más adecuados para diversas aplicaciones mineras.
- f) Implementar normas de seguridad en la utilización de explosivos: Conocer y aplicar las regulaciones y mejores prácticas de seguridad para el manejo, almacenamiento y uso de explosivos, protegiendo a los trabajadores y el entorno.
- g) Evaluar y mitigar los efectos medioambientales de los explosivos: Identificar los impactos ambientales de las voladuras y desarrollar estrategias para su control y mitigación, promoviendo prácticas sostenibles en la minería.
- h) Cumplir con la reglamentación sobre almacenamiento y transporte de explosivos: Asegurar el cumplimiento de las leyes y normativas vigentes sobre el almacenamiento y transporte de explosivos, garantizando la seguridad y eficiencia en la logística.

Ejes transversales, su abordaje y evaluación

EJE N° 1: Diseño, cálculo, evaluación, gerenciamiento y planificación de las etapas de explotación, procesamiento de minerales y derivados, voladura y movimiento de rocas en operaciones mineras y civiles.

NIVEL: Alto

EJE N° 3: Proyecto, dirección, supervisión, gerenciamiento y control de construcción, operación y mantenimiento de las obras de exploración, explotación, procesamiento de minerales y derivados, voladura y movimiento de rocas en operaciones mineras y civiles.

NIVEL: Alto

EJE N° 4: Certificación de las condiciones o estado de las operaciones, obras de exploración, explotación, procesamiento de minerales y derivados, voladuras y movimiento de rocas en operaciones mineras civiles.

NIVEL: Medio, competencias esperadas, inciso iv

EJE N°6: Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería en minas.

NIVEL: Medio

EJE N°7: Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería en minas.

NIVEL: Medio, competencias esperadas inciso i.

EJE N°9: Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería en minas.

NIVEL: Medio

EJE N° 11: Desempeño en equipos de trabajo.

NIVEL: Medio

EJE N° 12: Comunicación efectiva

NIVEL: Alto

EJE N° 13: Actuación profesional ética y responsable.

NIVEL: Medio

EJE N° 15: Aprendizaje continuo.

NIVEL: Alto.

Este programa formativo emplea un enfoque integral y práctico para equipar a los estudiantes con las habilidades necesarias en ingeniería. Los ejes de aprendizaje se centran en la identificación y resolución de problemas complejos, el pensamiento creativo y la innovación, con una sólida base en Tecnología de Explosivos que incluye prácticas y uso de herramientas específicas. Además, se potencia el trabajo colaborativo, el análisis crítico y la ética profesional, junto con la seguridad y la actualización constante.

La evaluación es continua, culminando en proyectos prácticos e investigativos donde los estudiantes presentan soluciones justificadas con datos de canteras, demostrando viabilidad y rigor ingenieril.

VI - Contenidos

TEMA 1.

TERMODINÁMICA DE LOS EXPLOSIVOS.

Conceptos de deflagración y detonación. Termodinámica de los explosivos. Calor de explosión. Balance de oxígeno. Volumen de explosión. Energía mínima disponible. Temperatura de explosión. Presión de explosión. Fórmulas para calcular las presiones de detonación, de detonación y de barreno.

TEMA 2.

PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS

Cálculo de características teóricas de los explosivos. Características prácticas de los explosivos y métodos de ensayo.

Características energéticas: Potencia; ensayos. Poder rompedor; ensayos. Velocidad de detonación, métodos de medida continuos y discontinuos.

Densidad. Presión de detonación.

Características de fiabilidad: Sensibilidad a la iniciación. Transmisión de la detonación. Resistencia al agua y a la presión hidrostática.

Características de seguridad: Sensibilidad al impacto y a la fricción Estabilidad térmica. Resistencia al calor bajo confinamiento. Diámetro crítico. Desensibilización.

TEMA 3.

CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS EXPLOSIVAS. Explosivos iniciadores. Explosivos secundarios.

EXPLOSIVOS INDUSTRIALES

Agentes explosivos secos. Mezclas nitrato amónico-combustible. AnFo. Alanfo. Explosivos acuosos. Hidrogeles.

Emulsiones. Anfo Pesado. Explosivos Gelatinosos. Explosivos Pulverulentos. Explosivos de Seguridad. Pólvoras.

TEMA 4.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EXPLOSIVOS.

Precio del explosivo. Diámetro de Carga. Características de la Roca. Volumen de roca a Volar. Condiciones atmosféricas.

Presencia de Agua. Terrenos Reactivos. Condiciones de entorno. Humos. Condiciones de Seguridad.

TEMA 5.

ACCESORIOS DE VOLADURAS

Detonadores ordinarios y mecha lenta. Detonadores eléctricos. Detonadores no eléctricos. Detonadores Nonel. Detonadores electrónicos. Cordones detonantes. Fuentes de energía. Otros sistemas de iniciación secuencial. Otros accesorios.

TEMA 6.

SISTEMAS DE INICIACIÓN Y CEBADO.

Iniciación del anfo a granel y encartuchado. Iniciación de hidrogeles y emulsiones de cartuchos y bombeables. Cebado en el fondo. Cebado de cartuchos de explosivos convencionales. Sistema mecanizado de carga de barrenos. Bombeo de hidrogeles y emulsiones.

TEMA 7.

VOLADURA DE ROCAS E INGENIERÍA DE EXPLOSIVOS

Mecanismos de rotura de las rocas en la voladura. Variables controlables de las voladuras. Geométricas. Químicas-Físicas o del explosivo. De tiempo. Voladuras en banco. Voladuras en banco de pequeño y mediano diámetro. Voladuras en túnel.

Voladuras de contorno. Voladuras Especiales.

TEMA 8.

EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LAS VOLADURAS. REGLAMENTACIÓN Y SEGURIDAD

Vibraciones. Onda aérea. Proyecciones.

TEMA 9.

REGLAMENTACIONES DE USO Y TRANSPORTE

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Se realizarán prácticas de laboratorio y prácticas de campo en grupos reducidos.

Los trabajos prácticos son cinco con problemas de la actividad:

TRABAJO PRACTICO N° 1 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS.

Cálculo de Velocidad de Detonación y de Potencia Relativa.

TRABAJO PRACTICO N° 2. ACCESORIOS DE VOLADURA

Descripción de los principales accesorios de voladura.

TRABAJO PRACTICO N° 3. CÁLCULO DE CARGA.

Cálculo de consumo específico. Aplicación práctica.

TRABAJO PRACTICO N° 4. CALCULO DE CONSUMOS ESPECÍFICOS.

Bancos bajos - bancos altos.

TRABAJO PRACTICO N° 5. AVANCE DE TÚNELES ARRANQUES.

Cálculo de cuele de cuatro secciones.

VIII - Regimen de Aprobación

Para aprobar la cursada, el estudiante deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Se requiere la aprobación del 100% de los trabajos prácticos, lo que incluye las actividades y los informes de las salidas de campo.

La aprobación de cada trabajo práctico se realizará a través de una defensa oral y presencial.

Debido a que la materia no es promocional, la aprobación final se obtiene exclusivamente mediante un examen final.

IX - Bibliografía Básica

[1] López Jimeno, C. (1994). Manual de perforación y voladura de rocas. (2a ed.). ITGE.

[2] Sanchidrián, J. A., & Muñoz, E. (2000). Curso de tecnología de explosivos. Fundación Gómez Pardo.

[3] Persson, P. A., Holmberg, R., & Lee, J. (1994). Rock blasting and explosives engineering. CRC Press.

[4] Konya, C. J., & Albarrán N., E. (1998). Diseño de voladuras. Logo Diseño.

[5] EXSA S.A. Manual Práctico de Voladura. Quinta Edición

<https://drive.usercontent.google.com/download?id=15AneYgbABMaTPRKUFiVlBvavLprDtOdo&authuser=0&acrobotPromotionSource=GoogleDriveNativeViewNDV&uuiid=8ea8e84a-cac3-4174-824e-fcbe140377e1&at=APcmppozz9gGiMlrUGRigAW4D5UDM%3A1746307334520&confirm=t>

[6] Marfany Oanes, A. (2004). Tecnología de canteras y graveras. Fueyo Editores.

[7] Langefors, U., & Kihlström, B. (1968). Técnica moderna de voladura de rocas. Suecia.

[8] Calbo, V. (s. f.). Explosivos industriales. Argentina.

[9] Apuntes – Realizados por la cátedra en fotocopia y apoyo electrónico

X - Bibliografía Complementaria

[1] Bernaola Alonso J., Castilla Gómez J., Herrera Herbert J. (2013). Perforación y Voladuras de Rocas en Minería. E.T.S de Ingenieros de Minas de Madrid.

[2] Scott A., Cocker A., Djordjevic N.(1996). Open Pit Blast Design, Analysis and Optimisation. Series Editor T.J. Napier-Munn. University Queensland. Australia.

[3] Zong-Xang Z. (2016). Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-802688-5.

[4] Xia-Ting F.(2018). Rockburst. Mechanisms, Monitoring, Warning and Mitigation. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-805054-5

XI - Resumen de Objetivos

a).-Conocer los explosivos, sus mecanismos de reacción y propiedades.

b).-Conocer y comprender el comportamiento de los explosivos en las obras de ingeniería minera.

c).-Conocer y comprender las mezclas explosivas para lograr la mayor eficiencia en la voladura de acuerdo al

comportamiento del macizo rocoso.

d).-Conocer los procesos de fabricación de los explosivos y mezclas explosivas más importantes.

e).-Aplicar los métodos de cálculo, diseño y análisis de las voladuras, así como los criterios para la más adecuada selección de los mismos para las distintas aplicaciones.

f).-Conocer las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta en la correcta utilización de los explosivos

g).-Conocer los efectos medioambientales de la utilización de los explosivos y su control.

h).- Reglamentación respecto al almacenamiento y transporte de sustancias explosivas.

XII - Resumen del Programa

TEMA 1: Termodinámica de los explosivos.

TEMA 2. Propiedades de los explosivos y métodos de ensayo.

TEMA 3: Explosivos industriales

TEMA 4: Accesorios de voladuras. Sistemas de iniciación.

TEMA 5: Mecanismos de rotura de las rocas.

TEMA 6. Voladuras en banco.

TEMA 7: Voladuras en túnel.

TEMA 8: Efectos medioambientales de las voladuras.

XIII - Imprevistos

El programa podrá presentar ajustes en el transcurso de la cursada. Toda modificación será acordada y comunicada al estudiantado e informada a Secretaría Académica.

XIV - Otros