



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
() LABOREO IV	ING.EN MINAS	6/15	2025	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
BALLADORE, FEDERICO JOSE	Prof. Responsable	P.Adj Simp	10 Hs
CABRERA, LUIS ALBERTO	Prof. Colaborador	P.Adj Simp	10 Hs
ZAMUDIO, CARLOS RAMIRO	Prof. Colaborador	P.Adj Simp	10 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
6 Hs	2 Hs	2 Hs	2 Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoría con prácticas de aula	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
04/08/2025	14/11/2025	15	90

IV - Fundamentación

El Ingeniero en Minas es un profesional clave cuyo conocimiento debe enfocarse en la predicción del comportamiento del macizo rocoso, un pilar fundamental para garantizar el sostenimiento seguro de las labores subterráneas y la efectiva ejecución de los métodos de minado. Este rol exige una comprensión profunda de la geología, geometría y leyes de los yacimientos, capacidades que se traducen en el diseño y la planificación precisa del desarrollo, la preparación y la explotación de la mina. Adicionalmente, es indispensable que el ingeniero domine los criterios de planificación y operación de los yacimientos subterráneos, y que sepa diseñar los sistemas de ventilación óptimos para las minas metalíferas

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

- Desarrollar y aplicar los principios teóricos y prácticos esenciales para el laboreo minero subterráneo.
- Comprender y analizar en profundidad el comportamiento de los macizos rocosos en el contexto de las obras de ingeniería minera subterránea.
- Formular y determinar los parámetros críticos de estabilidad y dimensionamiento necesarios para la explotación segura de yacimientos subterráneos.
- Diseñar y justificar la infraestructura y la maquinaria requerida para cada método de minado específico.
- Diseñar y planificar un circuito de ventilación eficiente y seguro para operaciones mineras.

- Evaluar y seleccionar el método de minado más adecuado basándose en su diseño, infraestructura y requerimientos operacionales específicos.
- Especificar el equipamiento básico necesario para la explotación de yacimientos subterráneos de acuerdo a los criterios de diseño

VI - Contenidos

1. Diseño Minero Subterráneo: Fundamentos y Selección de Métodos

Infraestructura de Acceso: Tipos, dimensiones, funciones y espacios (incluidos refugios).

Conceptos Operacionales Básicos: Principales características de los métodos de explotación subterráneos.

Elementos del Diseño Minero: Perforación, voladura, extracción y transporte.

Definiciones Críticas: Mineral, dilución, ley de corte y capacidad productiva.

Estructura de la Mina: Unidades y esquema de una mina subterránea.

Clasificación y Tipos de Métodos:

Cámaras y Pilares (Room and Pillar, Post Room and Pillar).

Casas (Stoping): Longhole and Sublevel Open Stoping, Vertical Cráter Retreat (VCR) con Relleno, Bench and Fill Stoping, Shrinkage Stoping.

Corte y Relleno (Cut and Fill Mining, Overhand Cut and Fill).

Hundimiento (Sublevel Caving, Block Caving).

Transición: Cielo Abierto - Subterráneo.

Selección de Método de Explotación:

Consideraciones: Económicas (ley de corte/capacidad productiva) y técnicas.

Parámetros Geotécnicos: Tipo de yacimiento, resistencia de la roca intacta, número y condición de estructuras, estimación de resistencia del macizo rocoso.

Condiciones de Esfuerzos: Esfuerzos in-situ e inducidos en excavaciones.

Geometría del Yacimiento: Potencia, inclinación, profundidad y distribución de leyes.

Condiciones Geotécnicas: Mineral (estructuras), pared colgante y pared yacente.

Evaluación: Rating de métodos, costos relativos.

Ejercicio de selección de método de explotación.

2. Diseño de Minas Explotadas por Caserones y Pilares (Sublevel Stopping - SLS)

Características y Parámetros: Distintivas y principales parámetros de diseño del método.

Caracterización Geomecánica: Clasificación del macizo rocoso e importancia del ambiente a explotar.

Etapas de Diseño Geomecánico: Parámetros que requieren caracterización geotécnica.

Diseño de Caserones: Fundamentos, dimensionamiento y diseño geotécnico.

Diseño de Pilares y Losas.

Fundamentos: Voladura de producción y sistema de manejo de materiales.

Aplicaciones y Variantes: Sublevel Stopping (tiros radiales, convencional, largos radiales, LBH Open Stopping, VCR).

Diseño de Niveles: Niveles de extracción y diseño de la infraestructura.

Métodos de Dimensionamiento: Dimensionamiento de caserones/losas y muros.

Análisis de Estabilidad: Gráficos de estabilidad (Mathews, modificado), Número de Estabilidad (N), forma de excavaciones (radio hidráulico).

Factores de Ajuste: Ajuste por esfuerzo inducido (A), Factor por Orientación de Estructuras (B) y Factor Gravitacional (C).

Ejercicio de caserones y pilares.

3. Diseño de Minas Explotadas por Cámaras y Pilares (Room and Pillar)

Campo de Aplicación y Accesos: Tipos de accesos.

Métodos de Extracción: Frente completa, múltiples niveles, pilares largos, Caving Room and Pillar.

Configuraciones Operacionales: Carga y transporte.

Diseño de Pilares Mineros: Objetivo, condiciones de aplicación y efectos de la carga sobre el pilar.

Cálculo de Pilares: Concepto y cálculo de área tributaria (cuadrados, rectangulares/muros).

Resistencia y Falla: Modos de fallas, resistencia de pilares mineros y constantes de cálculo.

Ejercicios de cálculo de pilares mineros.

4. Diseño de Métodos por Hundimiento de Bloques (Block Caving)

Definición y Variantes: Descripción de variantes (Block Caving, Panel Caving, Inclinado), bench-mark y riesgos.

Infraestructura: Block Caving con scrapers y LHD.

Diseño de Niveles: Nivel de producción y hundimiento.

Hundibilidad: Predicción, factores influyentes y mecanismo de hundimiento.

Parámetros y Dimensionamiento: Cálculo de distancia de puntos de extracción, altura de columna.

Diseño de Socavación: Resistencia de pilares de hundimiento y la influencia de las estructuras (mayores y discontinuidades).

Condiciones Geomecánicas: Esfuerzos in-situ e inducidos, resistencia de discontinuidades y macizo rocoso.

Acondicionamiento del Macizo: Desconfinamiento, slot, preconditionamiento (fracturamiento hidráulico, perforación y voladura).

Secuencia y Flujo: Espaciamiento calles de hundimiento, forma y dirección de frente, secuencia (hundimiento y dilución).

Metodología de Extracción: Mallas de extracción, flujo elipsoidal vs. cilíndrico.

5. Diseño de Métodos por Hundimiento por Subniveles (Sublevel Caving)

Descripción y Aplicación: Descripción, benchmark de operaciones y aplicación del método.

Diseño de Niveles: Diseño de niveles de producción.

Operación: Diagrama de disparos y cálculo de distancia entre subniveles.

6. Corte y Relleno (Cut and Fill Mining)

Principios: Principio del método, condiciones de aplicación, ventajas e inconvenientes.

Ciclo de Producción: Preparación, perforación y voladura, extracción del mineral, chimeneas de extracción.

Variantes: Corte y relleno clásico, descendente, cementado, mecanizado.

Relleno: Importancia, función, tipos y materiales a utilizar. Ventajas y contribuciones a la sustentabilidad.

Consideraciones Operacionales: Transporte, recuperación, selectividad, seguridad, posibilidad de mecanización, tendencias evolutivas y flexibilidad.

7. Ventilación de Minas

7.1. Resistencia y Caída de Presión: Teorema de Bernoulli, coeficiente de resistencia aerodinámica, resistencias locales y fórmula fundamental de ventilación.

7.2. Circuitos de Ventilación: Unión en serie, paralelo y circuitos complejos.

7.3. Cálculo del Caudal de Aire: Por difusión de gases, personal, temperatura, polvo en suspensión, producción, consumo de explosivo y equipo diésel.

7.4. Ventilación Natural: En mina ideal y real. Valores, mediciones y determinación práctica de la presión natural.

7.5. Ventilación Auxiliar: Definición, tipos básicos, aplicaciones. Ductos (diámetro, gasto de energía, fugas, instalaciones y defectos).

7.6. Ventiladores de Minas: Historia, partes importantes, clasificación, fórmulas fundamentales, leyes, comparación de tipos, curvas características. Resolución de circuitos y selección de ventiladores.

7.7. Mediciones de Ventilación: En secciones transversales (labores y ductos). Medición de velocidades, caudales, presiones (estática, dinámica y total) y temperaturas. Uso de anemómetro y tubo pitot.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

TP 1: Selección Métodos de Explotación basado en el método Nicholas.

TP 2: Determinación de la Estabilidad Caserones.

TP 3: Ejercicio Diseño minero (Diseño mediante software).

TP 4: Diseño de Sublevel caving.

TP 4: Cálculo de costos en minería subterránea.

VIII - Regimen de Aprobación

Para obtener la condición de regular, los alumnos deberán:

Aprobar la totalidad de los trabajos prácticos y dos (1) parcial propuesto. Para aprobar la asignatura los alumnos deberán rendir examen de acuerdo a la reglamentación vigente.

Los alumnos libres que deseen aprobar el curso, deberán:

rendir por escrito un examen que contiene ejercicios y preguntas de las prácticas de aula. Una vez aprobado este examen, pasará a la evaluación en teoría, la que consistirá en el desarrollo de todos los temas que el Jurado solicite. La nota del examen será la obtenida de promediar las notas de los exámenes aprobados, escrito y oral. Previo al examen, una semana antes, el alumno deberá presentar los trabajos prácticos correspondientes al año en curso

IX - Bibliografía Básica

[1] MINERAL RESOURCES from Exploration to Sustainability Assessment. Bustillo Revuelta Manuel, 2018, Springer, Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. ISBN 978-3-319-58758-5.

[2] UNDERGROUND MINING METHODS. Huettnerich William A. y Bullock Richard L., 2001, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME).

[3] DISEÑO DE EXPLOTACIONES E INFRAESTRUCTURAS MINERAS SUBTERRÁNEAS. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2007.

[4] Basic Mine Ventilation Rev 5. AMC Consultants Pty Ltd 2005.

[5] SURFACE AND UNDERGROUND EXCAVATIONS – METHODS, TECHNIQUES AND EQUIPMENT. Tatiya Ratan Raj, 2005, London, UK.

[6] SUBSURFACE VENTILATION AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING Tomo I. M.J.McPherson. 1990.

[7] Novitzky, A. (1975). Métodos de explotación subterránea y planificación de minas. Alejandro Novitzky.

[8] Atlas Copco. (2006). Underground mining methods: Mining methods, case studies. Reference Editions for Atlas Copco Rock Drills.

X - Bibliografía Complementaria

[1] Apuntes de Cátedra de Mecánica de rocas y de suelos en fotocopia y apoyo electrónico

[2] SUPPORT OF UNDERGROUND EXCAVATIONS IN HARD ROCK. E. Hoek, P.K. Kaiser, W.F. Bawden. 1998.

[3] Ingeniería Geológica, Luis I. Gonzáles de Vallejos-Ed. Pearson 2005.

[4] Excavación subterráneas en roca, E. HOEK, E.T. BROWN, 1980.

XI - Resumen de Objetivos

El profesional debe ser capaz de dominar y aplicar los métodos de minería subterránea de alta productividad. Su competencia abarca el diseño y la planificación integral del desarrollo, la preparación y la explotación de minas subterráneas, además de la habilidad para diseñar e implementar sistemas de ventilación eficientes y seguros para las minas metalíferas.

XII - Resumen del Programa

1- DISEÑO MINERO SUBTERRÁNEO

2-DISEÑO MINAS EXPLOTADAS POR CASERONES Y PILARES (SUBLEVEL STOPING)

3.DISEÑO DE MINAS EXPLOTADAS POR CÁMARAS Y PILARES (ROOM AND PILLAR)

4-DISEÑO MÉTODOS POR HUNDIMIENTO DE BLOQUES

5-DISEÑO DE MÉTODOS POR SUBLEVEL CAVING

6-CORTE Y RELLENO

7-VENTILACIÓN DE MINAS

XIII - Imprevistos

Se irán resolviendo a medida que se presenten

XIV - Otros

--