

Diploma de Postítulo

Geomecánica Aplicada al Diseño Minero

9ª. Versión

2024-2025

Modalidad Online



Javier Vallejos
Director Académico

Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile



Introducción

El Departamento de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, ofrece a la comunidad minera el Diploma de Postítulo en Geomecánica Aplicada al Diseño Minero.

Este programa responde a un requerimiento actual de la industria minera a nivel nacional e internacional, la cual se ve enfrentada a nuevos desafíos entre los que se destacan: la profundización de los yacimientos, leyes más bajas, construcciones en condiciones de altos esfuerzos, interacciones entre minería a cielo abierto y subterránea, entre otros. Estos factores enmarcan nuevos escenarios en los que resulta indispensable disponer de herramientas como la Geomecánica; área fundamental para optimización del diseño y negocio minero.

Este Diploma está orientado a profesionales con experiencia en temas ligados a la industria minera, que busquen una especialización en el área de geomecánica y diseño minero. Nuestro programa se encuentra a la vanguardia de la disciplina y cubre contenidos en temas como: fundamentos de mecánica de rocas, excavación en roca, geomecánica en explotaciones subterráneas y a cielo abierto, además de aplicaciones de modelamiento numérico y casos de estudio.

Objetivos

El principal objetivo de este programa es lograr que los y las asistentes conozcan y apliquen los procesos y metodologías que forman parte del proceso de geomecánica en el diseño minero, para que de esta manera den paso a un cuestionamiento y se enfoquen en la búsqueda de mejores prácticas que apliquen a su realidad profesional.

Al finalizar el programa las y los alumnos serán capaces de:

- ⇒ Entregar los conceptos fundamentales de la mecánica de rocas, apoyado en actividades prácticas.
- ⇒ Describir y analizar los conocimientos y conceptos para realizar excavaciones en roca, incluyendo aspectos relevantes como el diseño de soporte, reforzamiento del macizo y perforación y tronadura.
- ⇒ Comprender los fenómenos físicos que determinan la funcionalidad e interferencias operacionales en los métodos de explotación subterráneos selectivos y masivos.

Objetivos

- ⇒ Conocer las herramientas geomecánicas aplicadas en el diseño minero a cielo abierto, considerando aspectos de estabilidad, riesgo y metodologías de control y monitoreo.
- ⇒ Entender las etapas necesarias para la construcción de un modelo numérico; la identificación y cuantificación de parámetros, la importancia de la geometría y la interpretación de los resultados en términos de la aceptabilidad del diseño.
- ⇒ Aplicar los aspectos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo del Diploma, a través de un caso de estudio proveniente de su experiencia profesional.

Organización del Programa

El Diploma en Geomecánica Aplicada al Diseño Minero se divide en 6 módulos intensivos de cinco días de duración cada uno:

Fundamentos de Mecánica de Rocas	40 horas
Excavaciones en Roca	40 horas
Geomecánica en Minería Subterránea, Selectiva y Masiva	40 horas
Geomecánica en Minería a Cielo Abierto	40 horas
Modelamiento Numérico en Geomecánica	40 horas
Seminario de Caso de Estudio	40 horas

Horas del programa:



Se requiere que cada estudiante tenga un manejo adecuado del idioma inglés, de modo que puedan estudiar el material bibliográfico entregado, como parte del contenido de este Diploma.

A la docencia sincrónica (online) se debe agregar el trabajo personal de cada estudiante, en períodos de receso del programa, orientado a preparar cada curso.

Las actividades se organizarán en módulos: un curso por mes de una semana de duración (lunes a viernes) cada uno, de modo de facilitar la asistencia de profesionales trabajando en faenas. Por lo tanto, los alumnos deberán asistir a clases en intervalos mensuales en modalidad remota.

Calendario 2024-2025

	MÓDULOS	FECHA
1	Fundamentos en Mecánica de Rocas	13, 14, 15, 16, 17 mayo
2	Excavaciones en Roca	10, 11, 12, 13, 14 de junio
3	Geomecánica en Minería Subterránea, Selectiva y Masiva	5, 6, 7, 8, 9 agosto
4	Geomecánica en Minería a Cielo Abierto	30 septiembre 1, 2, 3, 4 octubre
5	Modelamiento Numérico en Geomecánica	11, 12, 13, 14, 15 noviembre
6	Seminario de Casos de Estudio	7, 8, 9, 10, 11 abril, 2025

Profesores del Programa

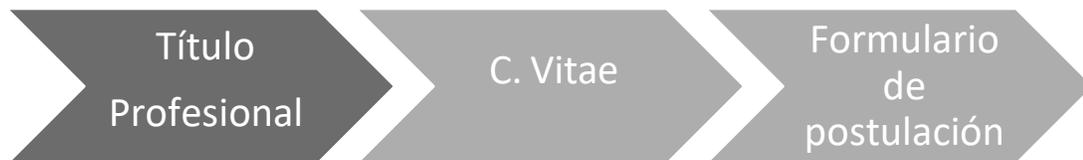
Profesores	Título, Grado	Universidad
María Soledad Celis	I. Civil	Universidad de Chile
David Cuello	I. C. Minas, PhD	Curtin University, Australia
Pedro Landeros	I. C. Minas	Universidad de Santiago, Chile
Claudio Martínez	I. C. Minas, MSc	Curtin University, Australia
Alejandro Muñoz	Ing. Civil	Universidad de Chile
Luis Felipe Orellana	I.C. Minas, PhD	École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suiza
Sofía Rebolledo	Geóloga, MSc	U. de Leeds, UK
Rigoberto Rimmelin	I.C. Minas, Magíster	Universidad de Chile
Eduardo Rojas	I. C. Minas, PhD	Curtin University, Australia
Tomás Roquer	I. Civil	Pontificia Universidad Católica de Chile
Javier Vallejos	Ing. Civil, PhD	Queen's University, Canadá

Nota: Ante la eventualidad del retiro de algún docente, el Programa se compromete a encontrar un reemplazante adecuado.

Requisitos de Admisión y Postulación

El proceso de postulación está abierto y el plazo vence el **15 de marzo de 2024**.
Los cupos son 25 y se ofrecen por estricto orden de inscripción y cumplimiento de requisitos.

Podrán postular al programa quienes cumplan con los siguientes requisitos:



- ⇒ Estar en posesión del Grado de Licenciado en una disciplina afín al programa. Asimismo, podrán postular quienes posean un título profesional cuyo nivel, contenido y duración de estudios correspondan a una formación equivalente a la del grado de Licenciado en la Universidad de Chile. Este deberá acreditarse mediante fotocopia notarial del certificado correspondiente.
- ⇒ Enviar currículum vitae resumido.
- ⇒ Formulario de postulación: <https://forms.gle/JLRzXiJzdRzSVjGN6>

Cada postulación será resuelta por el Director Académico del Programa quién decidirá la aceptación o rechazo a su admisión, según los antecedentes presentados.

Formato de Clases

Modalidad online (streaming) en plataforma ZOOM.

Para cursar el **Diploma de Postítulo en Geomecánica Aplicada al Diseño Minero**, se considera que cada estudiante dedique **exclusividad** a los horarios de clases, para así lograr el buen rendimiento y aprendizaje en cada curso. En caso contrario si el/la estudiante trabaja simultáneamente cuando se dictan las clases, será de exclusiva responsabilidad de cada uno/a su rendimiento y cumplir con las evaluaciones en los tiempos establecidos por cada curso y la coordinación académica del programa. No podrá ser justificación su turno de trabajo de las inasistencias o el no rendimiento de las evaluaciones.



Horario

Lunes a viernes 9:00 a 13:00 y 14:00 a 18:00 horas (Chile).

Evaluación

Cada uno de los cursos del programa se evaluará por separado y mediante controles/lecturas/presentaciones/informes y/o examen.

⇒ La nota mínima de aprobación es 4.0; escala de 1.0 a 7.0.

Valores y Forma de Pago

El programa tiene un costo total de CLP 5.355.000 - US\$ 5.950 y la forma de pago dependerá si es financiado de manera personal o patrocinado por la empresa.

La forma de pago dependerá si es financiado de manera personal o patrocinado por la empresa.

- ⇒ Todo postulante al ser aceptado deberá cancelar una inscripción de CLP 500.000 555 dólares para asegurar su cupo en el Programa; este monto es incluido del total del programa.
- ⇒ El valor del programa en dólares podrá variar dependiendo el tipo de cambio publicado por la U. de Chile en el momento de facturación. Se considera t/c \$ 900, el valor final se ratificará en el momento de facturación.
- ⇒ En caso de financiamiento personal (Chile y extranjeros), el pago se debe realizar antes del inicio de cada módulo y a través de webpay.
- ⇒ Si es financiado por empresas chilenas: deberán enviar O-C a más tardar el 31 de marzo de 2024. La empresa patrocinadora, deberá hacer llegar la información respectiva de pago (transferencia bancaria, depósito o vale vista).
- ⇒ Antes del 25 de enero de 2025 deberá estar pagado completamente el programa.
- ⇒ En caso de pagar la inscripción y luego desistir de realizar el programa, se podrá solicitar la devolución del valor, pero considerará el descuentos de overhead del 34% por parte de la Universidad de Chile.



Certificado

A la aprobación de todos los requisitos del programa, el estudiante recibirá un Diploma de Postítulo en Geomecánica Aplicada al Diseño Minero, emitido por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Sede

Universidad de Chile
Ingeniería de Minas
Beauchef 850 Santiago Centro
Chile

Contacto

Ingrid Thiele – Verónica Möller
diploma@minas.uchile.cl
Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile

Observaciones

1. Los organizadores se reservan el derecho a cancelar el Diploma, si los inscritos no se ajustan a un número mínimo necesario y/o por motivos de fuerza mayor.
2. Al concluir del Diploma en Geomecánica Aplicada al Diseño Minero. Cada módulo podría convalidar ramos para la continuidad de estudios de Postgrado y de aprobar los cursos obtener el grado académico equivalente al Magíster en Minería.



Anexo

Programa Académico

Diploma

Geomecánica Aplicado al Diseño Minero



CURSO: FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE ROCAS

Profesores: Luis Felipe Orellana

OBJETIVOS

El propósito de este módulo es entregar a los participantes los conocimientos y conceptos fundamentales de la mecánica de rocas, apoyado en actividades de laboratorio y terreno. A través de las clases teóricas y prácticas se espera que al finalizar el curso el alumno será capaz de comprender fundamentos necesarios para el análisis del comportamiento mecánico de rocas y macizos rocosos.

CONTENIDOS

- ⇒ Introducción a Mecánica de Rocas
- ⇒ Esfuerzos In-situ
- ⇒ Tensor de esfuerzos y deformación
- ⇒ Relación esfuerzo – deformación lineal elástico
- ⇒ Comportamiento Macizo Rocoso
- ⇒ Discontinuidades
- ⇒ Criterios de falla en roca y macizos rocosos
- ⇒ Clasificación de Macizos rocosos
- ⇒ Modelo estructural
- ⇒ Fallas geológicas
- ⇒ Modelo geotécnico
- ⇒ Casos de Estudio

TRABAJOS PRÁCTICOS

Ejercicios prácticos aplicados al análisis geotécnico y al cálculo de esfuerzos y deformaciones, a partir del uso de software como RocLab, Dips y Examine.



CURSO: EXCAVACIONES EN ROCA

Profesores: Luis Felipe Orellana – Alejandro Muñoz, María Soledad Celis, ENAEX

OBJETIVOS

El propósito de este módulo es entregar a cada participante los conocimientos, conceptos y prácticas relevantes del proceso de excavación en roca. Además, aprenderán y analizarán los aspectos más relevantes de la excavaciones mecanizada, de la perforación y tronadura y del diseño de soporte y reforzamiento del macizo rocoso.

CONTENIDOS

- ⇒ Estabilización del macizo rocoso
- ⇒ Método convergencia confinamiento
- ⇒ Análisis de estabilidad de cuñas
- ⇒ Introducción a la perforación y tronadura
- ⇒ Fragmentación por tronadura
- ⇒ Tronaduras controladas y criterios de daño
- ⇒ Instrumentación y monitoreo
- ⇒ Casos de estudio

TRABAJOS PRÁCTICOS

Ejercicios prácticos a partir del uso de software de mecánica de rocas como RocLab, Unwedge, RocSupport y RS2, aplicados al diseño de excavaciones.



CURSO: GEOMECÁNICA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA SELECTIVA Y MASIVA

Profesores: Javier Vallejos, Eduardo Rojas

OBJETIVOS

El propósito es entregar a cada estudiante los conocimientos y conceptos fundamentales que sustentan los métodos de explotación subterráneos. Comprenderá los fenómenos físicos que determinan la funcionalidad e interferencias operacionales en los métodos de explotación subterráneos selectivos y masivos, al igual que los conceptos geomecánicos aplicados al diseño minero.

CONTENIDOS

- Aspectos geomecánicos de métodos de explotación subterránea
- Diseño de unidades básicas de explotación
 - Pilares y losas
 - Caserones
 - Secuenciamiento
- Diseño de métodos por hundimiento
 - Proceso de hundimiento
 - Sismicidad inducida
 - Fragmentación de roca y colgaduras
 - Descripción de variantes mineras
 - Abutment stress
- Diseño de infraestructura
- Subsistencia
 - Fenómeno y mecanismos de subsistencia
 - Subsistencia continua y discontinua
 - Métodos de análisis y estimación
 - Interacción rajo-subterránea

TRABAJOS PRÁCTICOS

- ⇒ Ejercicios prácticos relacionados al diseño en minería subterránea, apoyándose en el uso de metodológicas empíricas y software.
- ⇒ Se utilizarán, entre otros, los programas Dips, Cpillar, MineRoc y RS2 para el análisis de estabilidad.

CURSO: GEOMECÁNICA EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

Profesor: David Cuello, Rigoberto Rimmelin, Javier Vallejos

OBJETIVOS

El propósito es que los participantes conozcan y apliquen las herramientas geomecánicas, utilizadas en el diseño en minería a cielo abierto para evaluar la estabilidad de los diseños, los riesgos asociados y las metodologías actuales para el control y monitoreo.

CONTENIDOS

- ⇒ Introducción diseño minería a cielo abierto
- ⇒ Mecanismos de falla e inestabilidad de taludes
- ⇒ Diseño geotécnico
- ⇒ Criterios de Aceptabilidad y análisis de estabilidad
- ⇒ Riesgo geotécnico
- ⇒ Hidrogeología en taludes mineros
- ⇒ Alternativas de control de daño en taludes
- ⇒ Metodologías de monitoreo

TRABAJOS PRÁCTICOS

Ejercicios prácticos y tutoriales con software geotécnicos. Se utilizarán, entre otros, los programas Dips, RS2, Slide, para análisis de estabilidad de taludes mineros.



CURSO: MODELAMIENTO NUMÉRICO EN GEOMECÁNICA

Profesor: Javier Vallejos, Pedro Landeros, Map3D, ITASCA

OBJETIVOS

El objetivo de este módulo es conocer los distintos tipos de métodos numéricos aplicados a problemas de diseño minero superficial y subterráneo. Los participantes entenderán las etapas necesarias para la construcción de un modelo numérico; la identificación y cuantificación de parámetros relevantes a incorporar en la modelación numérica, la importancia de la geometría y la interpretación de los resultados en términos de la aceptabilidad del diseño.

CONTENIDOS

- ⇒ Introducción al modelamiento numérico
- ⇒ Tipos de métodos numéricos en mecánica de rocas
- ⇒ Modelos constitutivos y criterios de falla
- ⇒ Factor de seguridad y resistencia
- ⇒ Modelación numérica de excavaciones subterráneas
- ⇒ Análisis de estabilidad de taludes mediante técnicas numéricas
- ⇒ Aplicaciones a problemas en geomecánica

TRABAJOS PRÁCTICOS

Actividades prácticas donde cada estudiante tendrá la oportunidad de aplicar los conceptos en casos aplicados al modelamiento numérico en geomecánica. Esto se complementará por medio de ejercicios prácticos y tutoriales con software geotécnicos. Se utilizarán, entre otros, los programas RS2, RS3 y FLAC3D.



CURSO: SEMINARIO DE CASOS DE ESTUDIO

Profesor: Javier Vallejos

OBJETIVOS

En este curso, los participantes aplicarán los aspectos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo del Diploma.

Para este fin deberán plantear un caso de estudio, proveniente de su experiencia profesional, el cual deberán estudiar y analizar desde el punto de vista geomecánico acorde a los contenidos del curso.

Al final del módulo se deberán realizar presentaciones de los distintos temas que serán discutidos con cada integrante del programa y profesores.

CONTENIDOS

- ⇒ Desarrollo de casos de estudio
- ⇒ Presentaciones y discusión

TRABAJOS PRÁCTICOS

- ⇒ Los alumnos dispondrán de acceso a las herramientas vistas a lo largo de los módulos para el desarrollo de los casos de estudio propuestos.
- ⇒ Discusión grupal de los casos de estudio propuestos

