

# DIPLOMA DE POSTÍTULO EN INGENIERÍA DEL CAVING

VERSIÓN ON-LINE  
2023 - 2024



Coordinador Académico  
Profesor Fidel Báez

Director académico  
Profesor Raúl Castro

## Introducción

El Departamento Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de Universidad de Chile ofrece a la comunidad minera el **Diploma en Ingeniería del Caving (DIC)**, periodo 2023– 2024, octava generación.

El programa está orientado a profesionales de la industria minera que buscan una profundización y actualización de conocimientos y técnicas para la aplicación efectiva de métodos de explotación subterráneos por hundimiento.

El Diploma en **DIC** busca ser la instancia académica de nivel internacional que encapsule y promueva la discusión y la reflexión del conocimiento de los procesos mineros que identifican a la minería de Caving.

El Diploma se desarrolla en base a:

- ⇒ Cursos avanzados en minería de Caving.
- ⇒ Actividades evaluadas en cada curso.
- ⇒ Un curso final de Proyecto de Diploma, donde se realiza la aplicación de los conceptos del Programa.

## Objetivos

Al término del Programa los y las profesionales serán capaces de discutir, defender, proponer, evaluar, compartir o aceptar juicios críticos respecto de las distintas materias que comprenden la Ingeniería del Caving, destacándose, entre otras, las siguientes competencias específicas:

- ⇒ Entender y distinguir las últimas técnicas de caracterización geológica y geotécnica de zonas de explotación, así como comprender el rol de las técnicas de acondicionamiento en el macizo.
- ⇒ Conocer y aplicar los fundamentos geomecánicos que sustentan el Caving.
- ⇒ Identificar los principales riesgos geomecánicos y como éstos pueden ser modelados, mitigados y manejados de manera eficaz.
- ⇒ Comprender los fundamentos del diseño de niveles de producción, hundimiento, ventilación y sistema de manejo de materiales.
- ⇒ Distinguir y aplicar las principales metodologías y herramientas de la planificación minera subterránea.
- ⇒ Identificar y proponer soluciones para problemas técnico/económicos que pondrían en riesgo un proyecto de caving tales como recursos humanos, manejo de materiales y logística entre otros.



## Organización del Programa

Curso	Módulo	Temas	Docencia [h]	E+A [h]
1	Introducción	Introducción	6	3
2	Caracterización Geotécnica y Preacondicionamiento	Caracterización geotécnica	12	7
		Preacondicionamiento del macizo rocoso		
3	Fundamentos Geomecánicos	Fundamentos geomecánicos	12	8
		Geomecánica aplicada en entornos de alto y bajo esfuerzo		
		Casos de estudio		
4	Diseño Minero	Niveles principales en minas de BC y Flujo gravitacional	12	8
		Análisis de riesgos		
5	Tronadura y Excavaciones en Roca	Excavación usando explosivos	12	7
		Tronadura de desarrollos y producción		
6	Ventilación	Principios de la ventilación de minas y Prevención de incendios	12	7
		Aplicación de principios a minería de caving		
7	Planificación Minera	Planificación del BC	12	7
		Aspectos estratégicos		
		Aspectos generales y optimizantes		
8	Taller de Sustentabilidad	Aspectos Generales	2	3
	Análisis de Proyectos del Caving	Análisis de casos de estudio	4	
9	Proyecto Final	Presentación de proyecto	6	-
<b>Total horas</b>			<b>90</b>	<b>50 (+40)</b>



El programa contempla un total de 180 horas



- ⇒ Tiempo de enseñanza total : 90 h.
- ⇒ Proyecto : 40 h.
- ⇒ Estudio personal + actividades : 50 h.
- ⇒ **Tiempo total : 180 h.**

- ⇒ Ocho cursos intensivos de dos semanas de duración por mes (martes, miércoles y jueves), en temas formativos y de actualización de conocimiento.
- ⇒ Una sesión final donde se realizan las presentaciones finales que culmina con un proyecto individual.
- ⇒ Dedicación personal entre los cursos, donde se desarrollan las evaluaciones de cada curso. El trabajo individual que debe materializarse en una entrega final en el último curso del Programa.
- ⇒ Se requiere que las y los estudiantes tengan 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 se debe agregar el estudio personal de las y los estudiantes, en períodos de receso del programa, orientado a preparar cada curso.



## Calendario

	Módulo	Profesores	Días	Mes
1	Introducción	Raúl Castro Fidel Báez	27, 28, 29	junio
2	Caracterización Geotécnica y Preacondicionamiento	Sofía Rebolledo	18, 19, 20	julio
		Andrés Brzovic	25, 26, 27	
3	Fundamentos geomecánicos y aplicación	Andrés Brzovic	22, 23, 24	agosto
		Javier Vallejos	29, 30	
		David Cuello	31	
4	Diseño Minero	Raúl Castro	3, 4, 5	octubre
		Javier Ruiz del Solar	10, 11, 12	
5	Tronadura y Excavación en Roca	Luis Felipe Orellana	7, 8, 9	noviembre
		Danko Morales	14, 15, 16	
6	Ventilación de Minas	Sergio Valencia	5, 6, 7	diciembre
			12, 13, 14	
7	Planificación Minera	Alfonso Ovalle	16, 17, 18	Enero
			23, 24, 25	
8	Análisis de proyectos de BC	Gustavo Reyes	19, 20, 21	Marzo, 2024
9	Taller de Sustentabilidad Estudio de Caso, presentaciones finales	Andreina García	26	Marzo, 2024
		Raúl Castro Fidel Báez	27, 28	



## Profesores del programa

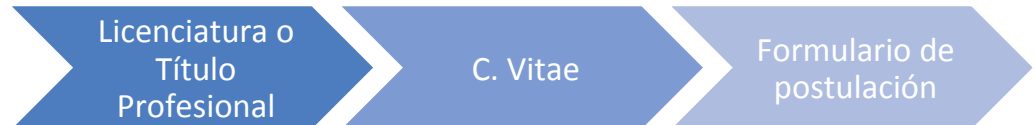
Profesor (a)	Grado académico	Institución actual
Andrés Brzovic	Geólogo, PhD	Golder (Senior Geotechnical Specialist)
Raúl Castro	Ingeniero de Minas, PhD	Universidad de Chile
David Cuello	Ingeniero de Minas, MSc	Consultor
Andreina García	PhD en Química	Universidad de Chile
Danko Morales	Ingeniero de Minas	ENAEX (Gerente Minería Subterránea)
Gustavo Reyes	Ingeniero de Minas	Codelco (Director Ejecutivo de Excelencia Técnica)
Luis Felipe Orellana	Ingeniero de Minas, PhD	Universidad de Chile
Alfonso Ovalle	Ingeniero de Minas	AMEC (Principal Ingeniero de Minas)
Sofía Rebolledo	Geóloga, MSc	Universidad de Chile
Sergio Valencia	Ingeniero de Minas	Codelco, Chuquicamata (Jefe de Ventilación)
Javier Ruiz del Solar	Ingeniero Eléctrico, PhD	Universidad de Chile
Javier Vallejos	Ingeniero de Minas, PhD	Universidad de Chile



## Requisito de admisión y postulación

El proceso de postulación está abierto y el plazo vence el **17 de abril de 2023**.  
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 Licenciatura 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 Licenciatura en la Universidad de Chile. Este deberá acreditarse mediante fotocopia notarial del certificado correspondiente.
- ⇒ Enviar currículum vitae resumido.
- ⇒ Formulario de postulación: <https://forms.gle/UGm4gnVE2ZdRgGdf9>

Cada postulación será resuelta por los Directores Académicos del Programa quienes decidirán la aceptación o rechazo a su admisión, según los antecedentes presentados.

## Formato de Clases

Online - Plataforma ZOOM

Para cursar el **Diploma de Postítulo en Ingeniería del caving** se considera que cada estudiante dedique exclusividad a los horarios de clases, para así desarrollar un buen rendimiento y aprendizaje en cada módulo. 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 módulo y la coordinación académica del programa. No podrá ser justificación su turno de trabajo por las inasistencias o no rendir las evaluaciones.



## Horario

Las clases se realizan entre las 18:00 y 20:00 horas (Chile).  
Días martes, miércoles y jueves  
2 semanas al mes.

## Evaluaciones

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

- ⇒ Son de carácter obligatorio.
- ⇒ Evaluaciones con fecha posterior al término de cada curso.
- ⇒ La nota mínima de aprobación es 4.0; escala de 1.0 a 7.0.
- ⇒ Cada curso deberá contar con 85% de asistencia mínima.

## Valores y Forma de Pago

El programa tiene un costo total de \$ 4.290.000 - US\$ 4.770.

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

- ⇒ Todo/a postulante al ser aceptado/a deberá cancelar una inscripción de **CLP 500.000 o 550 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 del pago.
- ⇒ En caso de financiamiento personal (Chile y extranjeros):
  - El pago se realiza antes del inicio de cada módulo.
- ⇒ Si es financiado por empresas chilenas: deberán enviar O-C a más tardar el 25 de mayo. Además, la empresa patrocinadora deberá hacer llegar la información de pago ya sea transferencia bancaria, depósito o vale vista.
- ⇒ La forma de pago para Chile es transferencia electrónica o Webpay.
- ⇒ El programa deberá estar pagado completamente a más tardar el 25 de enero de 2024.





## Certificado

A la aprobación de todos los requisitos del Programa, el/la estudiante recibirá un **Diploma en Ingeniería del Caving (DIC)**, emitido por el Departamento Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile.

## Sede

Departamento Ingeniería de Minas  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Chile  
Beauchef 850 – Santiago de Chile  
Ingrid Thiele - Verónica Möller  
[diploma@minas.uchile.cl](mailto:diploma@minas.uchile.cl) - [www.minas.uchile.cl](http://www.minas.uchile.cl)

## Sede

Verónica Möller - Ingrid Thiele  
[diploma@minas.uchile.cl](mailto:diploma@minas.uchile.cl)  
[www.minas.uchile.cl](http://www.minas.uchile.cl)

Nota:

los organizadores se reservan el derecho a cancelar el Diploma, si los/as inscritos/as no se ajustan a un número mínimo necesario y/o por motivos de fuerza mayor.

Ante la eventualidad del retiro de algún docente, los organizadores se comprometen a encontrar un reemplazante adecuado.



# PROGRAMA DEL DIPLOMA INGENIERÍA DEL CAVING

2023 - 2024



## Tema 1: INTRODUCCIÓN A MINERÍA DE CAVING

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Comprender y aplicar los conceptos que sustentan la selección de métodos de explotación subterráneos.
- ⇒ Entender y aplicar las variables y parámetros claves para el diseño de block/panel y Sublevel caving.
- ⇒ Aplicar y comprender los conceptos que sustentan la selección de variantes de explotación por caving.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: Introducción	Métodos de explotación subterráneos	1	0.25	Lecturas Tendencias tecnológicas
	Variantes / Clasificación del método de explotación por hundimiento	1	0.25	
	Parámetros que definen el diseño minero	1	0.25	
	Operaciones	1	0.25	
	Factores de riesgo	1	0.25	
	VARIABLES CLAVE	1	0.25	
<b>Total [h]</b>		<b>6</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>

### Tema 2:



# CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PREACONDICIONAMIENTO

## Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Conocer y aplicar los conceptos que permiten caracterizar al macizo rocoso.
- ⇒ Comprender el rol de las discontinuidades y su representación.

## Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Caracterización geotécnica</b>	Definiciones geotécnicas	0.5	0.15	Estimación parámetros Criterio falla Hoek Brown
	Información básica para un proyecto (Muestras, topografía, geología and hidrogeología)	1	0.25	
	Clasificación y descripción de discontinuidades	1	0.25	
	Análisis y representación de discontinuidades	1	0.25	
	Clasificación del macizo rocoso	1	0.25	
	Propiedades mecánicas de la roca/ macizo rocoso	1	0.25	
	Esfuerzos in-situ	0.5	0.15	
Módulo 2: <b>Preacondicionamiento del macizo rocoso</b>	Marco conceptual y fundamentos técnicos del Preacondicionamiento.	1	0.25	Impacto del PA en la calidad del macizo rocoso (teórico – práctico)
	Técnicas para implementación del Preacondicionamiento	0.5	0.15	
	Fracturamiento hidráulico	0.5	0.15	
	Debilitamiento Dinámico con Explosivos	0.5	0.15	
	Técnicas mixtas de preacondicionamiento	0.5	0.15	
	Generación de Línea Base y Fase Experimental	1	0.2	
	Monitoreo y control de la fragmentación	1	0.2	
Casos de estudio	1	0.2		
<b>Total [h]</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

## Tema 3:

# FUNDAMENTOS GEOMECÁNICOS

## Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Asimilar y aplicar los conceptos de esfuerzos inducidos, fortificación y mecanismos del caving.
- ⇒ Entender los principales peligros geomecánicos en condiciones de altos esfuerzos.
- ⇒ Comprender y aplicar los principales peligros en condiciones de bajos esfuerzos.

## Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Fundamentos geomecánicos</b>	Esfuerzo y deformación en roca	0.5	0.15	Modelamiento numérico para determinar esfuerzos y deformaciones entorno a excavaciones
	Esfuerzos inducidos entorno a excavaciones	1	0.25	
	Estabilización del macizo rocoso	1	0.25	
	Sismicidad inducida	0.5	0.15	
	Mecánica del caving	1	0.25	
	Ejercicios	0.5	0.15	
Módulo 2: <b>Geomecánica aplicada en entornos de alto y bajo esfuerzo</b>	Condiciones y peligros geomecánicos	1	0.25	
	Preacondicionamiento aplicado	1	0.25	
	Excavaciones en condiciones de altos esfuerzos	1	0.25	
	Excavaciones en condiciones de bajos esfuerzos	1	0.25	
	Sismicidad observada en condiciones de altos esfuerzos	0.5	0.15	
	Fortificación	0.5	0.15	
Monitoreo	0.5	0.15		
Módulo 3: <b>Casos de estudio</b>	Casos de estudio	2	0.35	
<b>Total [h]</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>5</b>



## Tema 4: DISEÑO MINERO

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Conocer y comprender las variables y parámetros claves para el diseño del nivel de producción en block/panel y Sublevel caving.
- ⇒ Comprender los peligros de seguridad, productividad y costos asociados al diseño del nivel
- ⇒ Conocer y comprender los fundamentos que sustentan el diseño del nivel de hundimiento
- ⇒ Comprender y aplicar la relación entre el diseño y la capacidad productiva.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Niveles principales en minas de BC y Flujo gravitacional</b>	Principios del flujo gravitacional	1	0.25	Modelamiento de capacidad productiva mediante eventos discretos
	Fragmentación primaria y secundaria	1	0.25	
	Diseño de niveles de extracción	1	0.25	
	Diseño de bateas	1	0.25	
	Diseño de nivel de hundimiento	1	0.25	
	Sistemas de extracción por LHD y automatización	1	0.25	
	Sistemas de manejo de materiales y simulaciones	1	0.25	
Planes de producción y simulaciones	1	0.25		
Módulo 2: <b>Análisis de riesgo</b>	Recuperación minera y dilución	1	0.2	
	Bombeos	0.5	0.15	
	Colgaduras	0.5	0.15	
	Estabilidad	0.5	0.15	
	Indicadores de extracción	0.5	0.15	
	Cuantificación de peligros	1	0.2	
<b>Horas totales</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>5</b>



## Tema 5: EXCAVACIONES EN ROCA

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Conocer y comprender los tipos de contrato de obras para el desarrollo mina
- ⇒ Conocer y aplicar la importancia que tiene la tronadura y su influencia en su entorno físico
- ⇒ Estarán capacitados para evaluar en terreno, la efectividad de las prácticas de perforación y tronadura en la construcción de labores subterráneas.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Excavación usando explosivos</b>	Explosivos y sistemas de iniciación	1	0.25	Diseño de tronadura y Estimación de daño entorno a excavaciones
	Interacción explosivo-roca	1	0.25	
	Obras de preparación	1	0.25	
	Monitoreo y análisis de velocidad de detonación	1	0.25	
	Medición y análisis de vibraciones inducidas por voladura	1	0.25	
Módulo 2: <b>Tronadura de desarrollos y producción en minería de caving</b>	Desarrollos horizontales y verticales	2	0.5	
	Características del ciclo típico de construcción	1	0.25	
	Condiciones de éxito en el desarrollo de túneles	1	0.25	
	Tronadura de socavación	1	0.25	
	Tronadura de zanjas y calles	1	0.25	
	Casos de estudio	1	0.25	
<b>Horas totales</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>



## Tema 6: VENTILACIÓN DE MINAS

### Objetivos

Al término del curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Conocer y comprender los conceptos fundamentales del diseño de sistemas de ventilación en minería subterránea.
- ⇒ Aplicar los aspectos específicos a considerar para minería de caving.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Principios de ventilación de minas y Prevención de incendios</b>	Requerimientos de aire	1	0.25	Cálculo de requerimientos de aire y Simulación de circuito de ventilación (ejercicio)
	Resistencia y caída de presión	2	0.5	
	Ventiladores	1	0.25	
	Técnicas y métodos de estudios de ventilación	1	0.25	
	Modelamiento de incendios	1	0.25	
	Ejemplos de aplicación	1	0.25	
Módulo 2: <b>Principios de ventilación aplicados</b>	Ejemplos de sistemas de ventilación de minería por hundimiento	2	0.5	
	Control de contaminantes en minería por hundimiento	1	0.25	
	Monitoreo y control de la ventilación	1	0.25	
	Ventilación on-demand	1	0.25	
<b>Total [h]</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	<b>4</b>





## Tema 7: PLANIFICACIÓN MINERA

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Conocer los aspectos de control producción necesarios para la planificación y programación de la producción
- ⇒ Conocer los fundamentos de confiabilidad aplicado a la planificación de producción que identifique las características de los métodos de explotación por hundimiento en restricciones a incorporar en los planes mineros para los diferentes horizontes de planificación.
- ⇒ Aplicar diferentes técnicas de programación de la producción y preparación minera de modo de incentivar los factores de renta del negocio minero sujeto a las restricciones impuestas por los métodos de explotación.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades
Módulo 1: <b>Planificación del BC</b>	Selección del método y variante	1	0.25	Planificación de la producción (software)
	Selección de niveles a explotar	1	0.25	
	Determinación de recursos	1	0.25	
	Ritmo de producción	1	0.25	
	Programa de hundimiento	1	0.25	
	Programa de producción y costos	1	0.25	
Módulo 2: <b>Aspectos estratégicos</b>	Consideraciones para el diseño de niveles, Infraestructura	1	0.25	
	Programa de desarrollo y costos	1	0.25	
	Equipos y personal	0.5	0.15	
	Evaluación económica y Riesgos	0.5	0.15	
Módulo 3: <b>Aspectos generales y optimizantes</b>	Aspectos estratégicos generales	1	0.25	
	Agregación de valor	1	0.25	
	Estudios trade-off	1	0.2	



Total [h]	12	3	4
-----------	----	---	---

## TEMA 8: ANÁLISIS DE PROYECTOS DE CAVING

### Objetivos

Al finalizar el curso los participantes serán capaces de:

- ⇒ Entender las bases que sustentan la planificación estratégica y ejecución efectiva de proyectos de caving.

### Detalles

Módulo	Contenidos	Docencia [h]	Estudio [h]	Actividades [h]
Módulo 1: Análisis de casos de estudio	Factores de éxito	1	0.25	Benchmark
	Riesgos involucrados	2	0.25	
	Herramientas y técnicas para el control de riesgos	1	0.25	
	Casos de estudio	2	0.25	
Total [h]		6	1	2



## Tema 9: PROYECTO FINAL

### Objetivos

El objetivo del curso de proyecto es permitir que el alumno aplique los conocimientos y técnicas adquiridas en el transcurso del Diploma, mediante la realización de un proyecto a su elección, en un tema relativo a la Ingeniería del Caving.

### Detalles

El proyecto de Diploma debe cumplir con lo siguiente:

- ⇒ Debe poseer un alcance tal que permita recopilación de información, análisis y desarrollo del trabajo dentro de los plazos establecidos.
- ⇒ Contemple un área de desarrollo en el marco de la Ingeniería de Block/Sublevel
- ⇒ Caving, referidos a los contenidos del Diploma.
- ⇒ Utilice las herramientas entregadas en el Diploma del Caving.
- ⇒ Sea relevante a la realidad productiva.



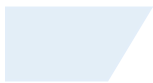
# DIPLOMA EN INGENIERÍA DEL CAVING

VERSIÓN ON-LINE

2023 - 2024

Director académico





Profesor Raúl Castro

