



ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA ESPECIALIDAD
EXPLORACIÓN MINERA

CONTENIDO

Introducción	3
Presentación	4
PLAN DE ESTUDIO GENERAL DE LA ESPECIALIDAD DE EXPLOTACIÓN MINERA	5
Parte 1: Infraestructura, equipamiento, herramientas y documentos	6
Todos los módulos	6
Detección de necesidades para todos los módulos	6
Módulo 1: Lectura de planos de ubicación y de tronadura	9
a) Programa Módulo 1	9
b) Detección de necesidades	9
Módulo 2: Fortificación de minas subterráneas y a cielo abierto	11
a) Programa Módulo 2	11
b) Detección de necesidades	11
Módulo 3: Perforación y tronadura en faenas mineras	13
a) Programa Módulo 3	13
b) Detección de necesidades	13
Módulo 4: Marco legal y seguridad en plantas de explotación minera	15
a) Programa Módulo 4	15
b) Detección de necesidades	15
Módulo 5: Ventilación secundaria y drenaje de minas	17
a) Programa Módulo 5	17
b) Detección de necesidades	17
Módulo 6: Muestreo en explotaciones mineras	19
a) Programa Módulo 6	19
b) Detección de necesidades	19
Módulo 7: Cubicación, carguío y transporte	21
a) Programa Módulo 7	21
b) Detección de necesidades	21
Módulo 8: Chancado primario de minerales	23
a) Programa Módulo 8	23
b) Detección de necesidades	23
Anexos	24

INTRODUCCIÓN

El Centro de Desarrollo para la Educación Media (CEDEM) es una iniciativa de la Dirección de Relaciones con la Educación Media, perteneciente a la Vicerrectoría del Estudiante del Instituto Profesional y Centro de Formación Técnica INACAP. Este tiene como propósito potenciar los vínculos de la institución con los establecimientos educacionales del país. Como parte de nuestra misión, buscamos ampliar las posibilidades de trayectorias educativas exitosas en los alumnos de enseñanza media, contribuyendo en la mejora de sus procesos formativos, a través de acciones orientadas a lograr un adecuado desarrollo personal.

Para lograr dicho objetivo hemos desarrollado una serie de actividades centradas en la formación y actualización continua de estudiantes y profesionales de la educación, asegurando impacto nacional con acciones pertinentes a la realidad local y estableciendo vínculos estratégicos con agentes claves de la comunidad educativa.

El documento presentado a continuación es parte de los esfuerzos realizados para contribuir con la labor formativa y, con ello, al aprendizaje de los estudiantes. Para su elaboración, hemos trabajado con un equipo multidisciplinario de especialistas, pedagogos y profesionales que han velado por la calidad del material distribuido, atendiendo las diversas necesidades y desafíos que surgen en el contexto educativo.

Gonzalo Toledo Larios

Director de Relaciones con la Educación Media

Mario Ruiz Castro

Subdirector Centro de desarrollo Para la Educación Media

Claudia Mancilla Matus de la Parra

Asesora de proyectos Centro de Desarrollo para la Educación Media

PRESENTACIÓN

En este informe se describen los resultados del análisis realizado sobre el plan de estudio de la especialidad de Explotación Minera y las condiciones mínimas necesarias para que este plan pueda ser habilitado en un establecimiento educacional de enseñanza media.

En primer lugar, se presenta de forma resumida el plan de estudio de la especialidad y la distribución de horas de cada módulo. Luego, se enumeran y describen las condiciones mínimas que el establecimiento debe cumplir para impartir adecuadamente la especialidad. Estas se han detectado, analizado y definido desde cuatro perspectivas: la infraestructura con la que debe contar el establecimiento para suplir un espacio propicio para el aprendizaje; el equipamiento esencial para que los estudiantes se familiaricen con los métodos y técnicas comunes en la disciplina; las herramientas que el estudiante debe conocer y utilizar a lo largo de plan de estudios y las normativas, regulaciones y documentos propios de la especialidad. Además, se incluye una tabla con los costos aproximados y estimados de la habilitación del plan bajo estas perspectivas. Para esto, se consideró como base hipotética la con-formación de un curso de 30 estudiantes y los precios de los artículos disponibles en el mercado.¹

Cabe señalar que el análisis de la infraestructura, el equipamiento, las herramientas y los documentos, se realiza por cada módulo de la especialidad (actualmente disponible para articular en INACAP), dejando fuera el módulo transversal a todas las especialidades correspondiente a “Emprendimiento y empleabilidad”. Sin perjuicio de lo anterior, se incluye en la parte inicial del análisis, pero aplicado de manera general a todos los módulos. Esto se justifica en el hecho de que todos los módulos tienen requisitos genéricos que deben cumplirse para la adecuada habilitación de cada uno.

Finalmente, es importante mencionar que el diseño de este documento consideró tanto el Reglamento de los Recursos de Aprendizaje utilizados en la Educación Técnico Profesional, establecidos en el Decreto N°240, además de los estándares de calidad fijados por especialistas del área. Esto obedece al fin de potenciar la formación de los estudiantes y considerar las necesidades y desafíos actuales que enfrenta la formación técnica de nivel medio en nuestro país.

Nota: Este informe hablará de estudiantes y docentes indistintamente para referirse a personas de género masculino y femenino. Se omite la distinción de género para salvaguardar el principio de economía del lenguaje, con el objetivo de facilitar la redacción y lectura del texto. Esto implica que, en los casos que ameritan, se ha utilizado el género masculino como genérico, representando a hombres y mujeres por igual, tal como lo permite la lengua española.

¹ El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

Plan de estudio general de la especialidad de Explotación Minera

Nombre del módulo	Tercero medio	Cuarto medio
	Duración (horas)	Duración (horas)
Lectura de planos de ubicación y de tronadura	152	
Fortificación de minas subterráneas y a cielo abierto	228	
Perforación y tronadura en faenas mineras	228	
Marco legal y seguridad en plantas de explotación minera	228	
Ventilación secundaria y drenaje de minas		152
Muestreo en explotaciones mineras		228
Cubicación, carguío y transporte		152
Chancado primario de minerales		228
Emprendimiento y empleabilidad		76
Total	836	836

PARTE 1

Infraestructura, equipamiento, herramientas y documentos

En este apartado se presentan los requerimientos de infraestructura, equipamiento y herramientas necesarios para habilitar la especialidad de Explotación Minera en un establecimiento educacional. Antes de presentar los requerimientos por cada módulo del programa, se indicarán las necesidades detectadas para la implementación general de la especialidad. Estos requerimientos aplican a todos los módulos que se detallan posteriormente.

Todos los módulos

Para la adecuada implementación de la especialidad, el establecimiento debe contar con el espacio suficiente para habilitar un salón de clases que permita a los estudiantes adquirir los contenidos teóricos de la misma. De este modo, y considerando los requisitos básicos actuales de estos espacios se espera que puedan contar con lo siguiente:

- Silla estándar para cada uno de los estudiantes
- Escritorio estándar para cada uno de los estudiantes
- Una silla para el docente
- Un escritorio amplio para el docente
- Un proyector y equipo de audio para proyección audiovisual
- Un pizarrón (convenientemente blanco para proyectar; de lo contrario, considerar además un telón que permita cumplir con esta función)
- Conexión a internet estable y permanente.

Por otra parte, con el fin de resolver los aprendizajes técnicos/prácticos de los estudiantes, es necesario que la sala de clases cuente con las mesas y sillas no ancladas al piso, de tal forma que sean reordenadas para el desarrollo de actividades prácticas, lo cual implicará que en el mismo espacio se puedan generar distintas actividades.

Para esta especialidad no se vuelve necesario el uso de un taller o laboratorio ya que el desarrollo de los módulos se puede llevar a cabo en la sala de clase tradicional con el equipamiento y herramientas adecuadas. Así mismo, las actividades en terreno son de gran apoyo para que los estudiantes puedan cumplir con los aprendizajes esperados.

a) Detección de necesidades para todos los módulos

I. Infraestructura

En cuanto a la infraestructura requerida de manera transversal para la implementación de esta especialidad, básicamente se debe contar con el espacio de sala de clases habilitado con las características descritas en el apartado previo.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento requerido de manera transversal para la implementación de esta especialidad, se requieren computadores para estudiantes y docentes. Los computadores requeridos deben tener características de uso profesional básico, atendiendo lo siguiente:

- Procesador I3 o equivalente
- Memoria Ram 6 Gb o superior
- Disco Duro de 1 Tb o superior

Se asume valorización como un todo en relación con instalaciones, cables de conexión, puntos de red, materiales en general.

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas requeridas de manera transversal para la implementación de esta especialidad, se requieren los siguientes artículos:

- Microsoft Windows 10 home con su respectiva licencia, descargable desde:
<https://www.microsoft.com/es-es/software-download/windows10>
- LibreOffice o superior, descargable desde:
<https://www.softzone.es/noticias/open-source/libreoffice-71/>
- Casco de seguridad (Figura 1. Ver anexos.)
- Protector auditivo (Figura 2. Ver Anexos.)
- Zapatos de seguridad (Figura 3. Ver Anexos.)
- Botas de seguridad (Figura 4. Ver Anexos.)
- Protector respiratorio (Figura 5. Ver Anexos.)
- Guantes de cuero (Figura 6. Ver Anexos.)
- Lámpara minera (Figura 7. Ver Anexos.)
- Protector visual (lentes) (Figura 8. Ver Anexos.)
- Overol (Figura 9. Ver Anexos.)
- Traje impermeable (Figura 10. Ver Anexos.)
- Escalímetro (Figura 11. Ver Anexos)

Se presume que Microsoft Windows 10 home ha sido instalado con anterioridad, por lo que no se requiere la contratación de licencias adicionales. También se puede asumir el uso de Microsoft Office según los requerimientos asociados a cada módulo.

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos requeridos de manera transversal para la implementación de esta especialidad, se requieren los siguientes artículos:

- Guía N° 4 de "Perforación y tronadura", descargable desde:
<https://www.sernageomin.cl/wpcontent/uploads/2018/10/G4PerforacionTronaduras.pdf>
- Guía N° 5 de operación "Fortificación y Acuñadura", descargable desde:
<http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/mineria/G5FortificacionAcunadura.pdf>
- DS 132/2004 "Reglamento de Seguridad Minera", descargable desde:
<https://www.minmineria.cl/decretos-y-reglamentos-ministeriales/decreto-n%C2%B0132/>
- Ley 16.744 "Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales", descargable desde: <https://www.isl.gob.cl/wp-content/uploads/Ley-16744-2019-WEB.pdf>

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Herramienta	Microsoft Windows 10	\$0	30	\$0
Herramienta	LibreOffice 7	\$0	30	\$0
Herramienta	Casco de seguridad	\$ 9.590	30	\$ 287.700
Herramienta	Protector auditivo	\$ 9.237	30	\$ 277.110
Herramienta	Zapatos de seguridad	\$ 33.990	30	\$ 1.019.700
Herramienta	Botas de seguridad	\$ 15.990	30	\$ 479.700
Herramienta	Protector respiratorio	\$ 14.990	30	\$ 449.700
Herramienta	Guantes de cuero	\$ 2.706	30	\$ 81.180
Herramienta	Lámpara minera	104.990	30	3.149.700
Herramienta	Protector visual (lentes)	\$ 3.190	30	\$ 95.700
Herramienta	Overol	\$ 8.490	30	\$ 254.700
Herramienta	Traje impermeable	\$ 10.990	30	\$ 329.700
Herramienta	Escalímetro 30 cm	\$ 1.720	30	\$ 51.600
Normativa, regulaciones y documentos	Guía N° 4 de "Perforación y Tronadura"	\$0		\$0
Normativa, regulaciones y documentos	Guía N° 5 de Operación "Fortificación y Acuñaadura"	\$0	30	\$0
Normativa, regulaciones y documentos	DS 132/2004 "Reglamento de Seguridad Minera"	\$0	30	\$0
Normativa, regulaciones y documentos	Ley 16.744 "Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales"	\$0	30	\$0
Costo total de la implementación (todos los módulos):				\$ 6.476.490 ²
Costo total de la implementación de la especialidad de Explotación Minera				28.080.354 ³

² El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

³ Valor aproximado de la especialidad de Metalurgia Extractiva (ver el desglose de valores en los módulos correspondientes)

*En adelante "Equipo computacional": Computadores para estudiantes, computador para docente, conexión a internet, soporte para proyector y proyector.

**En adelante EPP: Elementos de protección personal, que están referidos a casco de seguridad, protector auditivo, zapatos de seguridad, botas de seguridad, protector respiratorio, guantes de cuero, protector visual, overol, traje impermeable.

MÓDULO 1

Lectura de planos de ubicación y de tronadura

a) Programa Módulo 1

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
1. Lectura de planos de ubicación y de tronadura	OA 1: Leer y utilizar planos y mapas de ubicación de estructura de minas, de labores mineras, de tronaduras, e interpretar la simbología asociada a instrucciones técnicas y de seguridad.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lee símbolos que se emplean en planos y mapas mineros para interpretarlos correctamente, de acuerdo a la simbología gráfica transversal. 2. Mide distancias en planos y mapas en forma prolija, utilizando los instrumentos apropiados. 3. Lee planos y mapas para determinar coordenadas geográficas, inclinaciones y medidas de seguridad existentes en estos. 4. Utiliza planos y mapas en terreno para realizar trazados de estructura de labores mineras, de perforación y de tronaduras.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección “Todos los módulos” como, por ejemplo, el equipo computacional. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Brújula Brunton (Figura 12. Ver anexos.)
- Nivel de ingeniero (Figura 13. Ver anexos.)
- Taquímetro (Figura 14. Ver anexos.)
- Estación total (Figura 15. Ver anexos.)

El empleo de estos instrumentos topográficos permitirá a los estudiantes reforzar conceptos geométricos teóricos y llevarlos a la realidad, especialmente en lo referente a orientaciones y cotas de puntos, estructuras o fundaciones de obras civiles.

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección “Todos los módulos”, como, por ejemplo, escalímetro. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Software AutoCAD (descargable desde latinoamerica.autodesk.com)

Se sugiere familiarizar a los estudiantes en el uso de diferentes escalas: su uso, sus transformaciones e interpretaciones a partir de información contenida en un plano, carta geográfica, plano topográfico u otro similar.

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo, utilizaremos: Guía N° 4 “Perforación y Tronadura”, Guía N° 5 “Fortificación y Acuñaadura” y DS 132/2004 “Reglamento de Seguridad Minera”.

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Equipamiento	Brújula Brunton	\$ 22.990	10	\$ 229.900
Equipamiento	Nivel de Ingeniero Topcon ATB4A	\$ 219.000	5	\$ 1.095.000
Equipamiento	Taquímetro TAPSUS EV-DT2	\$ 519.990	2	\$ 1.039.980
Equipamiento	Estación Total TAPSUS MTS-1002R	\$ 2.189.990	1	\$ 2.189.990
Herramientas	Autocad 2022 (1 año)	\$ 42.192	30	\$ 1.265.760
Costo total de la implementación Módulo 1:				\$5.820.630 ⁴

VI. Sugerencias

Para este módulo se sugiere el uso de instrumental topográfico, ya que este permite la determinación de coordenadas, cotas, distancias, orientaciones, desniveles y ángulos, así como su replanteo. Mientras, el uso del software se asocia al trabajo de terreno, determinación o replanteo, a la interpretación gráfica de la geometría obtenida.

En cuanto al uso del escalímetro en la interpretación física de planos, este permite inferir, medir, interpretar y planificar, entre otros, la conexión de estructuras, caminos, galerías y, en general, labores mineras y estructuras geológicas.

De manera adicional, resulta importante destacar que la minería actual requiere explotaciones racionales desde el punto de vista de la metodología, es decir, a partir de un método de explotación. Por lo tanto, es recomendable que los estudiantes se familiaricen con métodos que impliquen mejores condiciones de seguridad, mayor vida útil de los yacimientos y mejor uso de las condiciones medioambientales.

⁴El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

MÓDULO 2

Fortificación de minas subterráneas y a cielo abierto

a) Programa Módulo 2

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
2. Fortificación de minas subterráneas y a cielo abierto	OA 2: Instalar y realizar mantenimiento a elementos de fortificación en minas subterráneas y a cielo abierto, empleando equipos y herramientas, aplicando técnicas y procedimientos relacionados con las estructuras geológicas y métodos de explotación, de acuerdo al proyecto minero.	1. Revisa en forma prolija la existencia de rocas susceptibles de caer desde labores mineras a cielo abierto y subterráneo, realizando acuñadura y preparando el área donde se realizará la fortificación o su reparación.
		2. Fortifica la labor minera y traslada equipos y materiales a una nueva ubicación previniendo situaciones de riesgo.
		3. Inspecciona prolijamente el estado de la fortificación, reparando los elementos dañados instalados en la labor minera y trasladando los equipos y materiales a una nueva ubicación.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo se requiere contar con la sala de clases habilitada. En esta oportunidad, dentro de la sala de clases se realizarán simulaciones para que los estudiantes puedan adquirir los contenidos considerados en el módulo.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos" como, por ejemplo, el equipo computacional. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Maqueta de simulación de planchones y rocas sueltas (este elemento no contiene figura ya que son maquetas que construyen los alumnos; no existe un modelo universal)
- Maqueta de simulación de sistema de fortificación (este elemento no contiene figura ya que son maquetas que construyen los alumnos; no existe un modelo universal)

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, elementos de protección personal.

De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Juego de barretillas de acuñadura (Figura 16. Ver Anexos.)
- Juego bit de perforación para pernos autoperforantes (Figura 17. Ver Anexos.)
- Pernos autoperforantes (Figura 18. Ver Anexos.)
- Planchuelas para pernos de anclaje (Figura 19. Ver Anexos.)
- Tuercas para pernos autoperforantes (Figura 20. Ver Anexos.)
- Pernos para sistema de anclaje Split set (Figura 21. Ver Anexos.)
- Planchuelas de anclaje Split set (Figura 22. Ver Anexos.)

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo, utilizaremos: “Guía N° 5 de Fortificación y Acuñadura”, así como el DS 132/2004 “Reglamento de Seguridad Minera”, documentación de libre disposición.

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Equipamiento	Maqueta de simulación de planchones y rocas sueltas	-	1	-
Equipamiento	Maqueta de simulación de sistema de fortificación	-	1	-
Herramientas	Juego Barretillas de acuñadura (3 unidades)	\$ 379.990	1	\$ 379.990
Herramientas	Juego bit de perforación para pernos autoperforantes	\$ 26.370	1	\$ 26.370
Herramientas	Pernos autoperforantes	\$ 10.466	5	\$ 52.330
Herramientas	Planchuelas para pernos de anclaje	\$ 690	5	\$ 3.450
Herramientas	Tuercas para pernos autoperforantes	\$ 2.760	5	\$ 13.800
Herramientas	Pernos para sistema de anclaje Split set.	\$ 3.191	5	\$ 15.955
Herramientas	Planchuelas de anclaje Split set	\$ 2.900	5	\$ 14.500
Costo total de la implementación Módulo 2:				\$ 506.395 ⁵

VI. Sugerencias

Para este módulo se han incluido como equipo de tipo interactivo no valorizado dos maquetas: una de simulación de planchones y rocas sueltas y otra de simulación de sistema de fortificación. Esto permite que los estudiantes puedan contar con evidencia empírica sobre el uso de pernos y anclaje, utilizando recursos menos costosos.

Es importante mencionar que el mercado formal no provee de forma regular los materiales considerados en el módulo, por lo que la planificación de las actividades es fundamental para un uso eficiente de los recursos.

Finalmente, es crucial que los estudiantes se familiaricen con la normativa propuesta para complementar los aprendizajes de los aspectos operacionales del módulo.

⁵ El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

MÓDULO 3

Perforación y tronadura en faenas mineras

a) Programa Módulo 3

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
3. Perforación y tronadura en faenas mineras	OA 4: Perforar rocas en forma manual y mecánica, y ejecutar actividades de almacenamiento, primado, transporte, carga y conexión de explosivos para el proceso de tronadura, de acuerdo a los diagramas e instrucciones técnicas de perforación, disparo y tronadura.	1. Prepara el área de perforación en forma prolija, respetando las normas de seguridad minera.
		2. Prepara sector de carga de explosivos en forma prolija y previniendo situaciones de riesgo.
		3. Perfora con equipo manual, considerando la maquinaria apropiada y respetando las medidas de seguridad.
		4. Carga perforaciones con explosivos y accesorios inertes de tronadura, de acuerdo al plan y programa de tronadura.
		5. Despeja el área de tronadura, de acuerdo a la normativa del Reglamento de Seguridad Minera.
		6. Evalúa el resultado de la tronadura, de acuerdo al plan y programa de tronadura.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, el equipo computacional. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Compresor Atlas Copco XAS67Dd (Figura 23. Ver Anexos.)
- Perforadora BBC 16W PUMA y accesorios (Figura 24. Ver Anexos.)
- Barras de perforación (Figura 25. Ver Anexos.)

La implementación de este módulo requiere la disposición de los equipos mínimos que posibiliten la ejecución de las labores de perforación y la simulación del proceso de tronadura y sus resultados a través de explosivos inertes. Es importante familiarizar a los(as) estudiantes en el proceso de perforación manual y que puedan conocer diferentes diagramas, así como los avances (rendimiento de tronadura) esperados.

III. Herramientas

Parte de los elementos mencionados en la sección “Todos los módulos”, como, por ejemplo, elementos de protección personal. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Señalética tronadura (Figura 26. Ver Anexos.)

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo, utilizaremos: El DS 132/2004 “Reglamento de Seguridad Minera” y Guía N° 4 de “Perforación y Tronadura”.

V. Tabla con desglose de costos generales

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Equipamiento	Compresor Atlas Copco XAS67Dd	\$ 3.808.000	1	\$ 3.808.000
Equipamiento	Perforadora neumática BBC 16W PUMA y accesorios (50 m de manguera y pato lubricador)	\$ 2.307.770	1	\$ 2.307.770
Equipamiento	Barras de perforación (jue-go:0.8 m; 1.2 m y 1.8 m)	\$ 240.000	1	\$ 240.000
Herramientas	Señalética tronadura	\$ 45.000	4	\$ 180.000
Costo total de la implementación Módulo 3:				\$ 6.535.770 ⁶

VI. Sugerencias

Para este módulo se sugiere realizar una actividad práctica de tronadura con los estudiantes a través de técnicas como el juego de roles. Esto se sostiene con el fin de que los estudiantes puedan visualizar los riesgos en la ejecución de las maniobras, además de ejercitar planes de seguridad ante la simulación que se planifique. Algunas de las actividades que pueden estar consideradas en esta simulación es la disposición de “loros”, el encendido (asignar responsabilidades) y la inspección post tronadura.

Se incluye el uso de la Guía N° 4 de operación para la pequeña minería “Perforación y Tronadura” del Servicio de Geología y Minería, la cual define los procesos de perforación y tronadura. Esta establece obligaciones para las tareas previas a la perforación y el proceso de perforación mismo. Ello incluye todas sus actividades anexas, tanto en explotaciones subterráneas como a cielo abierto. En el caso de la tronadura, define las actividades previas, la preparación de la “frente”, el proceso de carga, taqueado y encendido, así como la tronadura propiamente tal, en explotaciones subterráneas y a cielo abierto.

⁶El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

MÓDULO 4

Marco legal y seguridad en plantas de explotación minera

a) Programa Módulo 4

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
4. Marco legal y seguridad en plantas de explotación minera	OA 5: Aplicar el marco legal minero en las plantas de explotación, considerando las responsabilidades individuales, colectivas y empresariales, respecto a la seguridad, prevención de riesgos, respeto al medio ambiente y propiedad minera.	1. Controla riesgos en operaciones mineras a cielo abierto, de acuerdo al Código del Trabajo y el Reglamento de Seguridad Minera.
		2. Controla riesgos en operaciones mineras subterráneas, de acuerdo al Código del Trabajo y el Reglamento de Seguridad Minera.
		3. Controla riesgos en operaciones de tronadura de acuerdo al Reglamento de Seguridad Minera

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, el equipo computacional.

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, Microsoft Windows 10 home con su respectiva licencia.

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo, utilizaremos la ley N° 16744 sobre "Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales" y el "Reglamento de Seguridad Minera" (DS 132/2004).

IV. Tabla con desglose de costos generales

Para la implementación de este módulo no hay costos adicionales a los ya mencionados previamente.

VI. Sugerencias

Para este módulo se sugiere poner énfasis (entre otros) en:

- a) Delimitar sector de perforación y tronadura (disponer “loros”).
- b) Revisión del sector de carguío de explosivos atendiendo DS 132/2004.
- c) Reconocer tipo de explosivos a utilizar a partir de explosivos “inertes”.
- d) Reconocer los riesgos en la manipulación de explosivos a partir de información del fabricante y la normativa que lo regula.
- e) Reconocer riesgos y procedimientos en el traslado de los explosivos desde el polvorín hasta la frente de carguío.
- f) Aplicar procedimientos en la manipulación de explosivos en la frente, respetando la normativa vigente.

La explotación minera en general y todos sus procesos asociados giran en torno dos aspectos principales: la seguridad y el medioambiente.

Como experiencia adicional, se sugiere familiarizar a los estudiantes con la investigación y la búsqueda de información de manera autónoma. Para ello resulta interesante que conozcan la página web del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), la que contiene una cantidad importante de cápsulas didácticas orientadas a la pequeña minería y que reflejan el espíritu de la legislación vigente, su interpretación, sus riesgos y las recomendaciones para quienes pertenezcan o quieran pertenecer a ella.

MÓDULO 5

Ventilación secundaria y drenaje de minas

a) Programa Módulo 5

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
5. Ventilación secundaria y drenaje de minas	OA 3: Instalar equipos de ventilación secundaria en minas subterráneas, y de drenaje en minas subterráneas y a cielo abierto, empleando máquinas y herramientas de acuerdo a diagramas, instrucciones y procedimientos.	1. Prepara el área donde se instalarán elementos de ventilación de acuerdo a los planos.
		2. Instala elementos de ventilación y repara elementos dañados.
		3. Prepara el área donde se instalarán elementos de drenaje de minas.
		4. Instala elementos de drenaje de agua y repara elementos dañados, de acuerdo al programa de trabajo.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, el equipo computacional. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Medidor de caudal de aire PCE-VA (Figura 27. Ver Anexos.)
- Medidor de gases (Figura 28. Ver Anexos.)

Es necesario verificar, especialmente en ambientes de tipo subterráneo, la calidad del aire (equipos de medición) y la calidad de la roca (taludes, paredes y techos) a través de acuñadura.

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, elementos de protección personal.

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo utilizaremos: DS 132/2004 “Reglamento de Seguridad Minera”.

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Equipamiento	Medidor caudal de aire (Anemómetro PCE-VA de PCE Ibérica) (fig. 28)	\$ 61.162	1	\$ 61.162
Equipamiento	Medidor de gases (O2+h2s+co+lcl) (Fig. 29)	\$ 130.495	1	\$ 130.495
Costo total de la implementación Módulo 5:				\$ 191.657 ⁷

VI. Sugerencias

Para este módulo se sugiere incluir instrumentos de vanguardia tales como un medidor de caudal de aire, que permite registrar parámetros como la velocidad del aire, la presión atmosférica y la temperatura ambiental. También es posible medir, en comparación a la normativa vigente, si se está en un ambiente de trabajo idóneo. Por otro lado, dicho medidor detecta gases tóxicos para la salud humana en virtud de lo que se señala en el DS 132/2004.

Finalmente, se sugiere contar con charlas de expertos en seguridad, con el fin de que los estudiantes puedan familiarizarse con los riesgos y obligaciones propios del trabajo minero, considerando aspectos permitidos, precauciones y riesgos para la salud humana.

⁷El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

MÓDULO 6

Muestreo en explotaciones mineras

a) Programa Módulo 6

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
6. Muestreo en explotaciones mineras	OA 6: Realizar toma de muestras de minerales en distintos puntos del proceso productivo, reconociendo, clasificando y rotulando las rocas y minerales, de acuerdo al plan de muestreo.	1. Selecciona materiales para muestreo, en forma prolija, de acuerdo a las necesidades de la producción.
		2. Muestrea material de perforaciones de producción en forma prolija, considerando las medidas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera.
		3. Muestrea material tronado, considerando las medidas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera.
		4. Registra información del muestreo en los formatos establecidos y de acuerdo a los estándares de orden y prolijidad requeridos.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, el equipo computacional. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Agitador y juego de tamices Tyler (Figura 29. Ver Anexos.)

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, equipo de protección personal. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Pala Jis (Figura 30. Ver Anexos.)
- Pala minera (Figura 31. Ver Anexos.)
- Bolsa de muestreo (Figura 32. Ver Anexos.)
- Rocas y minerales (no se incluye figura para este elemento ya que pueden ser diferentes rocas y minerales)

Es importante que los estudiantes se familiaricen con la identificación macroscópica de algunos minerales, conside-

rando aquellos más comunes en la explotación de yacimientos en el país. Para reforzar este conocimiento, se sugiere que el establecimiento cuente con un muestrario de minerales y su asociación con estructuras geológicas. Además, este módulo debe asociarse con los contenidos aprendidos en el Módulo 1, de manera que se comprendan los antecedentes geológicos y planimétricos.

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo utilizaremos: DS 132/2004 sobre “Reglamento de Seguridad Minera” y la Ley N° 16.744 sobre “Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales”.

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Equipamiento	Agitador de tamices Tyler	\$ 146.094	1	\$ 146.094
Equipamiento	Juego Tamices para granulo-metría Tyler	\$ 105.264	1	\$ 105.264
Herramientas	Palas Jis	\$ 62.553	2	\$ 125.106
Herramientas	Pala minera ancha	\$ 7.450	5	\$ 37.250
Herramientas	Bolsas de muestreo (100 uni-dades por pack)	\$ 770	50	\$ 38.500
Herramientas	Rocas y minerales	\$ 2.264.570	1	\$ 2.264.570
Costo total de la implementación Módulo 6:				\$ 2.716.784 ⁸

VI. Sugerencias

Para la implementación de este módulo se sugiere que se puedan realizar actividades en terreno, con el fin de que contenido. Para ello es fundamental tener a disposición un agitador de tamices y que se realice una correcta interpretación de datos a partir de un plan de muestreo.

Se ha incluido la valorización de 10 toneladas de mineral en dos lotes (mineral oxidado y sulfurado respectivamente), que corresponde a un valor promedio y de mercado para la ciudad de Antofagasta. Este volumen representa, además, el material necesario en el Módulo 8, relacionado al chancado de minerales.

Se sugiere tomar esta valorización como base para determinar la calidad del mineral y su importancia en el proceso de explotación minera.

El volumen y valores descritos en la tabla precedente constan en Orden de Compra IPN 514791 de fecha 01 de septiembre de 2021 y visada por Vicerrectoría Inacap Sede Antofagasta.

⁸El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

MÓDULO 7

Cubicación, carguío y transporte

a) Programa Módulo 7

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
7. Cubicación, carguío y transporte	OA 7: Cubicar los minerales para el carguío, transporte, descarga y regulación del flujo del mineral, de acuerdo a su esponjamiento, y según requerimientos de producción, procedimientos asociados y normativa vigente.	1. Cubica material tronado utilizando los instrumentos apropiados.
		2. Prepara el área de carguío de material tronado, de acuerdo al volumen del material y a las normas de seguridad.
		3. Controla el carguío de materiales con equipos apropiados, considerando las medidas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera.
		4. Controla el transporte de materiales cargados, considerando las medidas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera.
		5. Controla la descarga de materiales, considerando las medidas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, el equipo computacional. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Taquímetro (Figura 33. Ver anexos.)
- Trípode topográfico liviano (Figura 34. Ver anexos.)

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección "Todos los módulos", como, por ejemplo, elementos de protección personal.

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo, utilizaremos: DS 132/2004 sobre “Reglamento de Seguridad Minera” y la Ley N° 16.744 sobre “Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales”

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Equipamiento	Taquímetro	\$899.000	4	\$3.596.000
Equipamiento	Trípode topográfico liviano	\$39.000	4	\$156.000
Costo total de la implementación Módulo 7:				\$3.752.000 ⁹

VI. Sugerencias

Es importante que los estudiantes reconozcan y evalúen los procesos llevados a cabo, teniendo en cuenta cuáles de ellos puede darse de manera sincronizada; por ejemplo, a través del control del carguío de material tronado y eventualmente a programas de producción.

En esta fase de la producción también existe una interacción con el Módulo 1, respecto a situaciones de orden geométrico. Por lo tanto, será necesario evaluar distancias horizontales, verticales y cotas para poder ubicar material a transportar o evacuar de acuerdo a su esponjamiento.

No se ha sugerido la disposición del equipamiento ya que la ubicación del material a transportar, se reduce a mediciones de orden topográfico y su cálculo es de orden geométrico. Es posible que la disposición de instrumental

⁹El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

MÓDULO 8

Chancado primario de minerales

a) Programa Módulo 8

Módulo	Objetivos de aprendizaje de especialidad	Aprendizajes esperados
7. Chancado primario de minerales	OA 8: Ejecutar labores de chancado primario de minerales, empleando equipos con sistemas de control y automatización, y cumpliendo con los estándares de calidad exigidos por la planta de beneficio y el proceso, de acuerdo a la normativa de seguridad y protección del medio ambiente.	1. Realiza chancado primario previniendo situaciones de riesgo.
		2. Clasifica granulométricamente el material chancado..
		3. Alimenta con material el sistema de planta de chancado, siguiendo estándares establecidos y previniendo situaciones de riesgo.
		4. Entrega el turno de trabajo, siguiendo los estándares de orden y prolijidad requeridos, de acuerdo a las reglas establecidas.

b) Detección de necesidades

I. Infraestructura

En cuanto la infraestructura para la implementación de este módulo, se requiere contar con la sala de clases habilitada.

II. Equipamiento

En cuanto al equipamiento para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección “Todos los módulos”, como, por ejemplo, el equipo computacional.

III. Herramientas

En cuanto a las herramientas para la implementación de este módulo, se requiere utilizar parte de los elementos mencionados en la sección “Todos los módulos”, como, por ejemplo, elementos de protección personal. De manera adicional, se considera lo siguiente:

- Chancador de mandíbula Edemet 5 x 7 (Figura 35. Ver Anexos.)
- Harnero vibratorio Edemet HAP-12 (Figura 36. Ver Anexos.)
- Pala minera (Figura 37. Ver Anexos.)

- Carretilla acero 90 lts (Figura 38. Ver Anexos.)
- Barretillas de destranque (Figura 39. Ver Anexos)

IV. Normativas, regulaciones y documentos

En cuanto a las normativas, regulaciones y documentos para la implementación de este módulo utilizaremos: DS 132/2004 sobre “Reglamento de Seguridad Minera” y la Ley N° 16.744 sobre “Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales”.

V. Tabla con desglose de costos general

Categoría	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Costo total
Herramientas	Chancador de mandíbula Edemet 5 x 7	\$ 1.424.418	1	\$ 1.424.418
Herramientas	Harnero vibratorio Edemet HAP-12 con separador de 3 tamaños	\$ 499.000	1	\$ 499.000
Herramientas	Pala minera	\$ 7.450	5	\$ 37.250
Herramientas	Carretilla acero 90 lts	\$ 45.990	2	\$ 91.980
Herramientas	Barretillas de destranque	\$ 13.990	2	\$ 27.980
Costo total de la implementación Módulo 8:				\$ 2.080.628 ¹⁰

VI. Sugerencias

Para este módulo se sugiere la incorporación de un chancador primario de laboratorio que permita a los estudiantes extrapolar rendimientos, proceso, riesgos, determinaciones de costo, etc, asociados a al proceso minero.

Un buen indicador de aprendizaje es que los estudiantes puedan hacer un análisis granulométrico en la descarga del chancador y evaluar su comportamiento bajo cierta granulometría y eventuales necesidades o requerimientos del siguiente proceso metalúrgico.

¹⁰El análisis de costos se ha realizado acorde a los valores de mercado disponibles entre los periodos del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022.

Anexos

A continuación, y a modo de ejemplo, se presentan los principales artículos mencionados en este documento. Es importante señalar que esto solo es una referencia general, siendo el establecimiento quien toma la decisión de cómo habilitar sus espacios.

Todos los módulos:

Infraestructura, equipamientos y herramientas



Figura 1: Casco minero MSA-V-GARD



Figura 2: Protector auditivo adosable a casco SNR-32



Figura 3: Zapatos de seguridad Proflex PF 0121 CD



Figura 4: Botas seg. mineras 6378 punta de acero



Figura 5: Protector respiratorio Drager X-PLORE 3300



Figura 6: Guantes de cuero



Figura 7: Lámpara minera Wisdom kl5m-JM



Figura 8: Protector visual (antiparra seguridad 3M)



Figura 9: Overol poliéster



Figura 10: Traje impermeable amarillo Skalar T35



Figura 11: Escalímetro triangular 30 cm



Figura 12: Juego barretillas de acuñadura (3 longitudes)



Figura 13: Juego bits de perforación para pernos auto perforantes (3 a elección)



Figura 14: Perno auto perforante



Figura 15: Planchuelas para pernos de anclaje



Figura 16: Tuercas para pernos auto perforantes



Figura 17: Perno para sistema de anclaje Split Set



Figura 18: Planchuelas de anclaje Split Set



Figura 19: Compresor Atlas Copco XAS67Dd



Figura 20: Perforadora neumática BBC 16W Puma (50 m de manguera y pato lubricador).



Figura 21: Juego de barras de perforación



Figura 22: Señalética para tronadura



Figura 23: Medidor de caudal de aire (anemómetro PCE-VA de PCE ibérica)



Figura 24: Medidor de gases (O2 + H2S + CO + Iel)



Figura 25: Agitador y juego de tamices Tyler



Figura 26: Palas Jis



Figura 27: Pala minera



Figura 28: Bolsas de muestreo



Figura 29: Trípode topográfico de aluminio liviano mariposa



Figura 30: Taquímetro South Et-05

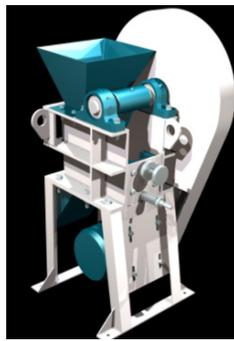


Figura 31: Chancador de mandibula Edemet 5 x 7



Figura 33: Harnero vibratorio Edemet HAP-12



Figura 34: Pala minera ancha



Figura 35: Carretilla de acero 90 lts



Figura 36: Barreta de destranque



ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA ESPECIALIDAD
EXPLORACIÓN MINERA