

# 3. Perforación y tronadura en faenas mineras

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este módulo de 228 horas es que los y las estudiantes logren desarrollar las competencias para perforar rocas, cargar los tiros con explosivos inertes de uso común en la minería y reconocer de manera visual el resultado de tronaduras.

La perforación de rocas es la actividad que inicia la operación de extracción de materiales en la mina, influyendo, por lo tanto, en el resultado y la calidad del ciclo de producción. Si la perforación no se realiza en forma adecuada, la tronadura resultará deficiente y se afectará la calidad de la carga, transporte, chancado primario del material y la seguridad de personas y equipos.

En el tópico de perforación, las competencias incluyen la perforación de rocas con equipos manuales y mecanizados, según planos, programas, procedimientos operativos y normas de seguridad preestablecidas; la identificación y la selección de los aceros y accesorios para la elaboración de pozos de producción, y el control de los parámetros de la perforación de rocas durante la operación.

En cuanto a las tronaduras, en este módulo se espera que los y las estudiantes desarrollen las competencias necesarias relativas al almacenamiento, transporte y manipulación de explosivos y accesorios inertes de tronaduras. Además, se busca que aprendan técnicas para cargar, con explosivos inertes, los pozos de la malla de tronadura y su correspondiente conexión, y que conozcan las normas de seguridad pertinentes.

En el desarrollo de este módulo se aplican Objetivos de Aprendizaje Genéricos, como la ejecución de operaciones de manera planificada, la interpretación correcta de planos, diseños y programas, el control de calidad y la ejecución de tareas según las normas de prevención de riesgos.

## APRENDIZAJES ESPERADOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

MÓDULO 3 · PERFORACIÓN Y TRONADURA EN FAENAS MINERAS		228 HORAS	TERCERO MEDIO
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ESPECIALIDAD			
<p><b>OA 4</b> 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.</p>			
APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE GENÉRICOS	
<p><b>1.</b> Prepara el área de perforación en forma prolija, respetando las normas de seguridad minera.</p>	<p><b>1.1</b> Verifica la estabilidad de estructuras geológicas y la presencia de planchones o material rocoso suelto susceptible de caer desde crestas, talud y berma (de banco de mina a cielo abierto) o desde paredes y techo (de labor subterránea), trabajando en equipo, de acuerdo a los procedimientos de trabajo.</p>	<b>D</b>	<b>K</b>
	<p><b>1.2</b> Realiza acuñadura, trabajando al menos dos personas, desprendiendo planchones o material rocoso suelto susceptible de caer desde crestas, talud y berma (de banco de mina a cielo abierto) o desde paredes y techo (de labor subterránea), de acuerdo al procedimiento de trabajo y Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p>	<b>D</b>	<b>K</b>
	<p><b>1.3</b> Prepara el área de trabajo de acuerdo al tipo de la labor minera (subterránea o a cielo abierto), considerando las especificaciones técnicas del equipo de perforación (manual o mecanizado).</p>	<b>B</b>	
	<p><b>1.4</b> Cumple con los formatos establecidos para el desarrollo del trabajo solicitado.</p>	<b>C</b>	<b>H</b>

APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE GENÉRICOS
<p><b>2.</b> Prepara el sector de carga de explosivos en forma prolija, previniendo situaciones de riesgo.</p>	<p><b>2.1</b> Delimita el sector de carga de las perforaciones con explosivos, con elementos distintivos y visibles que impidan el ingreso de personas y maquinarias no autorizadas, de acuerdo al procedimiento de trabajo y lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (D S 132).</p>	<p><b>K</b></p>
	<p><b>2.2</b> Traslada los explosivos inertes y accesorios de tronadura al frente de trabajo, operando al menos dos personas coordinadamente, de acuerdo a las normas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p>	<p><b>D</b>      <b>K</b></p>
	<p><b>2.3</b> Cumple con los formatos establecidos para el desarrollo del trabajo solicitado.</p>	<p><b>C</b>      <b>H</b></p>
<p><b>3.</b> Perfora con equipo manual, considerando la maquinaria apropiada y respetando las medidas de seguridad.</p>	<p><b>3.1</b> Selecciona las maquinarias y accesorios de perforación adecuados al diseño de la malla o plano de tronadura.</p>	<p><b>C</b></p>
	<p><b>3.2</b> Sitúa los materiales, equipos y herramientas en el frente de trabajo, de acuerdo al diseño de la malla o plano de la perforación.</p>	<p><b>C</b></p>
	<p><b>3.3</b> Comprueba que el caudal y presión de aire comprimido y del fluido de lubricación en el frente de trabajo, sean los establecidos por el fabricante de la maquinaria y adecuados para el trabajo de perforación.</p>	<p><b>B</b></p>
	<p><b>3.4</b> Ejecuta la perforación con equipo manual que esté en condiciones operativas adecuadas, trabajando a lo menos dos personas (perforador y ayudante), según recomendaciones del fabricante, del diseño de la malla o plano de perforación, procedimientos de trabajo y Reglamento de Seguridad Minera (DS 132) y cumpliendo los rendimientos establecidos para el equipo perforador.</p>	<p><b>D</b>      <b>K</b></p>
	<p><b>3.5</b> Traslada los explosivos inertes y accesorios de tronadura al frente de trabajo, operando al menos dos personas coordinadamente, de acuerdo a las normas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p>	<p><b>K</b></p>
	<p><b>3.6</b> Utiliza los elementos de protección personal, estipulados por la empresa y la normativa vigente.</p>	<p><b>K</b></p>
	<p><b>3.7</b> Informa el resultado de la perforación empleando formatos y formularios apropiados.</p>	<p><b>H</b></p>

APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE GENÉRICOS
<p><b>4.</b> Carga perforaciones con explosivos y accesorios inertes de tronadura, de acuerdo al plan y el programa de tronadura.</p>	<p><b>4.1</b> Revisa la profundidad y ubicación de las perforaciones, trabajando a lo menos dos personas, comprobando que cumplan lo establecido en el plano y programa de tronadura, e informando el resultado mediante formatos o formularios establecidos.</p>	<p><b>C</b>      <b>D</b>      <b>H</b></p>
	<p><b>4.2</b> Prepara los cebos, trabajando a lo menos dos personas, y los introducen en cada pozo, de acuerdo al programa de tronadura, procedimiento de trabajo y lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (D S 132).</p>	<p><b>K</b></p>
	<p><b>4.3</b> Carga las perforaciones con los explosivos inertes y los tacos establecidos en el programa de tronadura, trabajando a lo menos dos personas, con cumplimiento del procedimiento de manipulación de explosivos y recomendaciones del fabricante.</p>	<p><b>C</b>      <b>K</b></p>
	<p><b>4.4</b> Examina el área de carga de explosivos en busca de elementos sobrantes, trasladándolos fuera del área de trabajo, de acuerdo a las normas de seguridad.</p>	<p><b>K</b></p>
	<p><b>4.5</b> Amarra la malla de tronadura de acuerdo a lo establecido en el programa y al procedimiento de trabajo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p>	<p><b>K</b></p>
	<p><b>4.6</b> Evalúa las condiciones de su entorno, para prevenir situaciones de riesgo.</p>	<p><b>K</b></p>

**3.**

APRENDIZAJES ESPERADOS		CRITERIOS DE EVALUACIÓN	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE GENÉRICOS
5.	Despeja el área de tronadura, de acuerdo la normativa del Reglamento de Seguridad Minera.	<b>5.1</b> Desaloja el área de tronadura, trabajando a lo menos dos personas, cumpliendo lo establecido en la norma de la empresa en cuanto a distancia de seguridad y ubicación de personas, equipos y maquinarias, y lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).	D K
		<b>5.2</b> Informa el resultado del despeje del área de tronadura de manera oral a los supervisores, de acuerdo a los protocolos establecidos.	H
		<b>5.3</b> Utiliza los elementos de protección personal, estipulados por la empresa y la normativa vigente.	K
		<b>5.4</b> Evalúa las condiciones de su entorno, para prevenir situaciones de riesgo.	K
6.	Evalúa el resultado de la tronadura, de acuerdo al plan y programa de tronadura.	<b>6.1</b> Comprueba el resultado de la tronadura, trabajando a lo menos dos personas, verificando que las concentraciones de gases y las medidas con los instrumentos apropiados, cumplan con lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).	D K
		<b>6.2</b> Comprueba si hay existencia de riesgos por la presencia de bolones de roca y rocas susceptibles de caer desde crestas, talud y bermas (de banco de mina a cielo abierto) o desde paredes y techo (de labor subterránea).	K
		<b>6.3</b> Detecta y señala los tiros quedados, y aíslan el área de acuerdo a procedimientos de trabajo y a lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).	K

## EJEMPLO DE ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

NOMBRE DEL MÓDULO	Perforación y tronadura en faenas mineras
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	Medidas de seguridad en la manipulación de explosivos
DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD	8 horas
APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYE
<p><b>2.</b> Prepara sector de carga de explosivos en forma prolija, previniendo situaciones de riesgo.</p> <p><b>4.</b> Carga perforaciones con explosivos y accesorios inertes de tronadura, de acuerdo al plan y al programa de tronadura.</p>	<p>2.1 Delimita el sector de carga de las perforaciones con explosivos, con elementos distintivos y visibles que impidan el ingreso de personas y maquinarias no autorizadas, de acuerdo al procedimiento de trabajo y lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (D S 132).</p> <p>2.2 Traslada los explosivos inertes y accesorios de tronadura al frente de trabajo, operando al menos dos personas coordinadamente, de acuerdo a las normas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p> <p>4.2 Prepara los cebos, trabajando a lo menos dos personas, y los introducen en cada pozo, de acuerdo al programa de tronadura, procedimiento de trabajo y lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera (D S 132).</p> <p>4.3 Carga las perforaciones con los explosivos inertes y los tacos establecidos en el programa de tronadura, trabajando a lo menos dos personas, con cumplimiento del procedimiento de manipulación de explosivos y recomendaciones del fabricante.</p> <p>4.4 Examina el área de carga de explosivos en busca de elementos sobrantes, trasladándolos fuera del área de trabajo, de acuerdo a las normas de seguridad.</p> <p>4.5 Amarra la malla de tronadura tal como lo establece el programa y el procedimiento de trabajo del Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p>
METODOLOGÍAS SELECCIONADAS	Estudio de caso

### DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS QUE REALIZAN DOCENTES Y ESTUDIANTES, Y LOS RECURSOS QUE SE UTILIZAN EN CADA UNA DE LAS SIGUIENTES ETAPAS:

#### PREPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD

##### Docente:

- › Presenta un caso real o ficticio sobre la manipulación de explosivos y tareas de tronadura en minas subterráneas o a cielo abierto.
- › Entrega a sus estudiantes los materiales e informaciones necesarias para que puedan solucionar el caso.
- › Pone a disposición el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).
- › Organiza al curso en grupos de trabajo.

##### Estudiantes:

- › Reciben el material entregado por su docente.
- › Escuchan las instrucciones y formulan preguntas para aclarar dudas.

##### Recursos:

- › Texto con el caso a analizar.
- › Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).

DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS QUE REALIZAN DOCENTES Y ESTUDIANTES, Y LOS RECURSOS QUE SE UTILIZAN EN CADA UNA DE LAS SIGUIENTES ETAPAS:

<b>EJECUCIÓN</b>	<p><b>Estudiantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>› Cada estudiante examina globalmente el caso.</li><li>› Identifican y caracterizan el caso (detectan los problemas).</li><li>› Clasifican sus elementos (establecen el problema principal y sus causas).</li><li>› Relacionan los elementos entre sí, y buscan correlaciones y secuencias.</li><li>› Explican las relaciones observadas.</li><li>› Extraen conclusiones y hacen aplicaciones o recomendaciones.</li><li>› Presentan un informe escrito del estudio de caso.</li></ul> <p><b>Docente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>› Supervisa el trabajo de sus estudiantes.</li><li>› Da a conocer la estructura del informe que deben elaborar los y las estudiantes.</li></ul>
<b>CIERRE</b>	<p><b>Estudiantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>› Cada grupo presenta su trabajo al resto del curso dando a conocer las soluciones propuestas.</li></ul> <p><b>Docente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>› Hace un resumen de la actividad dando a conocer las diferentes alternativas de soluciones encontradas.</li></ul>

## EJEMPLO DE ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

NOMBRE DEL MÓDULO	Perforación y tronadura en faenas mineras
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE	Realizar perforaciones para realizar una tronadura en minas a cielo abierto
DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD	40 horas
APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYE
<p><b>3.</b> Perfora con equipo manual, considerando la maquinaria apropiada y respetando las medidas de seguridad.</p>	<p>3.1. Selecciona las maquinarias y accesorios de perforación adecuados al diseño de la malla o plano de tronadura.</p> <p>3.2. Sitúa los materiales, equipos y herramientas en el frente de trabajo, de acuerdo al diseño de la malla o plano de la perforación.</p> <p>3.3. Comprueba que el caudal y presión de aire comprimido y del fluido de lubricación en el frente de trabajo sean los establecidos por el fabricante de la maquinaria y adecuados para el trabajo de perforación.</p> <p>3.4. Ejecuta la perforación con equipo manual que esté en condiciones operativas adecuadas, trabajando a lo menos dos personas (perforador y ayudante), según las recomendaciones del fabricante, del diseño de la malla o plano de perforación, los procedimientos de trabajo y Reglamento de Seguridad Minera (DS 132), y cumpliendo los rendimientos establecidos para el equipo perforador.</p> <p>3.5. Traslada los explosivos inertes y accesorios de tronadura al frente de trabajo, operando al menos dos personas coordinadamente, de acuerdo, a las normas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad Minera (DS 132).</p> <p>3.6. Utiliza los elementos de protección personal, estipulados por la empresa y la normativa vigente.</p> <p>3.7. Informa el resultado de la perforación empleando formatos y formularios apropiados.</p>
METODOLOGÍAS SELECCIONADAS	Método de proyecto

### DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS QUE REALIZAN DOCENTES Y ESTUDIANTES, Y LOS RECURSOS QUE SE UTILIZAN EN CADA UNA DE LAS SIGUIENTES ETAPAS:

#### PREPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD

##### Docente:

- › Deja a disposición de sus estudiantes todos los materiales apropiados, con información, máquinas y herramientas.
- › Escoge un lugar del establecimiento u otro cercano que ofrezca condiciones similares a las ofrecidas en la mina.
- › Forma grupos de trabajo.
- › Entrega a cada grupo el plano de perforación.
- › Presenta a sus estudiantes la pauta de cotejo con la que serán evaluados.

##### Estudiantes:

- › Forman grupos de trabajo.
- › Anotan instrucciones de su docente.

3.



DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS QUE REALIZAN DOCENTES Y ESTUDIANTES, Y LOS RECURSOS QUE SE UTILIZAN EN CADA UNA DE LAS SIGUIENTES ETAPAS:

<p><b>PREPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD</b></p>	<p><b>Recursos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Planos de perforación.</li> <li>› Máquinas.</li> <li>› Herramientas.</li> <li>› Pauta de cotejo.</li> </ul>
<p><b>EJECUCIÓN</b></p>	<p><b>Estudiantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Se organizan en grupos y se informan sobre las maquinarias utilizadas para realizar las tareas de perforación, sobre la profundidad de las perforaciones, las distancias entre una perforación y otra para que el efecto sea el deseado, el tipo de equipo más apropiado, etc.</li> <li>› El grupo curso decide el lugar donde van a realizar las perforaciones y se distribuyen las tareas, determinando quién estará a cargo de medir, de perforar con el equipo, de trasladar dicho equipo, de seleccionar el tipo de broca a utilizar de acuerdo al material en donde se va a realizar la perforación, entre otros.</li> <li>› Comprueban el funcionamiento del equipo perforador, limpian el lugar a perforar, lo delimitan con las medidas de seguridad exigidas y perforan con la maquinaria apropiada, de acuerdo al plano de perforación.</li> <li>› En grupos, revisan sus perforaciones y redactan un informe con el proceso de perforación.</li> </ul> <p><b>Docente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Supervisa el trabajo de los grupos y entrega orientaciones cuando es pertinente.</li> <li>› Da a conocer la estructura del informe que deberán elaborar los y las estudiantes.</li> <li>› Evalúa el trabajo de los estudiantes aplicando una pauta de cotejo.</li> </ul>
<p><b>CIERRE</b></p>	<p><b>Estudiantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Cada grupo presenta su informe, dando a conocer, tanto los aspectos que les resultaron fáciles de ejecutar como las dificultades.</li> </ul> <p><b>Docente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Sintetiza y anota en la pizarra los conocimientos trabajados por sus estudiantes.</li> <li>› Expone las fortalezas y debilidades del trabajo ejecutado por los y las estudiantes.</li> </ul>

## EJEMPLO DE ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN

NOMBRE DEL MÓDULO		Perforación y tronadura en faenas mineras	
APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE GENÉRICOS A EVALUAR	
<p><b>4.</b> Carga perforaciones con explosivos y accesorios inertes de tronadura, de acuerdo al plan y al programa de tronadura.</p>	<p><b>4.3</b> Carga las perforaciones con los explosivos inertes y los tacos establecidos en el programa de tronadura, trabajando a lo menos dos personas, con cumplimiento del procedimiento de manipulación de explosivos y recomendaciones del fabricante.</p>	<p><b>C</b> Realizar las tareas de manera prolija, cumpliendo plazos establecidos y estándares de calidad, y buscando alternativas y soluciones cuando se presentan problemas pertinentes a las funciones desempeñadas.</p>	<p><b>D</b> Trabajar eficazmente en equipo, coordinando acciones con otros, <i>in situ</i> o a distancia, solicitando y prestando cooperación para el buen cumplimiento de sus tareas habituales o emergentes.</p>
<p><b>Selección de cómo evaluar</b></p>			
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES		INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN SELECCIONADOS	
<p>El o la docente evalúa el informe elaborado por sus estudiantes en la actividad anterior, deteniéndose en el punto referido a cómo se realizó la carga con explosivos inertes y lo evalúa con una rúbrica basada en el Criterio de Evaluación y los OAG C, D y K.</p>		<p>Rúbrica basada en el Criterio de Evaluación y los OAG C, D y K.</p>	

3.

## BIBLIOGRAFÍA

**Abarca, L.** (1997). *Diseño de protocolo para una campaña de sondeos de un proyecto minero*. Antofagasta: Universidad de Antofagasta.

**García, B. P., López, J. C. y López, J. E.** (2003). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: Carlos López Jimeno.

**Instituto Tecnológico Geominero de España.** (1994). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: Autor.

**Kihlström, B. y Langefors, U.** (1987). *Técnica moderna de voladura de rocas*. Bilbao: Urmo.

**Puy, H. J. y Junta de Energía Nuclear de España.** (1981). *Procedimiento de sondeos: teoría, práctica y aplicaciones*. Madrid: Servicio de Publicaciones de la J.E.N.

**Santander J., C. y Silva M., P.** (2001). *Principales explosivos en la industria minera extractiva nacional*. Antofagasta: Universidad de Antofagasta.

**Vega, B.** (2003). *Metodologías para dimensionar malla de perforación y tronaduras en superficie*. Antofagasta: Universidad de Antofagasta.