



SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

# **GUIA METODOLOGICA DE SEGURIDAD PARA PROYECTOS MINEROS DE RAJO ABIERTO.**

Antecedentes según Decreto Supremo N° 72, "Reglamento de Seguridad Minera", del año 1985, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante D.S. N° 132, de 2002, del Ministerio de Minería.

Depto. Seguridad Minera, año 2004.

# GUIA METODOLOGICA DE SEGURIDAD PARA PROYECTOS MINEROS DE RAJO ABIERTO



(Chuquicamata)

**Servicio Nacional de Geología y Minería.**

**Avenida Santa María N° 0104**

**Providencia, Santiago de Chile**

**Elaborado por:**

**Ing. Sergio Andrade G.**

**Departamento de Seguridad Minera.**

**Diseño Multimedia:**

**Depto. de Informática**

**SERNAGEOMIN**

## INDICE DE MATERIAS.

1	PRESENTACIÓN.....	5
2	INDICE.....	5
3	RESUMEN EJECUTIVO .....	5
3.1	Etapa de construcción. ....	5
3.2	Etapa de operación. ....	5
3.3	Etapa de cierre.....	5
4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	6
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	6
4.2	ANTECEDENTES TECNICOS GENERALES.....	7
4.3	ANTECEDENTES TECNICOS ESPECIFICOS. ....	7
4.4	DISPOSICIÓN DE ESTÉRIL (BOTADEROS). ....	8
4.5	PLAN DE CIERRE.....	8
4.5.1	Contenido del Plan de Cierre. ....	8
4.5.2	Para el desmantelamiento. ....	9
4.5.3	Para el cierre de accesos en el rajo.....	10
4.5.4	Para la estabilización de taludes. ....	10
4.5.5	Para el cierre de almacenes explosivos.....	10
4.5.6	Para la caracterización de efluentes. ....	10
4.5.7	Plan de Cierre de Botaderos de Estériles. ....	10
4.5.8	Plan de Cierre de Caminos. ....	10
4.5.9	Plan de Cierre de Edificios e Instalaciones auxiliares. ....	11
4.5.10	Plan de Cierre de Infraestructuras. ....	11
4.5.11	Plan de Cierre de Manejo de residuos y otros. ....	11

## "Reglamento de Seguridad Minera"

El Decreto Supremo N° 72, de 1985, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante el D.S. N° 132 de 2002 del Ministerio de Minería, entró en vigencia el 7 de febrero de 2004, con su publicación en el Diario Oficial. El objetivo del Reglamento de Seguridad Minera, definido en su primer artículo, es el de "establecer el marco regulatorio general al que deben someterse las faenas mineras de la Industria Extractiva Minera Nacional para: a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ellas y b) Proteger las instalaciones e infraestructuras que hacen posible las operaciones mineras, y por ende, la continuidad de sus procesos.

Como cada actividad minera específica tiene sus características particulares que la diferencian de las demás, cambiando las implicancias en Seguridad de cada una de ellas y, también, dentro de ellas, variando los aspectos de Seguridad en cada una de sus etapas (construcción, operación y cierre), surge la necesidad de dar un conjunto de guías metodológicas para los proyectos mineros.

El Reglamento de Seguridad Minera, en su artículo 22, establece que las empresas deberán presentar, antes del inicio de sus operaciones, para la aprobación del SERNAGEOMIN, el método de explotación o cualquier modificación mayor al método aceptado. Además, deberán presentar un Proyecto de Plan de Cierre de la faena respectiva.

Por otra parte, en todo la extensión del reglamento de seguridad Minera se describen normas que deben cumplir las Empresas y que el Servicio debe fiscalizar.

El SERNAGEOMIN, consciente de la importancia de incorporar la variable seguridad a los proyectos mineros del país, HA DESARROLLADO ESTAS GUÍAS METODOLÓGICAS, CON EL PROPÓSITO DE QUE LOS EMPRESARIOS MINEROS CUENTEN CON UN APOYO QUE LES PERMITA LA APLICACIÓN CORRECTA DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIAS DE SEGURIDAD MINERA, EN CADA UNO DE SUS PROYECTOS, Y A SU VEZ LOGREN UN DESEMPEÑO EFICIENTE EN LA TRAMITACIÓN DE SUS PROYECTOS.

Esta Guía en particular, contiene por lo tanto las indicaciones necesarias para orientar al proponente de un **proyecto minero a Rajo Abierto**, en el sentido de que su estudio se enmarque dentro de la reglamentación contenida en el Reglamento de Seguridad Minera.



(Escondida)

## **1 PRESENTACIÓN.**

La presente guía se basa en la experiencia acumulada por el Servicio a través del tiempo, en manuales especializados de rajo abierto y en algunas experiencias extranjeras que han sido consultadas para este tipo de explotación.

Conforme a lo que el SERNAGEOMIN considera para cumplir con lo establecido en el "Reglamento de Seguridad Minera", respecto a la presentación de proyectos, éste debe estar conformado, al menos, por lo siguiente:

- Índice
- Resumen Ejecutivo
- Descripción del Proyecto
- Plan de Cierre.

## **2 INDICE**

Para una mejor lectura y una fácil ubicación de algún punto específico, al comienzo del proyecto se debe agregar un Índice de las materias que contiene, con indicación del número de la página correspondiente.

## **3 RESUMEN EJECUTIVO**

### **3.1 Etapa de construcción.**

Se debe describir la etapa de construcción del proyecto, indicando las acciones y requerimientos necesarios para materializar las obras físicas del proyecto, y los plazos asociados a cada etapa.

### **3.2 Etapa de operación.**

Se debe detallar las acciones, requerimientos, manejo de materiales e insumos y todos los aspectos necesarios para el funcionamiento del proyecto, incluyendo sus medidas de mantención y conservación.

### **3.3 Etapa de cierre.**

La descripción de la etapa de cierre debe incluir las acciones que el titular tiene consideradas para poner en práctica en dicha etapa, y que deben estar contenidas en el Plan de Recuperación y Rehabilitación del Proyecto. Se debe dejar en claro que este cierre de la faena debe ser dirigido a la ejecución de acciones destinadas a dejar las faenas libres de peligros que puedan ocasionar accidentes, como también considerar el control de los riesgos durante su ejecución. Además, en el cierre debe considerarse los compromisos ambientales, si ellos existieran.



(Zaldivar)

## 4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.

La descripción del proyecto proporciona la base sobre la cual se lleva a cabo la revisión de las normas que protegen la vida y salud de los trabajadores, las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras y la continuidad de sus procesos. Se debe por tanto incluir una descripción completa y detallada del proyecto propuesto, basado en los estudios de factibilidad del proyecto, informes de diseño de ingeniería, planes de construcción, etc.

La descripción general del proyecto de rajo abierto debe incluir una descripción resumida del mismo en referencia al proyecto minero global, que abarque desde la etapa de explotación hasta el embarque de los productos, cuando corresponda.

En términos generales, la descripción del proyecto deberá contener la siguiente información:

- Nombre del Proyecto y objetivo del mismo.

- Ubicación geográfica y política del proyecto (Coordenadas UTM del área de explotación, planos de disposición general de las instalaciones industriales del proyecto y los principales accesos del mismo).
- Nombre del yacimiento y la compañía o empresa minera que lo explota.
- Nombre y área de las pertenencias que amparan la propiedad del yacimiento.
- Nombre del propietario y representante legal de la empresa.
- Resolución de la COREMA que declara ambientalmente viable al proyecto.
- Carta GANTT del proyecto u otro sistema de control de proyecto donde se presente las distintas etapas (ingeniería, adquisiciones, construcción, puesta en marcha, operación industrial, cierre).
- Organigrama general con las unidades productivas y de servicio y sus dotaciones.
- Recursos (agua potable, agua industrial, energía y comunicaciones).

#### **4.2 ANTECEDENTES TECNICOS GENERALES.**

- Geología económica y estructural del área y del yacimiento. Descripción del yacimiento mineral, basado en el informe geológico que identifica las especies minerales útiles y la ganga.
- Estimación de reservas de mineral con que cuenta el proyecto. Resumen de la evaluación de las reservas explotables y volúmenes de estéril a mover. Minerales primarios y secundarios que serán extraídos.
- Criterio técnico para seleccionar el método o los métodos de explotación del yacimiento. Se debe justificar la elección del método de explotación a rajo abierto, indicando la secuencia de extracción y el plan de trabajo. Asimismo se hará un resumen del tipo y cantidad de equipos necesarios para el conjunto de las operaciones a realizar.
- Diagrama de flujo con las operaciones para producir el mineral en la mina o el rajo, el transporte del mineral hasta su etapa de concentración o beneficio. Si no existieran estas últimas etapas, el producto que se obtiene.
- Plan de cierre de la mina o rajo y botadero.

#### **4.3 ANTECEDENTES TECNICOS ESPECIFICOS.**

- Plano geológico con la sobrecarga, el mineral y la o las rocas que lo rodean.
- Planta y perfiles mostrando el rajo final y las sucesivas fases.
- Estudio de estabilidad del rajo, que debe comprender :
  - Caracterización geomecánica del yacimiento (propiedades de la roca intacta, fallas, diaclasas , macizo rocoso y medio ambiente geotécnico).
  - Angulo interrampa.
  - Angulo cara del banco.
  - Angulo global de la pared.

- Zonificación del rajo.
- Análisis de estabilidad usando un modelo estructural, para calcular el factor de seguridad y el ángulo de rajo final del perfil de cada zona, con y sin agua.
- Análisis de estabilidad de superficies irregulares suponiendo que el talud puede fallar por superficies irregulares definidas por discontinuidades geológicas y por el macizo rocoso.
- Secuencia de explotación, con las fases o expansiones para al menos los tres primeros años.
- Esquema de las operaciones unitarias (perforación, tronadura, carguío y transporte) para determinar el ancho mínimo de los banco y rampas.
- Ancho y pendiente de los caminos.
- Manejo del agua subterránea y las aguas lluvias.

#### **4.4 DISPOSICIÓN DE ESTÉRIL (BOTADEROS).**

- Ubicación geográfica y coordenadas U.T.M. de los botaderos de estéril, con el o los planos de disposición.
- Cubicación, ángulo de talud y dimensiones principales de los botaderos.
- Forma de llenado y precauciones.
- Manejo de las aguas lluvias o cursos de agua, ubicados aguas arriba del botadero.
- Estudio de estabilidad considerando la resistencia del terreno basal, y los posibles movimientos sísmicos en el área.

En todos los casos, la información presentada debe ser lo suficientemente detallada para que el lector o revisor comprenda totalmente la naturaleza y extensión del proyecto propuesto, a fin de contar con los detalles suficientes que permitan una adecuada evaluación. Los planos y mapas que se presenten deben ir ubicados dentro del informe de manera que el acceso a ellos sea fácil y a una escala adecuada. Puede presentarse una copia reducida que se incluya dentro del capítulo de descripción, adjuntando en el apéndice los planos tamaño original.

El nivel de profundidad con que se debe desarrollar cada tema dependerá de la etapa en que se encuentre, de la magnitud del proyecto y de su nivel de complejidad.

Si corresponde, según la legislación vigente, será obligatorio contar con una RCA (Resolución de Calificación Ambiental) favorable, cuyos compromisos estén considerados en la correspondiente evaluación económica y ejecución del proyecto.

#### **4.5 PLAN DE CIERRE**

##### **4.5.1 Contenido del Plan de Cierre.**

El Plan de cierre incluye:

- Desmantelamiento de instalaciones, si fuere necesario,
- Cierre de accesos,

- Estabilización de taludes,
- Señalizaciones,
- Cierre de almacenes de explosivos,
- Caracterización de efluentes.

#### 4.5.2 Para el desmantelamiento.

- a) Un INVENTARIO de:
  - elementos o sustancias peligrosas tales como productos químicos, explosivos, hidrocarburos, aceites u otros , -
  - equipos,
  - maquinarias e
  - instalaciones.
- b) RETIRO y
- c) DISPOSICIÓN final de los mismos en lugar o vertedero apropiado.



(Candelaria)

#### **4.5.3 Para el cierre de accesos en el rajo.**

- a) CORTE de caminos perfilados para el control de la erosión;
- b) LEVANTAMIENTO de bermas; y
- c) LETREROS de advertencia.

#### **4.5.4 Para la estabilización de taludes.**

- a) RIESGO SÍSMICO por magnitud de terremotos de la zona;
- b) ACELERACIÓN asociada con los sismos de la zona (Coeficiente Sísmico); y
- c) FACTOR DE SEGURIDAD.

#### **4.5.5 Para el cierre de almacenes explosivos.**

- a) DESCONTAMINACION del suelo;
- b) RETIRO de productos; y
- c) DESTRUCCIÓN o DISPOSICIÓN final realizada por el proveedor.

#### **4.5.6 Para la caracterización de efluentes.**

- a) MONITOREO que indicará si se requiere sistema de tratamiento.
- b) CONSTRUCCIÓN de canales perimetrales para el manejo de drenajes ácidos
- c) DISPOSICIÓN final en Planta de tratamiento o Almacén.

#### **4.5.7 Plan de Cierre de Botaderos de Estériles.**

El proyecto plan de cierre de botaderos deberá referirse a los siguientes aspectos:

- Los TALUDES de los botaderos serán ESTABLES durante el período de operación; sin embargo, en el largo plazo es posible la ocurrencia de fallas locales, afectando pequeñas áreas al pie de los botaderos.
- DELIMITAR Y SEÑALIZAR en el terreno mediante letreros de advertencia de peligro, para prevenir daños y accidentes producto de las fallas mencionadas en punto anterior.
- Al final de la vida útil, CLAUSURAR caminos de acceso a estas áreas.
- HABILITAR CANALES PERIMETRALES cuando estos botaderos queden expuestos a escurrimientos superficiales de aguas lluvia. (desviar flujos evitando inestabilidad).

#### **4.5.8 Plan de Cierre de Caminos.**

El Proyecto de Plan de Cierre de Caminos deberá incluir los siguientes fases:

- Evaluar los caminos que se dejarán transitables ya sea para control de la etapa de cierre, para estudios posteriores o para público en general, y los caminos que deben ser cerrados.
- Señalizaciones, y
- Perfilamiento de caminos.

#### **4.5.9 Plan de Cierre de Edificios e Instalaciones auxiliares.**

El Proyecto de Plan de Cierre de Edificios e Instalaciones auxiliares deberá referirse a las siguientes situaciones:

- Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y maquinarias, cuando fuese necesario,
- Desenergizar instalaciones,
- Cierre de accesos,
- Estabilización de taludes,
- Señalizaciones,
- Retiro de materiales y repuestos,
- Protección de estructuras remanentes.

#### **4.5.10 Plan de Cierre de Infraestructuras.**

- DESMANTELAMIENTO de campamento y sus instalaciones anexas.
- NIVELAR terreno con material superficial natural del área.
- DEJAR OPERATIVAS las líneas de distribución de energía eléctrica, plantas de purificación de agua potable y de tratamiento de aguas servidas cuando se requieran para monitoreo y eventuales actividades de mitigación. (pueden reemplazarse las instalaciones utilizadas en la etapa de operación por nuevas instalaciones, de menor envergadura ).
- CORTE de caminos.
- SEÑALIZACIONES advirtiendo el peligro.

#### **4.5.11 Plan de Cierre de Manejo de residuos y otros.**

- Retiro de escombros,
- Protección de estructuras remanentes,
- Retiro y disposición final de residuos que no permanecerán en el lugar,
- Cierres y letreros de advertencia,
- Disposición final de residuos que permanecerán en el lugar.
- CIERRE de los depósitos de residuos domésticos, residuos sólidos inertes y residuos peligrosos.
- RECUBRIMIENTO de estos depósitos mediante una capa de suelo compactado de aproximadamente 50 cm para limitar la erosión eólica e infiltración de precipitaciones.
- SEÑALIZACIONES pertinentes.



(Los Pelambres)