

Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero

Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión¹. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web: <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología

existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas.

La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.

En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero son de aplicación a la minería subterránea y a cielo abierto, la minería de aluvión, la minería por disolución y el dragado marino. La extracción de materia prima para la

¹ Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

construcción se examina en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la Extracción de Materiales de Construcción.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

- Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
- Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
- Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales
- Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas al sector de la minería (incluidas las instalaciones de procesamiento de minerales) que tienen lugar durante las fases de exploración, desarrollo y construcción, funcionamiento, cierre y desmantelamiento, y durante la fase posterior al cierre, junto con las recomendaciones para su manejo. Por otra parte, en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se ofrecen recomendaciones sobre la gestión de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de los grandes establecimientos industriales.

1.1 Medio ambiente

Los posibles problemas ambientales relacionados con las actividades mineras pueden requerir la gestión de los siguientes aspectos:

- Uso y calidad del agua
- Residuos
- Materiales peligrosos
- Uso de la tierra y biodiversidad
- Calidad del aire
- Ruido y vibraciones
- Uso de la energía
- Impactos visuales

Uso y calidad del agua

El manejo del uso y calidad del agua en las minas y en sus alrededores puede representar un problema importante. La posible contaminación de las fuentes de agua puede producirse al principio del ciclo minero, durante la fase de exploración, y son muchos los factores, incluyendo los impactos indirectos

(por ejemplo, inmigración de población) que pueden perjudicar a la calidad del agua. La disminución del volumen disponible de aguas superficiales y subterráneas también es motivo de preocupación en el ámbito local y para aquellas comunidades situadas en las proximidades de los yacimientos mineros, particularmente en las regiones áridas o en aquellas con un elevado potencial agrícola. Así pues, las actividades mineras deberían incluir un seguimiento y manejo adecuados del uso del agua, además del tratamiento de las corrientes de efluentes (incluida la escorrentía de aguas pluviales del yacimiento).

Uso de agua

Las minas pueden utilizar grandes cantidades de agua, especialmente en las plantas de procesamiento e instalaciones relacionadas, pero también, entre otros usos, para la eliminación del polvo. El agua se pierde a través de la evaporación en el producto final, pero las mayores pérdidas se producen en la corriente de relaves. Todas las minas deberían prestar atención al manejo adecuado de su balance hídrico. Las minas con problemas de exceso de suministro de agua, como por ejemplo las situadas en ambientes tropicales húmedos o en zonas con nieve y hielo derretido, pueden experimentar caudales de pico que exigen una gestión cuidadosa.

Las prácticas recomendadas para la gestión del agua incluyen:

- Elaborar un balance hídrico (incluidos los fenómenos climáticos probables) para la mina y para el circuito del proceso en la planta y utilizar estos datos para diseñar la infraestructura;
- Desarrollar un Plan Sostenible de Manejo del Suministro de Agua para minimizar el impacto sobre los sistemas naturales mediante la gestión del uso del agua, evitando el agotamiento de los acuíferos y minimizando los impactos sobre los usuarios del agua;
- Minimizar la cantidad de agua de reposición;

- Considerar la posibilidad de reutilizar, reciclar y tratar las aguas de proceso siempre que sea posible (por ejemplo, devolver las aguas sobrenadantes desde el estanque de relaves hasta la planta de proceso);
- Examinar el posible impacto sobre el balance hídrico antes de iniciar cualquier actividad de drenaje;
- Consultar con los principales interesados (por ejemplo, gobierno, sociedad civil y comunidades potencialmente afectadas) con el fin de entender cualesquiera posibles demandas rivales sobre el uso del agua y la dependencia de las comunidades con respecto a los recursos hídricos y/o los requisitos de conservación que puedan existir en la zona.

Calidad del agua

Las prácticas recomendadas para gestionar los impactos sobre la calidad del agua incluyen:

- La calidad y cantidad de las corrientes de efluentes procedentes de minas que vierten en el medio ambiente, incluidas las aguas pluviales, el drenaje de la plataforma de lixiviación, los efluentes de proceso y el drenaje global de las obras de la mina, deben manejarse y tratarse de conformidad con los valores indicativos aplicables sobre el vertido de efluentes descritos en la Sección 2.0;
- Además, los vertidos en aguas superficiales no deberían causar una concentración de contaminantes que exceda los criterios de calidad de las aguas ambientales locales situadas fuera de una zona de mezclado establecida con base en criterios científicos. El uso y la capacidad de asimilación de las masas de agua receptoras, incluido el impacto de otras fuentes de descargas en las aguas receptoras, se tendrán en cuenta en términos de las cargas contaminantes y la calidad de la descarga de

efluentes admisibles descritos en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**;

- Se instalarán y mantendrán filtros o colectores eficaces de aceite y grasa en las instalaciones de reabastecimiento de combustible, los talleres, depósitos de almacenamiento de combustible y áreas de contención, y se dispondrá de equipos de vertido junto con los planes de respuesta ante emergencia;
- La calidad del agua almacenada en sistemas abiertos (por ejemplo, áreas de lixiviación, estanques de solución, y estanques o embalses de relaves) debe basarse en los resultados de una evaluación de riesgos específica para el emplazamiento, adoptándose las medidas de control adecuadas para mitigar el riesgo o cumplir los valores indicativos sobre efluentes de la Sección 2.0,
- Las aguas residuales sanitarias deben gestionarse mediante su reutilización o canalizándolas hacia un tratamiento séptico o de superficie, tal y como se describe en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Aguas pluviales

Las principales cuestiones asociadas con el manejo de las aguas pluviales incluyen separar el agua limpia de la sucia, minimizar la escorrentía, evitar la erosión de las superficies terrestres expuestas, evitar la sedimentación de los sistemas de drenaje y minimizar la exposición de las zonas contaminadas a las aguas pluviales. Las estrategias de manejo de las aguas pluviales se han equiparado en general con fases operativas (aunque varias de las medidas se extienden durante más de una fase, incluidas las de desmantelamiento y cierre).

Desde la fase de exploración en adelante, las estrategias de manejo incluyen:

- Reducir la exposición de materiales que generen sedimentos al viento o al agua (por ejemplo, la colocación adecuada de montones de suelo y piedra);
 - Desviar la escorrentía procedente de zonas inalteradas en torno a zonas alteradas, incluidas aquellas áreas que hayan sido niveladas, sembradas o cultivadas. Este drenaje debe someterse a tratamiento para eliminar los sedimentos;
 - Reducir o evitar el transporte de los sedimentos a emplazamientos externos (por ejemplo, uso de estanques de sedimentación, barreras de control de sedimentos);
 - Proteger de la erosión los drenajes de aguas pluviales, las cunetas y los lechos fluviales mediante una combinación de dimensiones adecuadas, técnicas de limitación de pendientes, y el uso de escolleras y revestimientos. Las instalaciones temporales de drenaje deben diseñarse, construirse y mantenerse con vistas a períodos de recurrencia de eventos de al menos 25 años/24 horas, mientras que las instalaciones permanentes de drenaje para un período de recurrencia de 100 años/24 horas. Los requisitos de diseño de las estructuras temporales de drenaje deben además definirse en función del riesgo, teniendo en cuenta la duración prevista de las estructuras de desviación y el intervalo de recurrencia de todas las estructuras que desaguan en ellas.
- Las carreteras de acceso y las pistas deben disponer de gradientes o un tratamiento de superficie para limitar la erosión, y estar dotadas de sistemas de drenaje;
 - Las instalaciones deben ser diseñadas para la carga hidráulica total, incluidas las aportaciones de las cuencas situadas aguas arriba y de las zonas no excavadas;
 - Las instalaciones de sedimentación de aguas pluviales deben ser diseñadas y mantenidas de acuerdo con buenas prácticas de ingeniería internacionalmente aceptadas, incluyendo disposiciones para la captación de detritos y materia flotante. Las instalaciones de control de los sedimentos deben ser diseñadas y operadas para una descarga final de Sólidos en Suspensión Totales (SST) de 50 mg/l y otros parámetros y valores de referencia aplicables descritos en la Sección 2.0, teniendo en cuenta las condiciones de partida y las posibilidades de mejora global de la calidad de las aguas receptoras, tal y como se describe en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. La calidad de las aguas vertidas debe asimismo respetar el uso de las aguas receptoras.

Desde la fase de construcción en adelante, las estrategias de manejo recomendadas incluyen:

- Establecer zonas ribereñas;
- Implementar de forma oportuna una combinación adecuada de técnicas de labranza de contorno, formación de terrazas, reducción / minimización de pendientes, limitación de la velocidad de las aguas de escorrentía e instalaciones de drenaje adecuadas para reducir la erosión tanto en las zonas activas como en las inactivas;

Una vez iniciadas las operaciones, las estrategias de manejo recomendadas incluyen:

- La nivelación definitiva de zonas alteradas, incluyendo la preparación de la cubierta antes de aplicar las capas finales de elementos para el cultivo, se realizará siguiendo el contorno siempre que pueda hacerse de forma segura y práctica;
- La repoblación vegetal en zonas alteradas, incluyendo la siembra, se llevará a cabo inmediatamente después de aplicar los elementos para el cultivo y evitar la erosión.

Drenaje ácido de rocas y lixiviación de metales

El drenaje ácido de rocas (DAR) hace referencia a la formación de ácidos que tiene lugar cuando los materiales potencialmente

generadores de ácidos (PGA) junto con los minerales de sulfuro generadores de ácido superan los minerales neutralizadores de ácido, principalmente carbonatos, se oxidan en un entorno que contiene oxígeno y agua. Las condiciones ácidas tienden a disolver y liberar metales de sus matrices (un fenómeno conocido como lixiviación de metales o “LM”) que pueden ser movilizados a continuación en sistemas superficiales o subterráneos. El DAR y la LM deben prevenirse y controlarse tal y como se describe en la sección sobre “Residuos sólidos” de este documento. El manejo de los materiales PGA, el DAR y la LM debe prolongarse en tanto persista la necesidad de mantener la calidad de los efluentes al nivel requerido para proteger el medio ambiente local, incluyendo, en caso necesario, durante las fases de desmantelamiento, cierre y posterior al cierre de la mina.

Las cuestiones relativas a DAR y LM afectan a las rocas residuales, materiales de relave y cualquier superficie rocosa expuesta, como son cortes de carretera y paredes de fosas.

Protección de los recursos subterráneos

Además de la prevención y el control de efluentes, residuos y posibles fugas de materiales peligrosos, las recomendaciones adicionales para el manejo de las fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas, principalmente asociadas con la lixiviación, las actividades de la minería por disolución y el manejo de relaves, incluyen las siguientes²:

Lixiviación: los operadores deben diseñar y operar procesos de lixiviación de las escombreras superficiales teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Evitar la filtración de soluciones lixiviadas tóxicas mediante la provisión de revestimientos adecuados y sistemas de drenaje subterráneo para recoger o reciclar la solución empleada en el tratamiento y minimizar la infiltración en el terreno;
- Los sistemas de conducción que transporten soluciones cargadas se diseñarán con dispositivos unidos de contención secundaria;
- Instalar equipos de detección de fugas para los sistemas de conducción y de planta con sistemas adecuados de respuesta a fugas;
- Forrar y equipar con un número suficiente de orificios que permita supervisar el nivel y la calidad del agua los estanques de almacenamiento de las soluciones de proceso y otros embalses diseñados para retener agua no fresca y lixiviados de proceso no tratados.

Minería por disolución: los operadores deben diseñar y operar los proyectos de minería por disolución teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Prácticas adecuadas de localización y operación basadas en las características de los estratos de confinamiento para garantizar la minimización del movimiento de la solución de lixiviación más allá de la zona de extracción y la protección de los acuíferos fuera del emplazamiento;
- Instalar un número suficiente de orificios de supervisión alrededor de las bolsas que permita supervisar la presión, así como la cantidad y calidad del agua.

Residuos

Las minas generan elevados volúmenes de residuos. Las estructuras tales como los vertederos de residuos, embalses / presas de relaves e instalaciones de contención, deben ser planificadas, manejadas y operadas de modo que los riesgos

² Puede encontrarse más información sobre las medidas de protección de las aguas subterráneas en las actividades de lixiviación in situ y de la minería por disolución en la guía de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, disponible en: <http://www.epa.gov/safewater/uic/classv/pdfs/sol-fact.pdf>; <http://www.uic.com.au/nip40.htm>; and <http://www.saltinstitute.org/12.html>.

geotécnicos y los impactos ambientales puedan ser adecuadamente evaluados a lo largo de todo el ciclo minero.

Los residuos sólidos pueden generarse en cualquiera de las fases del ciclo minero. Las actividades mineras que mayor cantidad de residuos generan son probablemente las que tienen lugar durante las fases operativas, que requieren mover grandes cantidades de cubierta y la creación de rocas residuales y relaves. Dependiendo del tipo de mina, otros residuos sólidos pueden consistir en residuos de las plataformas de lixiviación, restos de talleres y residuos domésticos y residuos industriales ajenos al proceso, así como aceites residuales, sustancias químicas y otros residuos potencialmente peligrosos.

Vertederos de estériles

Dependiendo de la tasa de descubierta (en la minería a cielo abierto), normalmente deben retirarse grandes cantidades de cubierta o roca residual para dejar expuesto el mineral a extraer. La cubierta y la roca residual suele descargarse en vertederos construidos para roca residual. El manejo de estos vertederos durante la vida de la mina es importante para proteger la salud humana, la seguridad y el medio ambiente.

Las recomendaciones para el manejo de los vertederos de estériles incluyen las siguientes:

- Los vertederos se planificarán con las especificaciones adecuadas de terraza y altura de elevación basadas en la naturaleza del material y en consideraciones geotécnicas locales para minimizar la erosión y reducir los riesgos para la seguridad;
- El manejo de los residuos potencialmente generadores de ácido (PGA, por sus siglas en inglés) debe llevarse a cabo tal y como se describe en las guías presentadas más adelante;

- Deben tenerse en cuenta los posibles cambios en las propiedades geotécnicas de los vertederos debido a la erosión catalizada química o biológica. Esto puede reducir notablemente los lodos vertidos en términos de tamaño del grano y mineralogía, lo que se traduce en altos coeficientes de fracción arcillosa y una estabilidad considerablemente inferior y una mayor propensión a la falla geotécnica. Estos cambios en las propiedades geotécnicas (particularmente, cohesión, ángulo interno de fricción) afectan en particular a aquellas instalaciones que no son desmanteladas con un sistema de cobertura adecuado, que impediría que la precipitación se filtre en el cuerpo del vertedero. El diseño de nuevas instalaciones tendrá en cuenta el posible deterioro de las propiedades geotécnicas aportando factores superiores de seguridad. Las evaluaciones de estabilidad / seguridad de las instalaciones existentes deben tener en cuenta estos posibles cambios.

Relaves

Las estrategias de manejo de relaves varían en función de las restricciones del emplazamiento y de la naturaleza / tipo de los relaves. Los impactos ambientales potenciales incluyen la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales debido a la generación de drenaje ácido de rocas (DAR) y a la lixiviación de metales (LM) que contienen aguas de escorrentía / lixiviados, sedimentación de las redes de drenaje, generación de polvo y la aparición de posibles peligros geotécnicos asociados con la opción de manejo elegida. Las estrategias de manejo de los relaves deben tener en cuenta cómo se van a manipular y eliminar los relaves durante la fase de operación, además de cómo se va a proceder a su almacenamiento permanente tras el desmantelamiento. Las estrategias deben tener en cuenta la topografía del lugar, los receptores aguas abajo y la naturaleza física de los relaves (por ejemplo, volumen

previsto, granulometría, densidad y contenido en agua, entre otros factores)³.

Las estrategias recomendadas para el manejo de los relaves incluyen:

- El diseño, operación y mantenimiento de las estructuras de acuerdo con las especificaciones de ICOLD3 y ANCOLD4, u otras normas internacionalmente reconocidas basadas en una estrategia de evaluación de riesgos. En las fases de diseño y construcción debe llevarse a cabo una adecuada verificación independiente que incluya un seguimiento continuo tanto de la estructura física como de la calidad del agua durante las actividades de operación y desmantelamiento⁴;
- Cuando las estructuras se hallen en zonas donde exista un riesgo de alta carga sísmica, la verificación independiente debe incluir un control del máximo terremoto tipo y de la estabilidad de la estructura con el fin de asegurar un diseño que garantice que en caso de darse episodios sísmicos no se producirán escapes de relaves no controlados;
- El diseño de las instalaciones de almacenamiento de relaves debe tener en cuenta los riesgos / peligros específicos asociados con la estabilidad geotécnica o con un fallo hidráulico, así como los riesgos asociados para los activos económicos, los ecosistemas y la salud y seguridad humana aguas abajo. Así pues, las consideraciones ambientales deberían también tener en cuenta la preparación ante situaciones de emergencia y la planificación de respuestas y medidas de contención /

mitigación en caso de escapes catastróficos de relaves o aguas sobrenadantes;

- Todos los drenajes, cunetas y lechos fluviales ideados para desviar el agua procedente de las cuencas de captación circundantes de la estructura de relaves se construirán de acuerdo con las normas de intervalos de recurrencia de inundaciones mencionados en esta Sección;
- El manejo de la percolación y el análisis relacionado de estabilidad se tendrán en cuenta en el diseño y la operación de las instalaciones de almacenamiento de relaves. Esto requerirá probablemente un sistema de seguimiento piezométrico específico para los niveles de percolación en el agua dentro del muro de estructura y aguas abajo, que deberá mantenerse durante todo su ciclo de vida;
- Considerar la posibilidad de crear instalaciones de relaves de vertido cero y elaborar un balance hídrico completo y una evaluación de riesgos para el circuito de proceso de la mina, incluyendo embalses y presas de relaves. Estudiar el uso de revestimientos naturales o sintéticos para minimizar riesgos;
- La especificación de diseño debe tener en cuenta la máxima probabilidad de crecidas y el desagüe de seguridad necesario para contenerlas de forma segura (dependiendo de los riesgos específicos del emplazamiento) durante toda la duración prevista de la presa de relaves, incluida su fase de desmantelamiento;
- En caso de existir posibles riesgos de licuefacción, incluidos riesgos asociados con fenómenos sísmicos, la especificación de diseño deberá tener en cuenta el máximo terremoto tipo;
- El vertido en tierra en un sistema que pueda aislar los materiales generadores de lixiviados ácidos de la oxidación y el agua de percolación, como por ejemplo un

³ Para más información, véase la Asociación Minera de Canadá (Mining Association of Canada, MAC – www.mining.ca): A Guide to the Management of Relaves Facilities (1998) y Developing an Operations, Maintenance and Surveillance Manual for Relaves and Water Management Facilities (2003).

⁴ Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), disponible en: <http://www.icold-cigb.net> y el Comité Nacional Australiano de Grandes Presas (ANCOLD), disponible en: <http://www.ancold.org.au/>

embalse de relaves con una presa y la deshidratación e impermeabilización subsiguientes. Las alternativas de vertido sobre el terreno se diseñarán, construirán y operarán de acuerdo con las normas reconocidas internacionalmente de seguridad geotécnica;

- El espesamiento o la formación de pasta para rellenar fosas y explotaciones subterráneas durante la progresión de la mina.

La eliminación de los relaves en aguas ribereñas (por ejemplo, ríos, lagos o lagunas) o en aguas marinas superficiales no se considera una buena práctica industrial internacional. Por extensión, el dragado ribereño, que exige la eliminación de los relaves en emplazamientos ribereños, tampoco se considera una buena práctica internacional.

El depósito de relaves en alta mar (DSTP, por sus siglas en inglés) puede ser considerado una alternativa sólo en el supuesto de que no exista una alternativa en tierra sólida desde el punto de vista ambiental y social basada en una evaluación científica independiente de los posibles impactos. Si y cuando se considere la posibilidad de recurrir al DSTP, se atenderá a la viabilidad en detalle y a una evaluación de impacto ambiental y social de todas las opciones de manejo de los relaves, y sólo en el caso de que la evaluación de impacto demuestre que no es probable que el vertido tenga efectos perjudiciales significativos sobre los recursos marinos y costeros o sobre las comunidades locales.

Residuos de las plataformas de lixiviación

Las prácticas recomendadas para el manejo de los residuos de las plantas de lixiviación incluyen las siguientes:

- La recolección y tratamiento de los lixiviados debe continuar hasta que los niveles finales de los efluentes

respeten los valores indicativos recogidos en la Sección 2.0;

- Las plantas de lixiviación desmanteladas deben emplear una combinación de sistemas de manejo de las superficies, recolección de las aguas de infiltración y sistemas de tratamiento activos o pasivos para garantizar que la calidad de los recursos hídricos se mantiene en la fase posterior al cierre;

Caracterización geoquímica de los residuos

Las empresas mineras deben elaborar e implementar métodos de caracterización geoquímica de los minerales y de los residuos para canalizar adecuadamente los materiales potencialmente generadores de ácido (PGA) y programas de manejo de DAR que incluyan los siguientes elementos:

- Realizar una serie exhaustiva de pruebas de lixiviación acelerada a partir de la fase de estudio de viabilidad, con objeto de evaluar las posibilidades de DAR en todas las formaciones que se prevea alterar o exponer a causa de la mina de acuerdo con procedimientos internacionalmente reconocidos⁵;
- Realizar pruebas / mapas exhaustivos de DAR / lixiviación de metales (LM) de forma continuada y de acuerdo con el tamaño decreciente de los bloques a medida que se transfieren las formaciones desde los planes de minería a largo, medio y corto plazo;
- Implementar medidas de prevención de DAR y LM para minimizar el DAR, incluidas:
 - Limitar la exposición de los materiales PGA mediante el ajuste de las fases de desarrollo y construcción,

⁵ Véase Departamento de Interior de Estados Unidos, Oficina de Minería a Cielo Abierto, *Acid Mine Drainage Prevention and Mitigation*, disponible en: <http://www.osmre.gov/amdpvm.htm> y *Policy for Metal Leaching and Acid Rock Drainage at Mine Sites in British Columbia* (BC MEM 1998), disponible en: www.em.gov.bc.ca/Mining/MinePer/ardpolicy.htm

además de cubrir y/o segregar las aguas de escorrentía para su tratamiento

- Implementar técnicas de gestión del agua, como por ejemplo desviar las aguas de escorrentía limpias de los materiales PGA y segregar la escorrentía “sucia” de los materiales PGA para su posterior tratamiento; nivelar los montones de materiales PGA para evitar el encharcamiento y la infiltración; y retirar el agua de las fosas rápidamente para minimizar la generación de ácidos
- Ubicación controlada de los materiales PGA (incluidos los residuos) para garantizar unas condiciones permanentes que eviten el contacto con oxígeno o agua, incluyendo⁶:
 - Sumergir o inundar los materiales PGA, situándolos en un entorno anóxico (libre de oxígeno), típicamente bajo una cubierta de agua
 - Aislar los materiales PGA por encima de la capa freática con una cubierta impermeable para limitar su filtración y su exposición al aire. Las cubiertas suelen ser menos importantes en climas áridos en que las precipitaciones son poco abundantes y deben ser adecuadas para el clima y la vegetación (en caso de haberla) locales
 - La mezcla de materiales PGA con materiales no PGA o con materiales alcalinos también puede utilizarse para neutralizar la generación de ácidos cuando proceda. La mezcla debe basarse en una caracterización completa de cada uno de los materiales mezclados, la relación entre los materiales alcalinos y los materiales generadores de ácidos, el historial de operaciones fallidas y la necesidad de pruebas cinéticas estáticas y a largo plazo.

Residuos generales no peligrosos

⁶ Ibid. (para más información sobre la ubicación).

Las prácticas recomendadas para el manejo de los residuos domésticos y de los residuos industriales no relacionados con el proceso incluyen las siguientes:

- Los residuos sólidos no peligrosos deben manejarse de acuerdo con las recomendaciones presentadas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**;
- Los residuos sólidos no peligrosos deben ser recogidos para su reciclaje o eliminación en un vertedero controlado. Los vertederos externos deben ser auditados por la mina para asegurar que utilizan prácticas de manejo de residuos apropiadas. En el caso de que no exista este tipo de instalación a una distancia razonable, la mina debe establecer y operar un vertedero propio con los permisos reglamentarios apropiados y estudios científicamente defendibles que puedan demostrar que la eliminación de los residuos peligrosos no representará un daño para la salud humana o el medio ambiente⁷;
- Los residuos sólidos no peligrosos no deben ser eliminados junto con las rocas estériles o los materiales de la cubierta, salvo en circunstancias excepcionales que deben quedar perfectamente documentadas en la evaluación ambiental y social del proyecto.

Residuos peligrosos

Las prácticas recomendadas para el manejo de los residuos peligrosos incluyen las siguientes:

- Los residuos peligrosos, incluidos los aceites residuales, las sustancias químicas, y los materiales de envasado y los contenedores usados, deben manejarse tal y como se

⁷ Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de manejo de residuos ofrecen orientaciones detalladas sobre el diseño y operación de las instalaciones de manejo de residuos.

describe en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**;

- Los residuos peligrosos deben ser manipulados por proveedores especializados (de acuerdo con los permisos reglamentarios) en instalaciones de manejo de residuos peligrosos específicamente diseñadas y operadas para este objetivo. En el supuesto de que no se pueda encontrar este tipo de servicios a una distancia razonable de la mina, ésta deberá establecer y operar su propia planta de residuos con los permisos necesarios;
- La combustión de los aceites residuales se llevará a cabo preferentemente como combustible suplementario en las instalaciones de generación de electricidad y respetando los valores indicativos sobre emisiones aplicables a las fuentes de combustión (ver las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** y las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para Energía Térmica).

Materiales peligrosos

Los materiales peligrosos deben ser manipulados, almacenados y transportados de tal forma que se eviten las fugas, descargas y otro tipo de escapes accidentales al terreno, las aguas superficiales o las aguas subterráneas. Las medidas de mitigación recomendadas para minimizar el riesgo asociado con un derrame accidental procedente de los tanques de almacenamiento o de las tuberías (por ejemplo, tuberías de deslaves) incluyen:

- Proporcionar contención secundaria para restringir el movimiento en las masas de agua receptoras (por ejemplo, colectores, zonas de retención, revestimientos impermeables) mediante, por ejemplo, las siguientes medidas:

- Construir conducciones con secciones de doble pared o paredes gruesas en los puntos críticos (por ejemplo, cruces de grandes corrientes)
- Instalar válvulas de cierre para minimizar el volumen de vertidos y aislar los flujos en las zonas más importantes

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales detalladas para el manejo de materiales peligrosos, incluida la planificación para la prevención y el control de derrames durante la manipulación, almacenamiento y transporte de ciertos materiales, como combustibles y sustancias químicas.

Cianuro

La utilización de cianuro debe respetar los principios y normas de procedimiento del Código Internacional para el Manejo del Cianuro⁸. El Código de Cianuro incluye principios y normas aplicables a varios aspectos del uso del cianuro, incluida su compra (adquisición), transporte, manipulación / almacenamiento, uso, instalaciones de desmantelamiento, seguridad laboral, respuesta frente a situaciones de emergencia, capacitación, y consultas públicas y tareas de divulgación. El Código es un programa sectorial voluntario desarrollado a través del diálogo con varios grupos de participantes, patrocinado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y administrado por el Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro.

Uso de la tierra y biodiversidad

La alteración del hábitat es una de las amenazas potenciales más significativas a la biodiversidad asociada con la actividad minera. La alteración del hábitat puede producirse durante

⁸ Código Internacional para el Manejo del Cianuro, disponible en: http://www.cyanidecode.org/index_sp.php.

cualquiera de las fases del ciclo minero, si bien la alteración temporal o permanente de los hábitats terrestres y acuáticos es más frecuente durante las actividades de construcción y operación. Además, las actividades de exploración a menudo requieren el desarrollo de rutas de acceso, corredores de transporte y campamentos temporales para alojar a los trabajadores, todo lo cual puede traducirse en distintos grados de desbroce e inmigración de población.

Dependiendo del tipo de mina, las actividades de desarrollo y construcción requieren a menudo el desbroce del terreno para la mina y para la planta de proceso, la instalación de deslaves, las zonas de residuos y escombreras, e infraestructuras como son edificios, carreteras, campamentos de construcción, núcleos de población, estructuras de gestión del agua, plantas generadoras de electricidad, líneas de transmisión y corredores de acceso hasta el lugar en que se encuentra la mina.

La protección y conservación de la biodiversidad son fundamentales para un desarrollo sostenible. Una de las cuestiones esenciales de los proyectos mineros suele ser la integración de las necesidades de conservación y de las prioridades de desarrollo de una forma que respete las necesidades de uso de la tierra que tienen las comunidades locales. Las estrategias recomendadas incluyen tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Si el proyecto va a perjudicar a algún hábitat natural esencial⁹ o a reducir a especies en peligro de extinción en grave peligro de extinción;
- Si el proyecto tiene posibilidades de afectar a algún área protegida;

⁹ Tal y como define la Norma de Desempeño de la IFC 6 – Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de los recursos naturales. Los lectores deberían consultar la definición y los requisitos aplicables a los hábitat esenciales en la Norma de Desempeño.

- El potencial para los proyectos de compensación de impactos sobre la biodiversidad (por ejemplo, la gestión activa de zonas alternativas de alto valor en términos de biodiversidad en aquellos casos en que las pérdidas se produzcan en el emplazamiento principal debido al desarrollo de la minería) u otras medidas de mitigación;
- Si el proyecto o su infraestructura asociada puede fomentar la inmigración, lo que podría perjudicar a la biodiversidad y a las comunidades locales;
- Considerar la posibilidad de asociarse con organizaciones científicas internacionalmente acreditadas para, por ejemplo, realizar evaluaciones de biodiversidad, llevar a cabo un seguimiento continuo y gestionar programas de biodiversidad;
- Consultar a los principales interesados (por ejemplo, gobierno, sociedad civil y comunidades potencialmente afectadas) para comprender las demandas conflictivas de uso del suelo y la dependencia de las comunidades de los recursos naturales y/o los requisitos de conservación que puedan existir en la zona.

Hábitats terrestres

En la medida de lo posible, la alteración de los hábitats terrestres temporales y permanentes deberá minimizarse y respetar el requisito de proteger y conservar los hábitat más importantes. Las estrategias de manejo recomendadas incluyen¹⁰:

- Ubicar las rutas de acceso y las instalaciones en emplazamientos que eviten un impacto sobre los hábitat terrestres más importantes, y planificar las actividades de

¹⁰ Puede consultarse información adicional sobre las estrategias de conservación de la biodiversidad en "Integrating Mining and Biodiversity Conservation – Case Studies from around the world" (IUCN y ICMM, 2004) y en "Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad" (ICMM, 2006).

exploración y construcción de modo que se eviten los períodos sensibles del año;

- Minimizar las perturbaciones de la vegetación y los suelos;
- Implementar medidas de mitigación adecuadas para el tipo de hábitat y para los posibles impactos, incluyendo por ejemplo la restauración después de la operación (que puede consistir en inventarios básicos, evaluaciones y rescate eventual de especies), la compensación de pérdidas o la compensación a los usuarios directos;
- Evitar o minimizar la creación de barreras que dificulten el movimiento de la fauna salvaje o supongan una amenaza para las especies migratorias (por ejemplo, las aves), y proporcionar rutas de migración alternativas cuando la creación de dichas barreras no pueda evitarse;
- Planificar y evitar las áreas sensibles e instalar zonas de separación;
- Realizar actividades que minimicen el riesgo de corrimientos de tierra, detritos y avalanchas de barro y lodo, y la desestabilización de los conos de deyección y los bancos;
- Implementar medidas de conservación del suelo (por ejemplo, la segregación, la adecuada colocación y amontonamiento de suelos limpios y material de cubierta para la restauración del emplazamiento existente); deberán tenerse en cuenta factores tales como la situación, el emplazamiento, el diseño, la duración, la cobertura, la reutilización y la gestión unitaria;
- En caso de separarse previamente el mantillo, se almacenará para las actividades de rehabilitación del emplazamiento en el futuro. El manejo del mantillo incluirá el mantenimiento de la integridad del suelo para garantizar su disponibilidad para uso futuro. Las áreas de almacenamiento deben ser temporalmente protegidas o vegetarse para prevenir la erosión;

- Conservar la calidad y la composición del elemento de cultivo para su uso (por ejemplo, para la impermeabilización) durante las actividades de rehabilitación del emplazamiento y de cierre;
- Garantizar que el elemento para el cultivo baste para dar soporte a las especies de plantas autóctonas apropiadas para el clima local y coherentes con los usos futuros de la tierra propuestos. El grosor general del elemento de cultivo se ajustará a las zonas no alteradas circundantes y al futuro uso del suelo;
- Manejar el crecimiento de vegetación a lo largo de las carreteras de acceso y en las instalaciones exteriores permanentes. Retirar las especies de plantas invasivas y replantar especies autóctonas. El control de la vegetación debe emplear medidas de control biológicas, mecánicas y térmicas y evitar el empleo de herbicidas químicos tanto como sea posible.

En caso de que se demuestre que es necesario emplear herbicidas para controlar el crecimiento de la vegetación en las carreteras de acceso o en las instalaciones, el personal se capacitará en el uso de herbicidas. Los herbicidas cuyo uso debe evitarse incluyen los enumerados en la Clasificación recomendada de plaguicidas según su peligrosidad (clases 1ª y 1b) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Clasificación de los Plaguicidas según su Grado de Peligro, Clase II (cuando el país anfitrión del proyecto carezca de restricciones sobre la distribución y utilización de estos productos químicos, o cuando personal sin la capacitación, el equipamiento y las instalaciones adecuados para manejar, almacenar, aplicar o eliminar dichos productos gocen de acceso a estas sustancias químicas) recomendada por la OMS, y los comprendidos en los anexos A y B de la Convención de

Estocolmo, excepto en las condiciones especificadas por dicha convención¹¹.

Hábitats acuáticos

Los cambios en el régimen de las aguas superficiales y subterráneas, y el consiguiente aumento de la presión sobre las comunidades de peces y salvajes pueden alterar los hábitats acuáticos. Las operaciones que implican movimientos de tierras pueden movilizar sedimentos que pueden penetrar en los cursos de agua y perturbar la calidad y cantidad de agua. Las estrategias de manejo recomendadas incluyen las siguientes:

- Minimizar la creación y la extensión de los corredores de acceso nuevos;
- Desmantelar y repoblar con vegetación las rutas de acceso de exploración, e instalar barreras para limitar el acceso;
- Mantener, en la medida de lo posible, las vías de drenaje natural y restaurarlas en caso de haber sido alteradas;
- Mantener las zonas de captación de las masas de agua en condiciones iguales o comparables a las existentes antes del desarrollo;
- Proteger la estabilidad del lecho fluvial limitando las alteraciones en la corriente y las orillas y empleando barreras adecuadas para las zonas ribereñas;
- Atenuar la escorrentía superficial durante las precipitaciones fuertes empleando infraestructura de almacenamiento y manejo de aguas en el emplazamiento (por ejemplo, estanques de almacenamiento, colectores, diques de baja gradiente, desvíos para el agua limpia);
- Diseñar puentes y acueductos temporales y permanentes para manejar los flujos máximos en función del riesgo potencial asociado;
- Construir, mantener y rehabilitar cruces de cursos de agua que sean estables, seguros para el uso previsto y que

¹¹ Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (2001).

minimicen la erosión, las pérdidas masivas y la degradación del lecho de canales o lagos.

Hábitat marinos

El dragado marino, la minería en alta mar, las actividades de carga en alta mar, la construcción de puertos y la eliminación de deslaves puede causar alteraciones en los hábitat acuáticos de los entornos marinos. Los ríos y la escorrentía afectados por las operaciones de minería también pueden afectar al medio marino. Los impactos clave a tener en cuenta en el medio marino incluyen la perturbación y destrucción del hábitat, la suspensión de sedimentos en la columna de agua, los cambios en la temperatura del agua y los cambios en la calidad del agua. Los patrocinadores del proyecto deben contratar los servicios de especialistas adecuados para realizar evaluaciones de impacto sobre el medio marino que incluyan también los impactos socioeconómicos (por ejemplo, impactos en los caladeros). La evaluación y el manejo de los impactos deben respetar los compromisos asumidos por el país anfitrión en virtud de los acuerdos internacionales, incluida la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar¹².

Calidad del aire

La gestión de la calidad del aire ambiente en los yacimientos es importante en todas las fases del ciclo minero. Las emisiones a la atmósfera pueden producirse durante cada una de las etapas en el ciclo minero, pero, en particular, durante las actividades de exploración, desarrollo, construcción y operación. Las principales fuentes incluyen el polvo fugitivo generado durante las actividades de voladura, las superficies expuestas (como las instalaciones para los deslaves, escombreras, vertederos de

¹² La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982) contiene numerosos requisitos aplicables a la navegación, la utilización de los recursos y la protección de los recursos en el mar territorial y la zona adyacente de los estados signatarios. El texto completo de la convención puede consultarse en: http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf

residuos, pistas de acceso e infraestructura) y, en menor medida, los gases procedentes de la quema de combustible de los equipos fijos y móviles. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** proporcionan orientaciones sobre aspectos relacionados con la calidad del aire ambiente.

Polvo

Deben minimizarse las emisiones fugitivas de polvo procedentes de las superficies secas de las instalaciones de deslaves, los vertederos de residuos, las escombreras y otras zonas expuestas. Las estrategias de manejo del polvo incluyen:

- Técnicas de supresión del polvo (por ejemplo, la humectación, el uso de superficies impermeables, la utilización de aditivos aglomerantes) para carreteras y áreas de trabajo, optimización de los patrones del tráfico y limitación de la velocidad de los desplazamientos;
- Se repoblarán con vegetación o se cubrirán rápidamente los suelos expuestos y otros materiales erosionables;
- Las zonas nuevas se desbrozarán y pondrán en cultivo sólo cuando sea estrictamente necesario;
- Las superficies inactivas se repoblarán o tratarán para evitar la formación de polvo;
- El almacenamiento de materiales polvorientos se cerrará u operará con medidas eficaces de supresión de polvo;
- La carga, transferencia y descarga de materiales tendrá lugar a alturas mínimas de caída y se protegerán del viento, estudiando la posibilidad de utilizar sistemas de pulverización para la supresión de polvo;
- Los sistemas transportadores de materiales polvorientos se cubrirán y equiparán con medidas para la limpieza de las cintas de retorno.

Emisiones gaseosas

Las fuentes principales de emisiones gaseosas son la quema de combustibles en las instalaciones de generación eléctrica,

emisiones móviles, emisiones de metano y operaciones de secado, tostación y fundición. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen las estrategias recomendadas para reducir y controlar las emisiones procedentes de fuentes fijas de generación de vapor y electricidad con una capacidad igual o inferior a 50 megavatios térmicos (MWth) y de fuentes móviles. Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las centrales térmicas contienen recomendaciones para las fuentes de generación de electricidad con una capacidad superior a los 50MWth.

Fundición y tostación

Las recomendaciones generales relacionadas con la fundición y el refinado pueden encontrarse en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la Fundición y el Refinado de Metales Comunes. Sin embargo, existen ciertas cuestiones que son específicas de las actividades de tostación y fundición de metales preciosos.

Muchos productores de metales preciosos funden el metal en el propio emplazamiento antes de transportarlo a refinerías externas. Normalmente, el oro y la plata se producen en hornos pequeños de fusión / fundición que generan pocas emisiones pero que pueden producir emisiones de mercurio a partir de ciertos minerales. Se llevarán a cabo ensayos antes de la fusión para determinar si es necesaria una retorta de mercurio para la recolección de mercurio.

Las operaciones que recurren a la tostación de los concentrados suelen generar elevados niveles de mercurio, arsénico y otros metales, así como emisiones de SO₂. Las estrategias de manejo recomendadas incluyen:

- Operaciones a una temperatura controlada (los tostadores que funcionan a temperaturas elevadas

suelen causar mayores problemas de control de los contaminantes)

- Inclusión de un sistema adecuado de lavado de gas

La fundición de los Metales del Grupo del Platino (MGP) es similar a la fundición del níquel y del aluminio. Debe prestarse atención para evitar la formación de carbonilo de níquel y de cromo VI durante el proceso de fundición. En caso de practicarse el drenaje del metano (venteo), se considerará la posibilidad de aprovechar el gas.

Ruido y vibraciones

Las emisiones de ruido asociadas con las actividades mineras pueden proceder de motores de vehículos, la carga y descarga de rocas en basculadores de acero, las chimeneas, la generación de electricidad y otras fuentes relacionadas con las actividades de construcción y minería. Otras posibles fuentes de ruido son los trabajos con pala, el escariado, la perforación, las actividades de voladura, el transporte (incluyendo corredores para ferrocarriles, carreteras y cintas transportadoras), la trituración, la molienda y almacenamiento. Las buenas prácticas para prevenir y controlar las fuentes de ruido deben fijarse en función del uso predominante del suelo y de la proximidad de los receptores del ruido (por ejemplo, comunidades o zonas de uso comunitario). Las estrategias de manejo recomendadas incluyen:

- Los niveles de ruido del receptor sensible más próximo deben respetar los valores de referencia sobre el ruido recogidos en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**;
- En caso necesario, deberán minimizarse y controlarse las emisiones de ruido mediante la aplicación de técnicas que pueden incluir:

- Implementar el cerramiento y revestimiento de las plantas de procesamiento
- Instalar las barreras de sonido y / o de contención del ruido adecuadas, con cerramientos y cortinas cerca o en los propios equipos de origen (por ejemplo, trituradoras, amoladoras y tamices)
- Instalar barreras naturales en los límites de la instalación, como por ejemplo cortinas vegetales o bermas para el suelo
- Optimizar la canalización del tráfico interno, especialmente con vistas a minimizar la necesidad de los vehículos de realizar maniobras de marcha atrás (reduciendo así el ruido generado por las alarmas de marcha atrás) y para maximizar las distancias a los receptores sensibles más cercanos

Las vibraciones más significativas suelen estar asociadas a las actividades de voladura, pero también pueden proceder de muchas clases de equipos. Las minas deben minimizar las fuentes más significativas de vibraciones, por ejemplo mediante el diseño adecuado de los cimientos para las trituradoras. Para las emisiones relacionadas con las actividades de voladura (por ejemplo, vibraciones, aire comprimido, sobrepresión o rocas volátiles), se recomiendan las siguientes prácticas de manejo:

- Recurrir al escariado mecánico siempre que sea posible para evitar o minimizar el uso de explosivos;
- Emplear planes de voladura específicos, procedimientos correctos de carga y coeficientes de voladura, detonadores retardados / microretardados o detonadores eléctricos, y ensayos específicos in situ de voladura en el emplazamiento (iniciar las detonaciones en el fondo del pozo con detonadores de retardo corto mejora la fragmentación y reduce las vibraciones del terreno);
- Desarrollar un diseño para la voladura que incluya un sondeo de las superficies de detonación para evitar las

cargas excesivamente confinadas y un sondeo del pozo de perforación para comprobar la desviación existente y llevar a cabo los recálculos de la voladura correspondientes;

- Implementar un control de las vibraciones y el exceso de presión en el terreno con las mallas de perforación adecuadas;
- Diseñar adecuadamente la base de las trituradoras primarias y otras fuentes de vibración significativas.

Uso de la energía

Algunas de las actividades mineras que mayor energía consumen son el transporte, las actividades de exploración, y los procesos de perforación, excavación, extracción, molienda, trituración, molturación, bombeo y ventilación. Las medidas recomendadas para el ahorro de energía incluyen:

- Utilizar tecnologías no invasivas como son las tecnologías de teledetección y terrestres para minimizar las excavaciones y perforaciones exploratorias;
- Ajustar correctamente el tamaño de los motores y las bombas empleadas en las labores de excavación, movimiento de minerales, trituración de minerales y proceso de manejo de minerales, y emplear variadores de velocidad (ASD) en las aplicaciones que requieran cargas extremadamente variables.

Impactos visuales

Las operaciones mineras, y en particular las actividades de la minería de superficie, pueden resultar en impactos visuales negativos para los recursos asociados con otros usos del suelo, como por ejemplo el ocio o el turismo. Los posibles factores contribuyentes a los impactos visuales son las paredes verticales, la erosión, el agua descolorida, las pistas de acceso, los vertederos de residuos, los estanques de lodos, los equipos y estructuras mineros abandonados, los vertederos de basura y

desechos, las minas a cielo abierto y la deforestación. Las operaciones mineras deben prevenir y minimizar los impactos visuales negativos mediante la consulta con las comunidades locales sobre el posible uso del suelo después del cierre de la mina, incorporando una evaluación de impacto visual al proceso de rehabilitación de la mina. Las tierras rehabilitadas deberían, en la medida de lo posible, adaptarse al aspecto que presente el paisaje que las rodea. El diseño y los procedimientos de rehabilitación deben tener en cuenta la proximidad a las vistas panorámicas de uso público y al impacto visual en el contexto de la distancia de visión¹³. Las medidas de mitigación pueden incluir la ubicación estratégica de materiales que hagan pantalla (incluidos árboles) y la utilización de especies adecuadas de plantas durante la fase de rehabilitación, así como la modificación en la ubicación de las instalaciones auxiliares y las carreteras de acceso.

1.2 Higiene y seguridad ocupacional

Las actividades mineras deben procurar ofrecer un entorno en que las personas puedan trabajar sin resultar heridas y donde se fomente la salud de los trabajadores. Los peligros relacionados con la higiene y la salud ocupacional en la planta deberían identificarse con base en los análisis de seguridad laboral y evaluaciones exhaustivas de peligros y riesgos que empleen metodologías tales como el estudio de identificación de peligros [HAZID], estudio de peligros y operabilidad [HAZOP] o análisis cuantitativo de riesgos [QRA]. En general, la planificación de la gestión de higiene y seguridad incluirá la adopción de una aproximación sistemática y estructurada para la prevención y el control de los peligros físicos, químicos, biológicos y radiológicos para la higiene y la seguridad descrita

¹³ Un ejemplo de metodología de evaluación de impactos visuales que puede emplearse para ayudar a establecer prioridades en las medidas de prevención y mitigación incluye el sistema de clasificación de contraste de los recursos visuales de la Oficina de Administración de Tierras de Estados Unidos (<http://www.blm.gov/nstc/VRM/8431.html>)

en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Los riesgos para la higiene y la seguridad en el trabajo se producen durante todas las fases del ciclo minero y pueden clasificarse de acuerdo con las siguientes categorías:

- Salud y seguridad general en el lugar de trabajo
- Sustancias peligrosas
- Utilización de explosivos
- Seguridad eléctrica y aislamiento
- Peligros físicos
- Radiaciones ionizantes
- Aptitud para el trabajo
- Salud durante los viajes y en los emplazamientos remotos
- Estrés térmico
- Ruido y vibraciones
- Peligros específicos de la minería subterránea (incendios, explosiones, espacios cerrados y atmósferas deficientes en oxígeno)

Salud y seguridad general en el lugar de trabajo

Las estrategias recomendadas para manejar los riesgos generales para la seguridad en el lugar de trabajo incluyen las siguientes:

- Las actividades mineras de exploración y desarrollo deben gestionar los peligros para la salud y la seguridad en el trabajo como parte de un plan comprensivo de gestión de la salud y la seguridad que incorpore los siguientes aspectos:
 - Elaborar planes de respuesta frente a situaciones de emergencia específicos para las actividades de exploración y producción (teniendo en cuenta el frecuente aislamiento geográfico de las minas) que

incluyan la provisión y mantenimiento de los equipos necesarios de respuesta y rescate de emergencia;

- Disponer del número suficiente de empleados capacitados en primeros auxilios para responder a las emergencias;
- Implementar la capacitación específica del personal sobre el manejo de la higiene y la seguridad en el trabajo, incluyendo un programa de comunicación con un mensaje claro sobre el compromiso de la gerencia con la higiene y la seguridad. El programa de comunicación también contemplará la celebración de reuniones periódicas, como por ejemplo las charlas diarias antes de iniciar los turnos de trabajo;
- Integrar consideraciones relativas al comportamiento en el manejo de la higiene y la seguridad, incluyendo procesos de observación del comportamiento en el trabajo;
- Capacitar a los empleados en el reconocimiento y prevención de los peligros profesionales específicos del trabajo en áreas remotas, como por ejemplo la seguridad en el contacto con la fauna; protección contra los elementos; estrés térmico; aclimatación; exposición a enfermedades; y ayudas a la navegación en caso de perderse;
- Los sistemas de iluminación serán los adecuados y seguros¹⁴ para las condiciones laborales previstas en las rutas de tránsito, zonas de operación minera y dentro y en los alrededores de las instalaciones en superficie y vertederos de minas (ver los valores de referencia sobre iluminación descritos en la Sección 2.0). Las guías adicionales sobre iluminación hacen referencia al cumplimiento de los requisitos de la normativa local para la

¹⁴ Tener en cuenta la necesidad de evitar elementos tales como el deslumbramiento o las fuentes potenciales de ignición.

iluminación de los equipos móviles que operen a nivel del suelo y en las carreteras públicas;¹⁵

- La señalización de las zonas, instalaciones y materiales que presenten peligros y riesgos, las medidas de seguridad, las salidas de emergencia y otras áreas similares debe cumplir la normativa internacional (incluidas las normas sobre limpieza, visibilidad y reflectancia en zonas que puedan estar mal iluminadas o fuentes de polvo y de contaminación), que se divulguen y comprendan fácilmente los trabajadores, visitantes y el público en general como corresponda;
- En la medida en que las tecnologías alternativas, los planes de trabajo o los procedimientos no sean capaces de eliminar o de reducir de forma suficiente un peligro o exposición, los operadores de la mina deberán dotar a los trabajadores y a los visitantes de los necesarios equipos de protección personal (EPP) y proporcionar instrucciones y supervisión para su correcto uso y mantenimiento. Los EPP aplicables incluyen como mínimo cascos y calzado de seguridad, además de dispositivos de protección para oídos, ojos y manos.
- Se someterá a los empleados a evaluaciones periódicas sobre la higiene ocupacional con base en su exposición a los riesgos. Los expedientes médicos se conservarán durante al menos 20 años.

Sustancias peligrosas

Las zonas de trabajo se dotarán con sistemas adecuados de ventilación y extracción de polvo / humo para garantizar que los niveles de exposición a la inhalación de sustancias potencialmente corrosivas, oxidantes, reactivas o silíceas se mantienen y gestionan dentro de los niveles de seguridad

¹⁵ Por norma general, los equipos móviles producirán un nivel de iluminación de 50 lux en la galería a una distancia 1,5 veces superior a la distancia de detención.

descritos en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Además, se dispondrá de sistemas de lavado de ojos y duchas de emergencia en las zonas donde exista la posibilidad de contaminación química para los trabajadores y la necesidad de un tratamiento rápido. Debe haber Hojas de Datos de Seguridad (MSDS, por sus siglas en inglés) para todos los materiales peligrosos presentes en el emplazamiento.

Utilización de explosivos

Las actividades de voladura que pueden plantear problemas de seguridad suelen estar asociadas a explosiones accidentales y a una mala coordinación y comunicación de dichas actividades. Las prácticas recomendadas para el manejo de explosivos incluyen:

- Utilizar, manipular y transportar los explosivos de acuerdo con las normas de seguridad sobre explosivos locales y / o nacionales;
- Asignar a artilleros-barrenistas certificados o a expertos en explosivos a la realización de las voladuras;
- Manejar de forma activa las actividades de voladura en términos de carga, cebado y detonación de los explosivos, perforación cerca de explosivos, cargas falladas y eliminación;
- Adoptar calendarios de voladura coherentes que minimicen los cambios en los tiempos de detonación;
- Implementar dispositivos de alarma (por ejemplo, bocinas, luces de destellos) y procedimientos de alarma específicos antes de cualquier actividad de voladura para avisar a todos los trabajadores y a los terceros que se encuentren en las zonas próximas (por ejemplo, la población residente). Los procedimientos de alarma pueden incluir la limitación del tráfico por carreteras y vías ferroviarias locales;

- Llevar a cabo una capacitación específica del personal en materia de manipulación y manejo seguro de explosivos;
- Se implementarán procedimientos de autorización para voladuras para todo el personal implicado en el manejo de explosivos (manipulación, transporte, almacenamiento, carga, voladura y destrucción de explosivos no utilizados o sobrantes);
- Personal calificado comprobará la presencia de defectos y explosivos sin detonar en los lugares donde se realicen las voladuras antes de volver al trabajo;
- Implementar procedimientos auditados específicos para todas las actividades relacionadas con explosivos (manipulación, transporte, almacenamiento, carga, voladura y destrucción de los explosivos no utilizados o sobrantes), de acuerdo con los códigos relevantes sobre incendios y seguridad nacional o internacionalmente reconocidos;
- Emplear personal de seguridad calificado para controlar el transporte, almacenamiento y utilización de los explosivos en las instalaciones.

Seguridad eléctrica y aislamiento

La seguridad eléctrica y el aislamiento de todas las fuentes de energía peligrosa y de las sustancias peligrosas deben llevarse a cabo de conformidad con las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Las prácticas de manejo recomendadas para las operaciones mineras incluyen:

- Desarrollar normas de cualificación eléctrica y procedimientos de trabajo seguro para todas las labores relacionadas con la electricidad, incluyendo la construcción, desmantelamiento y demolición de los equipos eléctricos;
- El uso de dispositivos de seguridad eléctrica en todos los circuitos finales de distribución y la aplicación de

calendarios de pruebas para dichos sistemas de seguridad;

- Todas las fuentes de energía peligrosa o de sustancias peligrosas contarán con procedimientos por escrito para su aislamiento que señalen expresamente cómo va a lograrse que el sistema, planta o equipo sean seguros y se mantengan en condiciones de seguridad.

Peligros físicos

Los peligros físicos en el sector de la minería pueden incluir: el riesgo de corrimientos de tierra, desprendimientos de bloques, desplome de tajos o derrumbamiento del terreno en los entornos mineros a nivel del suelo y subterráneos; los peligros relacionados con el transporte (por ejemplo, camiones, pistas elevadas y ferrocarriles) y los relacionados con el trabajo en altura y las caídas; y la utilización de equipos fijos y móviles, dispositivos de elevación y de extracción, y maquinaria en movimiento. Las estrategias recomendadas de prevención y control incluyen:

Seguridad geotécnica

- Planificar, diseñar y operar todas las estructuras, tales como minas a cielo abierto, vertederos de residuos, presas de relaves, instalaciones de contención y excavaciones subterráneas de modo que el manejo de los riesgos geotécnicos sea el adecuado a lo largo de todo el ciclo minero. Las áreas sísmicas activas y aquellas potencialmente expuestas a fenómenos climáticos extremos deben gozar de niveles de seguridad adicionales. Asimismo, debe llevarse a cabo un seguimiento sistemático y una verificación regular de los datos referentes a la estabilidad geotécnica. Se atenderá como corresponde a la estabilidad a largo plazo de los

emplazamientos explotados tanto en las minas subterráneas como en las minas a cielo abierto;

- En el caso de los vertederos de residuos, los terraplenes y otras estructuras de contención deben establecerse factores de seguridad estática basados en el nivel de riesgos para la fase operativa de una instalación y durante su cierre;
- Deben tenerse en cuenta los posibles cambios en las propiedades geotécnicas de los vertederos debido a la alteración catalítica química o biológica. El diseño de nuevas instalaciones debe prever el posible deterioro de las propiedades geotécnicas, ofreciendo un mayor nivel de seguridad. Las evaluaciones de estabilidad/seguridad de las instalaciones existentes deberán tener en cuenta estos posibles cambios;
- Realizar una evaluación precisa de la seguridad en el trabajo en términos de desprendimiento de bloques/corrimiento de tierras. Se prestará especial atención después de las lluvias intensas, actividad sísmica y actividades de voladura. Los riesgos se minimizarán mediante un diseño adecuado de la pendiente de gradas y pozos de minas, el diseño del patrón de voladura, el saneamiento de rocas, bermas protectoras y reducción al máximo del tráfico.
- Los análisis de estabilidad geotécnica deben incluir una evaluación de la topografía natural de los alrededores de la mina, así como de la infraestructura relacionada con ésta, como por ejemplo las pendientes de rampa, alineamiento de carreteras. Pueden existir riesgos geotécnicos naturales incluso antes del inicio de la actividad minera, especialmente en los climas tropicales o zonas sísmicas con terrenos muy degradados y altas precipitaciones. Estas condiciones pueden resultar especialmente peligrosas para los asentamientos / viviendas relacionadas con la actividad minera. Para el seguimiento de la

estabilidad, especialmente de los elementos subterráneos pero también para los superficiales, el método estándar empleado serán las mediciones topográficas en 3D de la deformación y el software específico de procesamiento y evaluación.

Seguridad de máquinas y equipos

Para prevenir y controlar los peligros asociados a la utilización de máquinas y equipos deben aplicarse en toda la mina medidas para mejorar la visibilidad. Algunas de las prácticas concretas para manejar la visibilidad son:

- Utilizar el coloreado de contraste en equipos / maquinaria, incluyendo la provisión de señales reflectantes para mejorar la visibilidad;
- Emplear equipos / maquinaria móviles equipados con mejores líneas de mira para los operadores¹⁶;
- Proporcionar a los trabajadores indumentaria de alta visibilidad;
- Utilizar señales reflectoras en las estructuras, las intersecciones de tráfico y otras áreas donde puedan producirse accidentes (por ejemplo, los muros situados en emplazamientos estáticos deben encalarse para una mayor capacidad reflectante);
- Usar una iluminación adecuada para las zonas operativas situadas junto a equipos / maquinaria que giren o den marcha atrás con frecuencia;
- Instalar barreras de seguridad para las ubicaciones de alto riesgo en carreteras internas / corredores de transporte. Las barreras pueden construirse con residuos u otros materiales capaces de detener a los vehículos.

¹⁶ La línea de mira de los nuevos equipos se evaluará utilizando instrumentos tales como el software de análisis de la visibilidad del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH), disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/mining/mining/illum/>.

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** ofrecen recomendaciones para manejar aquellas tareas que se realizan en espacios o excavaciones confinados y el trabajo en altura.

Radiaciones ionizantes

En el supuesto de que exista un riesgo de que se produzcan radiaciones ionizantes, las medidas de mitigación recomendadas incluyen las siguientes:

- Implementar un programa de seguimiento dosimétrico de la radiación en aquellas áreas donde los trabajadores puedan verse afectados por dosis corporales superiores a los 6 milisieverts en un período de 12 meses (ver Límites de dosis efectiva para la radiación ionizante ocupacional enumerados en la Sección 2.0). El programa debería incluir evaluaciones en el lugar de trabajo, así como la supervisión del personal.

Aptitud para el trabajo

Las operaciones mineras incluyen habitualmente una serie de actividades que provocan cansancio y otras causas que merman la aptitud para el trabajo y que pueden dar lugar a un riesgo de lesiones graves, daños a los equipos o impacto ambiental. Se realizará una evaluación de riesgos que identifique aquellas funciones para las cuales la “aptitud para el trabajo” (incluyendo la aptitud personal) sea necesaria para asegurar que la actividad se lleva a cabo con el mínimo riesgo. Las medidas de mitigación recomendadas incluyen:

- La revisión de los sistemas de manejo de turnos para minimizar el riesgo de cansancio entre los empleados;
- Adaptar los exámenes médicos previos a la asignación de labores a las exigencias previstas para cada empleado (por ejemplo, buena vista para los conductores);

- Desarrollo de una estrategia sobre alcohol y otras drogas para el proyecto.

Salud durante los viajes y en emplazamientos remotos

Las operaciones mineras suelen llevarse a cabo en regiones muy remotas que disponen de un acceso limitado a servicios médicos de urgencia o generales de calidad. Para minimizar el riesgo de los impactos sobre la salud asociados a los viajes frecuentes (como sucede con los equipos de exploración) y los emplazamientos remotos, se recomiendan las siguientes medidas de mitigación:

- Desarrollar programas para prevenir las enfermedades crónicas y agudas mediante los adecuados sistemas sanitarios y de control de vectores;
- Identificar los riesgos asociados con el trabajo a altitudes elevadas;
- En caso de que las comidas se preparen en una instalación de la mina, revisar y supervisar de forma regular la preparación, almacenamiento y eliminación de los alimentos deben para minimizar el riesgo de enfermedades.

Estrés térmico

Las operaciones mineras pueden requerir la exposición de los trabajadores a condiciones climáticas extremas. Asimismo, deberá tenerse en cuenta el estrés térmico causado por las elevadas temperaturas que pueden provocar ciertos procesos industriales. El estrés térmico asociado a las operaciones subterráneas se analiza más adelante en este documento.

Ruido y vibraciones

Las fuentes de ruido y vibraciones deben ser manejadas de acuerdo con lo descrito más arriba en la Sección 1.1. Otras recomendaciones para el manejo de la exposición profesional a ruido y vibraciones son:

- Reducir el ruido a los niveles de exposición profesional descritos en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**;
- Asegurar que las grandes máquinas (por ejemplo, excavadoras, basculadores, topadoras, perforadoras sobre carro y otros equipos automáticos que exigen la presencia de un operador) están equipadas con cabinas insonorizadas;
- Una vez que las restantes opciones hayan sido estudiadas e implementadas, se empleará la protección personal auditiva, como describen las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**;
- La exposición a la vibración de mano-brazo a causa de herramientas manuales y con motor o la vibración del cuerpo entero a causa de las superficies sobre las que los trabajadores permanecen en pie o sentados se controlarán adecuadamente mediante una selección y mantenimiento de los equipos que cumpla las normas de exposición ocupacional a las vibraciones.

Peligros específicos de la minería subterránea

Los peligros para la salud y la seguridad que se describen a continuación son específicos de las actividades de minería subterránea. Como regla general de seguridad, debe implementarse un sistema de marcaje que dé cuenta de todas las personas que transiten por las galerías subterráneas.

Ventilación

- Los sistemas de ventilación y refrigeración del aire deben ser apropiados para las actividades desarrolladas en el lugar de trabajo y capaces de mantener la temperatura y la concentración de contaminantes en el área de trabajo a niveles seguros. La ventilación se considera una parte integral y esencial del proyecto global de la mina y debe tratarse como tal. Los operadores de los sistemas de ventilación y el personal de mantenimiento deben recibir la capacitación adecuada en materias tales como atmósferas explosivas, productos combustibles, polvo (particularmente en presencia de sílice) y humos de diésel;
- Las minas subterráneas deben garantizar una fuente de aire segura y limpia en todas aquellas áreas en que se prevea la presencia de trabajadores. Las estrategias de manejo recomendadas incluyen:
 - Garantizar el emplazamiento y manejo de las unidades de ventilación superficial y equipos auxiliares asociados para eliminar los riesgos que pudieran comprometer el rendimiento de los equipos de ventilación o la calidad del aire de ventilación (por ejemplo, las fuentes de emisiones y los materiales inflamables o explosivos no se almacenarán cerca de las tomas de aire);
 - Operar ventiladores auxiliares para evitar la recirculación no controlada del aire;
 - Sacar a todas las personas de la mina, o trasladarlas a una zona de seguridad (adecuadamente provista de agua y alimentos) en caso de que el sistema de ventilación principal se detenga, salvo que la interrupción sea breve;
 - Cercar todas las áreas no ventiladas y colocar señales de advertencia para evitar la entrada accidental a los mismos.
 - Todos los transformadores, compresores, depósitos de combustible y otras zonas de alto riesgo se ventilarán directamente hacia las galerías de retorno;
- Cuando corresponda, se supervisarán las condiciones térmicas para identificar los momentos en los que las personas puedan verse afectadas negativamente por el estrés térmico (por calor o por frío) y se implementarán medidas protectoras. Las temperaturas deben mantenerse

a niveles razonables y apropiados para las actividades que se lleven a cabo. Otras prácticas incluyen el seguimiento de la tolerancia al calor, la aclimatación, los descansos para beber agua y la adopción de regímenes adecuados de descanso en el trabajo.

Polvo

- Además de los riesgos asociados con el polvo e identificados anteriormente en este documento y en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, el control del polvo se integrará plenamente en los procedimientos operativos subterráneos, en particular los asociados con las voladuras, la perforación y el transporte y vertido de materiales. La minimización del polvo es esencial para manejar la visibilidad en los emplazamientos subterráneos, así como para la salud de los trabajadores.

Incendios y explosiones

Las minas subterráneas deben elaborar e implementar planes para prevenir, detectar y combatir el inicio y la extensión de incendios. Las estrategias de prevención y control de incendios y explosiones incluyen:

- Llevar a cabo evaluaciones regulares del riesgo de incendio para la identificación temprana y la minimización de las zonas donde exista el riesgo de “incendios de rápida progresión” (por ejemplo, zonas que utilicen maquinaria diésel sin raíles);
- Identificar las zonas de riesgo de incendio empleando señales de advertencia y prohibiendo a todas las personas que fumen, utilicen lámparas de llama expuesta, cerillas y otras clases de fuentes de ignición en zonas designadas de riesgo de incendio, a menos que se apliquen protocolos

estrictos al respecto (por ejemplo, el protocolo de soldadura);

- Evitar el uso de transformadores subterráneos con aceite a presión;
- Almacenar los materiales inflamables en instalaciones resistentes al fuego equipadas con sistemas de contención de fugas y derrames. Debe instalarse un sistema de detección y extinción de incendios apropiado en cada una de estas zonas de almacenamiento;
- Ubicar, diseñar, equipar y operar todas las zonas de almacenamiento de materiales inflamables o peligrosos, incluidos los explosivos, de acuerdo con los códigos relevantes sobre incendios y seguridad nacional o internacionalmente reconocidos. Los almacenes de explosivos deben estar situados sobre la superficie, a menos que las condiciones locales justifiquen lo contrario (por ejemplo, por motivos de seguridad o frío extremo);
- Evitar y controlar los incendios en las cintas transportadoras asegurándose de que las mangueras de extinción de incendios están operativas y disponibles a lo largo de las cintas transportadoras.

En las minas subterráneas clasificadas como ‘grisuosas’ (categoría que comprende a la mayoría de las minas de carbón), deben adoptarse las siguientes precauciones adicionales:

- Prevenir la ignición instalando detectores automáticos de gas en los lugares donde se utilicen equipos eléctricos, así como detectores de gas en todas las áreas de trabajo subterráneas (por ejemplo, en los frentes de arranque de carbón);
- Prevenir la ignición restringiendo los artículos que contengan o estén fabricados con aluminio, magnesio, titanio o aleaciones ligeras de metal a menos que no exista

la posibilidad de fricción o impacto o estén revestidos adecuadamente con material antichispas;

- Las herramientas manuales se colocarán en depósitos de almacenamiento a prueba de chispas, obteniéndose los permisos adecuados antes de su uso;
- Utilizar fluidos hidráulicos resistentes al fuego en todos los equipos subterráneos;
- Manejar gases inflamables y explosivos en las secciones de zonas activas o explotadas de minas subterráneas que se hayan sellado por completo y de las que se hayan retirado las posibles fuentes de ignición. En presencia de ≥ 1 por ciento de metano, se apagarán todos los equipos eléctricos y mecánicos. En presencia de $\geq 1,5$ por ciento de metano, todo el personal será evacuado, a excepción de los trabajadores equipados, capacitados y requeridos para normalizar la situación, y todas las fuentes potenciales de ignición se desactivarán y desconectarán de la fuente eléctrica. Cuando se produzcan emisiones de metano, se instalarán los monitores y las alarmas adecuados;
- Instalar y utilizar puertas de incendios.

Cámaras de refugio y autorrescatadores

- Las minas subterráneas deben estar diseñadas y construidas con salidas secundarias o auxiliares y con cámaras de refugio en la mina que estén:
 - Claramente identificadas
 - A una distancia de 15 minutos respecto de cualquier punto de la mina en el caso de lugares de trabajo situados a más de 300 m de una boca de salida o embarque empleado para acceder al lugar de trabajo
 - Construidas de material no combustible, con un mecanismo de cierre que evite la entrada de gas, y de un tamaño suficiente para albergar a todas las personas que estén trabajando en las cercanías

- Equipadas con conexiones independientes a la superficie para el suministro de aire, comunicaciones (por ejemplo, teléfono), agua e instalaciones de primeros auxilios
- Con base en una evaluación del riesgo potencial de presencia de atmósferas deficientes en oxígeno (por ejemplo, las minas donde operan equipos diésel sin raíles), los trabajadores de minas subterráneas se equiparán y capacitarán en el uso de autorrescatadores independientes del medio (SCSR) que proporcionen al menos el doble de tiempo necesario para alcanzar una cámara de refugio o salida de la mina (30 minutos como mínimo). Los SCSR se llevarán en todo momento o serán accesibles y estarán al alcance del trabajador.

Iluminación

Los sistemas de iluminación deben ser adecuados y seguros¹⁷ para las condiciones de trabajo previstas en los pasos de tránsito y zonas de trabajo de la mina (ver los valores de referencia para la iluminación presentados en la Sección 2.0). Otras guías adicionales para la iluminación específicamente referidas a las minas subterráneas incluyen:

- La iluminación subterránea será adecuada para desempeñar de forma segura todas las labores profesionales y para el movimiento seguro de trabajadores y equipos¹⁸;
- Se dispondrá de iluminación permanente en las siguientes ubicaciones: todos los talleres, talleres de servicio y otros lugares donde la maquinaria móvil o los equipos puedan

¹⁷ Teniendo en consideración la necesidad de evitar cosas como el deslumbramiento o las fuentes potenciales de ignición.

¹⁸ Por norma general, los trabajadores de minas subterráneas dispondrán de lámparas de casco con una intensidad promedio de 1 candela (12,57 lumen) y una capacidad de las baterías para 10 horas. Los vehículos y equipos de transporte mineros de todo tipo se dotarán de al menos 10 Lux a 20 m por delante del dispositivo y de 10 Lux a 5 m por detrás del mismo cuando realicen la marcha atrás.

representar un peligro; embarques principales y enganches activos subterráneos; puestos de primeros auxilios; y galerías para transportadores, frentes y estaciones de transferencia;

- Se dispondrá de fuentes separadas e independientes de luz de emergencia en todos los lugares en los que exista un riesgo provocado por el fallo del sistema de iluminación normal. El sistema se activará automáticamente para permitir que los trabajadores lleven a cabo la parada de emergencia de la maquinaria y se someterá a pruebas de forma periódica;
- Los trabajadores de minas subterráneas dispondrán en todo momento de una lámpara de casco aprobada mientras se encuentren en la mina subterránea. La iluminación máxima será de al menos 1500 lux a 1,2 m de distancia de la fuente de luz durante el turno correspondiente.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Las cuestiones relacionadas con la higiene y la seguridad para la comunidad que pueden asociarse con las actividades mineras incluyen la seguridad en el transporte por los corredores de acceso, el transporte y la manipulación de mercancías peligrosas, los impactos en la calidad y la cantidad de agua, el desarrollo accidental de nuevas zonas de reproducción de vectores y las posibilidades de transmisión de enfermedades infecciosas (por ejemplo, infecciones respiratorias y de transmisión sexual provocadas por la llegada de trabajadores al emplazamiento). Además, pueden existir efectos significativos sobre las viviendas y la comunidad y los determinantes sociales de la salud, por ejemplo, drogas, alcohol, violencia de género y otros efectos psicosociales asociados con la súbita afluencia de mano de obra durante las fases de construcción y operación. La súbita afluencia de mano

de obra y los miembros de sus respectivas familias también suponen una carga significativa para los centros y recursos sanitarios existentes en la comunidad. Por último, dados sus considerables impactos económicos, normalmente positivos, los grandes proyectos mineros pueden provocar un cambio en el patrón de enfermedades infecciosas (por ejemplo, malaria, infecciones respiratorias y gastrointestinales) en las comunidades locales a otro de enfermedades no transmisibles, por ejemplo, hipertensión, diabetes, obesidad y problemas cardiovasculares. La infraestructura sanitaria dispone en muchos países en desarrollo de escasos medios o experiencia en el tratamiento de enfermedades no contagiosas. .

Las recomendaciones para el manejo de estas cuestiones se describen en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Otras cuestiones específicas de las actividades mineras con implicaciones para la higiene y la seguridad de la comunidad también efectos más amplios sobre MASS se describen a continuación:

Seguridad de las presas de relaves

Las presas, los embalses de relaves líquidos y otras instalaciones principales de contención de líquidos representan un riesgo potencial, dependiendo de su cercanía a asentamientos humanos y otros recursos comunitarios. La salud, la seguridad y las consideraciones ambientales relativas a las presas de relaves son tratadas en una sección anterior de este documento.

Presas de almacenamiento de agua

Las presas de almacenamiento de agua pueden llegar a crear y a modificar el patrón existente en los lugares de reproducción de vectores. En aquellas áreas donde la malaria es una enfermedad común, las orillas de las PAA pueden dar lugar a un lugar de reproducción de mosquitos dada la presencia de una línea costera larga, poco profunda y dotada de vegetación.

Además, las PAA también pueden constituir una nueva zona de reproducción para el caracol hospedador de la esquistosomiasis, una enfermedad parasitaria importante y frecuente en muchos climas tropicales.

Hundimiento de tierras

Las actividades propias de la minería subterránea o de la minería por disolución pueden provocar un hundimiento de tierras. El hundimiento de tierras puede aumentar la propensión del terreno a las inundaciones y dañar de otras formas la propiedad al inutilizar las tierras de cultivo para su uso posterior. Para minimizar y / o controlar los cambios en el terreno provocados por el hundimiento de tierras, las posibles medidas de manejo recomendadas son:

- Construir la mina teniendo en cuenta la ubicación / tamaño del yacimiento de mineral, estratos suprayacentes y profundidad requerida para los pozos de extracción (por ejemplo, a mayor profundidad extractiva, menor el potencial de subsidencia);
- Supervisar el tamaño y la forma de los yacimientos mineros utilizando dispositivos de diagráfia y técnicas operativas (por ejemplo, tasas de presión y bombeo de solución en el tiempo, volúmenes de flujo, temperaturas y gravedad específicos);
- Rellenar con hormigón reforzado y otros materiales chimeneas, pozos verticales, aperturas de cámaras, pozos planos y galerías con salida a la superficie para evitar o reducir la subsidencia en zonas de alto riesgo;
- Manejar las zonas afectadas por el hundimiento para asegurar un drenaje adecuado y restablecer el anterior uso del suelo o cualquier uso aceptable para la comunidad. Las carreteras en estas zonas se señalarán adecuadamente.

Preparación y respuesta en situaciones de emergencia

Las disposiciones relativas a la preparación y respuesta en situaciones de emergencia serán proporcionales a las probabilidades de que se produzcan situaciones de emergencia, reflejando las medidas descritas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Se elaborará un plan de respuesta de emergencia que se ajuste a las guías del programa APELL del PNUMA para la minería: Guía sobre sensibilización y preparación para emergencias a nivel local¹⁹.

Enfermedades transmisibles

La naturaleza de los proyectos mineros (por ejemplo, la ubicación en zonas remotas junto con las largas cadenas de suministro de materiales / productos) requiere intervenciones activas y sostenidas dirigidas a minimizar la incidencia y transmisión de enfermedades contagiosas causadas por los flujos de entrada de trabajadores emigrantes, miembros de las familias y otros trabajadores de servicios en el emplazamiento. Las actividades de transporte de largo recorrido pueden servir de conductos para la transmisión de enfermedades, particularmente en el caso de las enfermedades de transmisión sexual. En el emplazamiento de la mina, las buenas prácticas internacionales industriales para el manejo de los residuos sólidos, el drenaje de las aguas superficiales y el manejo de las aguas de alcantarillado suelen ser eficaces para reducir las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua.

El diseño y mantenimiento de los alojamientos y de las instalaciones y servicios de restauración del proyecto deben respetar las normas internacionalmente aceptadas. Las

¹⁹ Programa APELL para la Minería: Guía sobre Sensibilización y Preparación para Emergencias a Nivel Local, Informe Técnico núm. 41, PNUMA 2001. El informe proporciona un marco de referencia para la elaboración de un plan de respuesta en situaciones de emergencia para la mina, organismos de respuesta de emergencia, autoridades locales y comunidades.

viviendas destinadas a los trabajadores diseñadas y mantenidas para evitar la superpoblación pueden reducir la transmisión de enfermedades respiratorias contagiosas que pueden transmitirse a las comunidades locales. Las instalaciones y servicios de restauración diseñados, mantenidos y operados según las normas internacionalmente aceptadas de análisis de riesgos y control de puntos críticos (ARCPC) reducen las posibilidades de transmisión del proyecto a la comunidad de enfermedades relacionadas con los alimentos.

En muchas regiones del mundo, la amenaza crucial para la viabilidad de las operaciones mineras y de la salud de las comunidades locales son los impactos potencialmente negativos sobre los determinantes sociales clave de la salud (a saber, las drogas, el alcohol, las infecciones de transmisión sexual y la violencia de género).

En muchos países en desarrollo, existen factores preexistentes significativos de infecciones de transmisión sexual, incluyendo el VIH. Sin embargo, se tendrán en consideración las posibilidades de provocar un nuevo aumento en estas tendencias a la hora de construir un proyecto minero. Esta situación puede resumirse en cuatro puntos:

- Hombres – afluencia de mano de obra;
- Dinero – aumento del efectivo disponible;
- Movimiento – desarrollo de nuevas rutas de transporte que faciliten el acceso a las comunidades rurales;
- Mezcla – la interrelación entre grupos con un elevado índice de prevalencia (a saber, policías, agentes de seguridad, camioneros y trabajadoras del sexo) con hombres y mujeres con una reducida tasa local de prevalencia.

Con el transcurso del tiempo, la propagación del VIH / SIDA no es sólo la causa de una miseria y sufrimiento humanos inmensos, sino que también puede afectar negativamente a la

empresa en términos de rotación del personal, reducción de la productividad, incremento de costos, mercados cambiantes y acceso a oportunidades de adquisición y contratación. Los proyectos mineros deben definir y entender el efecto potencial del VIH / SIDA, y diseñar una respuesta adecuada, incluyendo la utilización de²⁰:

- Estrategias para gestionar el impacto de enfermedades a través de actividades de evaluación, vigilancia, planes de actuación y supervisión;
- Un programa para el proyecto destinado a evitar nuevas infecciones de VIH y a proporcionar asistencia y apoyo a los empleados contagiados o afectados;
- Actividades de difusión dentro de la comunidad, el sector y / o la sociedad en general.

Las medidas que suelen adoptarse para reducir la incidencia de las enfermedades contagiosas implican:

- Prevenir las enfermedades entre los trabajadores y sus familias y en las comunidades locales mediante las siguientes medidas:
 - Empezar iniciativas de concienciación y educación sobre la salud
 - Capacitar a los trabajadores sanitarios en el tratamiento de enfermedades
 - Proporcionar el tratamiento estándar de los casos que se dan en el emplazamiento o en los centros de atención médica de la comunidad (por ejemplo, programas de inmunización)

²⁰ Para más información, véase la HIV/AIDS Resource Guide for the Mining Sector (Guía de recursos sobre HIV/SIDA para el sector de la minería) de la IFC, disponible en: <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/HIVAIDS>

Estrategias de prevención y control de vectores específicos

Para reducir el impacto de las enfermedades transmitidas por vectores (como, por ejemplo, la malaria) sobre la salud a largo plazo de los trabajadores y de las comunidades locales es mejor recurrir a la implementación de un conjunto integrado de intervenciones destinado a acabar con los factores causantes de la enfermedad. Por consiguiente, el personal sanitario y la plantilla de ingenieros del proyecto desempeñan funciones esenciales. Los promotores del proyecto, en estrecha colaboración con las autoridades sanitarias de la comunidad, implementarán una estrategia integrada de control de las enfermedades transmitidas por mosquitos y otros artrópodos que por lo general implicará:

- La implementación de un programa integrado de control de vectores;
- Revisiones de diseño de ingeniería que incluyan un cuidadoso escrutinio de las carreteras, almacenamiento del agua e instalaciones de control y estrategias de manejo de aguas superficiales;
- La colaboración y el intercambio de servicios en especie con otros programas de control en la zona del proyecto para maximizar los efectos beneficiosos, especialmente la distribución de mosquiteros tratados para las camas;
- El desarrollo del programa “C-C-Q-D” para todos los trabajadores del proyecto, donde la primera C = concienciación, la segunda C = control de picaduras, Q = quimioprofilaxis para el personal no inmune y D= diagnóstico y tratamiento;
- El uso selectivo de la pulverización residual interior (IRS) para las viviendas del proyecto. Los programas de IRS son complejos e implican una cuidadosa revisión del diseño, especialmente una comprensión clara de los mosquitos vectores locales y su resistencia preexistente a los insecticidas disponibles;

- El desarrollo de un programa de evaluación y seguimiento efectivo a corto y largo plazo para trabajadores y comunidades potencialmente afectadas.

1.4 Actividades de cierre y posteriores al cierre de la mina

Las actividades de cierre y posteriores al cierre se tendrán en cuenta durante las fases iniciales de planificación y diseño. Los patrocinadores de la mina deben elaborar un borrador de Plan de cierre y rehabilitación (PCRM) de la mina antes de comenzar la producción, identificando claramente fuentes de financiación asignadas y sostenibles para llevarlo a efecto. Para minas de vida corta, debe elaborarse, tal y como se describe más adelante, un Plan de Cierre y Rehabilitación (con fondos garantizados) antes del inicio de las operaciones. El plan de cierre de la mina, que debe tener en cuenta tanto la rehabilitación física como consideraciones de naturaleza socio-económica, debe formar parte integral del ciclo de vida del proyecto y debe ser diseñado de modo que:

- La salud y la seguridad públicas futuras no se vean amenazadas;
- El uso posterior del emplazamiento sea beneficioso y sostenible para las comunidades afectadas a largo plazo;
- Se minimicen los impactos socioeconómicos negativos y maximicen los beneficios socioeconómicos.

El PCRM se ocupará del uso beneficioso del suelo en el futuro (determinándose éste mediante un proceso multilateral que incluya a los organismos reguladores, las comunidades locales, los usuarios tradicionales de la tierra, los arrendatarios contiguos, la sociedad civil y otras partes afectadas), aprobarse previamente por las autoridades nacionales competentes y ser resultado de la consulta y el diálogo con las comunidades locales y sus representantes administrativos.

El plan de cierre debe ser actualizado de forma regular y modificarse para reflejar los cambios que se produzcan en el desarrollo y la planificación operativa de la mina, así como las condiciones y circunstancias ambientales y sociales. Los registros de las operaciones mineras se mantendrán como parte del plan posterior al cierre.

Los planes relativos al cierre y a la fase posterior al mismo incluirán los cuidados posteriores adecuados y el seguimiento continuado del emplazamiento, las emisiones de contaminantes y los impactos potenciales relacionados. La duración del seguimiento posterior al cierre se definirá en función de los riesgos; no obstante, las condiciones del emplazamiento suelen requerir un período mínimo de cinco años o más después del cierre.

El calendario de finalización del PCRM dependerá del yacimiento de que se trate y de otros muchos factores, como por ejemplo la vida potencial de la mina; no obstante, todos los proyectos deben someterse a algún tipo de rehabilitación progresiva durante las operaciones. Aunque los planes pueden ser modificados si es necesario durante las fases de construcción y operativa, deberán contener en todo caso provisiones para la suspensión temporal de las actividades y para el cierre anticipado permanente y cumplir los siguientes objetivos de viabilidad financiera e integridad física / química / ecológica.

Viabilidad financiera

Los análisis de viabilidad empresarial durante las fases de planificación y diseño deben incluir los costos asociados a las actividades de cierre de la mina y a las actividades posteriores al cierre (incluyendo los cuidados durante la fase posterior al cierre). Dichos análisis deberán incluir, como mínimo, la disponibilidad de todos los fondos necesarios (mediante los instrumentos financieros apropiados) para cubrir los costos de

cierre en todas las fases del ciclo de vida de la mina, incluidas partidas para el cierre temprano o temporal. La financiación se realizará mediante un sistema de acumulación de efectivo de garantía financiera. Los dos sistemas aceptados de acumulación de efectivo son las cuentas de garantía capitalizadas (incluidos los acuerdos gestionados por el gobierno) y los fondos de amortización. Debe contarse con una forma aceptable de garantía financiera prestada por una institución financiera de prestigio. Los requisitos de cierre de la mina se revisarán anualmente y los acuerdos de financiación del cierre se ajustarán para reflejar los cambios producidos.

Integridad física

Todas las estructuras (por ejemplo, embalses de relaves) deben permanecer estables de modo que su fallo o un deterioro físico no puedan poner en peligro la salud y seguridad públicas. Las estructuras de relaves deben desmantelarse para minimizar la acumulación de agua en la superficie y para que el agua procedente de la superficie de la estructura pueda desviarse mediante drenajes o desagües, pudiendo éstos hacer frente a la máxima inundación posible. Los desagües, drenajes y zanjas de intercepción seguirán manteniéndose como corresponda después del cierre, dado que pueden bloquearse después de las tormentas. Las estructuras no deberán erosionarse ni moverse de su ubicación original al someterse a condiciones extremas o a fuerzas disruptivas perpetuas. Se estudiará la posibilidad de rellenar las instalaciones mineras.

Se bloqueará de forma efectiva y permanente el acceso del público en general a carreteras desprotegidas, pozos de aire y otras aperturas que puedan representar riesgos físicos hasta el momento en el que el emplazamiento pueda destinarse a un nuevo uso beneficioso del suelo en las condiciones alteradas del emplazamiento, así como a usos alternativos de las carreteras, edificios y otras estructuras por parte de las comunidades locales u otras industrias. Cuando exista un

riesgo de emisión de metano procedente de los pozos de aire y otras instalaciones en desuso, se considerará la posibilidad de disponer de sistemas pasivos de venteo.

Integridad química

Las aguas superficiales y subterráneas deben protegerse frente a los impactos ambientales adversos provocados por las actividades mineras y de procesamiento. Se evitará la lixiviación de sustancias químicas en el medio ambiente para no poner en peligro la salud o la seguridad pública ni superar los objetivos de calidad del agua en los sistemas aguas debajo de aguas superficiales y subterráneas.

Integridad del hábitat ecológico

Aunque la integridad ecológica del hábitat depende en parte de los factores mencionados arriba (por ejemplo, de aspectos físicos como la estabilidad de las pendientes) y de factores químicos (por ejemplo, contaminantes metálicos), también guarda relación con la restauración de un hábitat propicio para su futuro uso ecológico. El Plan de Cierre y Rehabilitación de la Mina (PCRM) debe contener medidas comprensivas para la recuperación concurrente durante la vida operativa de la mina según un plan aprobado con las autoridades ambientales y mineras y con la participación del gobierno y las comunidades locales.

2.0 Indicadores de seguimiento y desempeño

2.1 Medio ambiente

Guías sobre emisiones y efluentes

El Cuadro 1 presenta las guías sobre efluentes para este sector. Las cantidades correspondientes a los efluentes de los procesos industriales en este sector son indicativas de las prácticas internacionales recomendadas para la industria,

reflejadas en las normas correspondientes de los países que cuentan con marcos normativos reconocidos. Dichas cantidades pueden alcanzarse en condiciones normales de funcionamiento de instalaciones adecuadamente diseñadas y utilizadas mediante la aplicación de las técnicas de prevención y control de la contaminación que se han analizado en las secciones anteriores de este documento

Las guías sobre efluentes se aplican a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales de uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse basándose en la disponibilidad y condiciones de los sistemas de tratamiento y recolección de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, basándose en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Cuadro 1. Niveles de efluentes

Contaminantes	Unidades	Valor indicativo
Sólidos en suspensión totales	mg/L	50
pH	S.U.	6 – 9
DQO	mg/L	150
DBO ₅	mg/L	50
Aceite y grasa	mg/L	10
Arsénico	mg/L	0,1
Cadmio	mg/L	0,05
Cromo (VI)	mg/L	0,1
Cobre	mg/L	0,3
Cianuro	mg/L	1
Cianuro libre	mg/L	0,1
Cianuro disociable en ácido débil	mg/L	0,5
Hierro (total)	mg/L	2,0
Plomo	mg/L	0,2

Mercurio	mg/L	0,002
Níquel	mg/L	0,5
Fenoles	mg/l	0,5
Cinc	mg/L	0,5
Temperatura	°C	<3 grados de diferencia
Nota: las concentraciones de metales representan metales totales.		

Estos niveles se deben lograr, sin dilución, al menos el 95 por ciento del tiempo que opera la planta o unidad, calculado como proporción de las horas de operación anuales. El incumplimiento de estos niveles debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen directrices sobre las emisiones generadas por la combustión y asociadas con la generación de vapor y electricidad a partir de fuentes cuya capacidad de carga calorífica es igual o inferior a los 50 megavatios (MWth). Las Guías Generales sobre MASS para Energía Térmica abordan las emisiones procedentes de grandes fuentes de alimentación. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se proporciona orientación sobre cuestiones ambientales teniendo en cuenta la carga total de emisiones.

Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto. En algunos proyectos mineros el seguimiento debería prolongarse durante un período mínimo de tres años o más tras el cierre si las condiciones del emplazamiento así lo aconsejan.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias. Las **guías generales sobre MASS** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes

2.2 Higiene y seguridad ocupacional

Guía sobre higiene y seguridad ocupacional

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre exposición que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: las guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)²¹, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)²², los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)²³, los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea²⁴, u otras fuentes similares. El Cuadro 2 presenta las guías relativas a la iluminación para las actividades mineras. El Cuadro 3 recoge las orientaciones sobre la exposición de los trabajadores de la minería a radiaciones.

²¹ Disponible en <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>

²² Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

²³ Disponible en http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

²⁴ Disponible en http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

Cuadro 2. Iluminación promedio mínima para lugares y actividades mineras determinadas²⁵

Lugar/actividad	Iluminación mínima (Lux)
Iluminación de emergencia	5
Pasos de tránsito y galerías	5 - 10
Ubicaciones dinámicas - zonas de producción y desarrollo	5 - 50
Zonas de labores ocasionales, simples y manuales	50 - 100
Puestos de trabajo y zonas de labores manuales de alta precisión	150 - 400

Cuadro 3. Límites de dosis efectiva para la exposición ocupacional a la radiación ionizante²⁶

Promedio de cinco años consecutivos – dosis efectiva	20 mSv/año
Exposición anual – dosis efectiva	50 mSv/año

Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar una pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad o incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas

Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)²⁷.

Seguimiento de la higiene y la seguridad ocupacional

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados²⁸ como parte de un programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

²⁵ The Role of illumination in Reducing Risk to Health and Safety in South African Gold and Platinum Mines (El papel de la iluminación en la reducción de los riesgos para la salud y la seguridad en las minas de oro y platino de Sudáfrica), GAP 804, 2001 contiene recomendaciones detalladas para una amplia gama de lugares de trabajo subterráneos.

²⁶ ICRP 60 de la Colección sobre Seguridad de la Comisión Internacional de Protección Radiológica e IAEA, nº 115.

²⁷ Disponible en <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

²⁸ Los profesionales acreditados pueden incluir higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). 40 CFR Part 434—Coal Mining Point Source Category BPT, BAT, BCT Limitations and New Source Performance Standards. Washington, DC: US EPA.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart Y—Standards of Performance for Coal Preparation Plants. Washington, DC: US EPA.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). 2005. 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Electric Utility Steam Generating Units, Clean Air Mercury Rule. Washington, DC: US EPA.

Asociación Minera de Canadá (Mining Association of Canada, MAC), 1998. A Guide to the Management of Tailings Facilities.

MAC, 2003. Developing an Operations, Maintenance and Surveillance Manual for Relaves and Water Management Facilities.

Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) de Estados Unidos. 2004. Standard 120: Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines. Edición de 2004. NFPA: Quincy, MA.

NFPA. 2000. Norma 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations. Edición de 2000. NFPA: Quincy, MA.

Association of Societies for Occupational Safety and Health (ASOSH), South Africa. Gateway to worldwide web information of Safety Health and Environment for mines. <http://www.asosh.org/WorldLinks/Sectors/mining.htm>

Australian National Committee on Large Dams (ANCOLD). Disponible en: <http://www.ancold.org.au/>

Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo (BERD). Sub-sectoral Environmental Guidelines: Coal Processing. Londres: EBRD. Disponible en <http://www.ebrd.com>

British Columbia Ministry of Energy and Mines, (1998). Policy for Metal Leaching and Acid Rock Drainage at Mine Sites in British Columbia. Disponible en: www.em.gov.bc.ca/Mining/MinePer/ardpolicy.htm

Comisión Europea. 2003. Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB). Mejores técnicas disponibles (MTD) Documento de referencia sobre refinerías de petróleo y gas. Febrero de 2003. EIPPCB: Sevilla, España. Disponible en http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ipcc_brefs/search?w=data_frame&language=ALL&inline=1&term=refinerias

Comisión Europea. 2006. Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB). Mejores técnicas disponibles (MTD) Documento de referencia para grandes instalaciones de combustión. Julio 2006. EIPPCB: Sevilla, España. Disponible en <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm>

Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), disponible en: <http://www.icold-ciqb.net>

Congreso de Estados Unidos. 2005. Clean Skies Act of 2005. (Inhofe, S.131 in 109th Congress). Biblioteca del Congreso: Washington, DC. Disponible en <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/query/z?c109:S.131>:

Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), 2006. Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad. Londres, UK. Disponible en: <http://www.icmm.com/document/150>

Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982). Disponible en: <http://www.un.org/Depts/los/index.htm>

Departamento de Interior de Estados Unidos. Office of Surface Mining. Acid Mine Drainage Prevention and Mitigation (2007). Disponible en: <http://www.osmre.gov/amdpvm.htm>

Departamento de Medio ambiente de Australia <http://www.ea.gov.au/industry/sustainable/mining/booklets/index.html>

Departamento de Minerales y Energía, Western Australia, Management and Prevention of Heat Stress, diciembre de 1997.

Departamento de Trabajo de Estados Unidos, Mineral Resources, Mine Safety and Health Administration, Parte 48, 56, 57, 58 y 715 del 30CFR.

Edgar, T.F. 1983. Coal Processing and Pollution Control. Houston: Gulf Publishing Company.

GAP 804, 2001, The Role of illumination in Reducing Risk to Health and Safety in South African Gold and Platinum Mines (El papel de la iluminación en la reducción de los riesgos para la salud y la seguridad en las minas de oro y platino de Sudáfrica), contiene recomendaciones detalladas para diversos trabajos subterráneos.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2006. Informe especial. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono, Marzo de 2006. Ginebra: IPCC.

ICOLD, Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences, PNUMA 2001.

Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro. http://www.cyanidecode.org/index_sp.php

Instituto Internacional para el Medio ambiente y el Desarrollo (IIED), 2000. Abriendo brecha: minería, minerales y desarrollo sostenible (MMSD). Londres, Reino Unido.

Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional (NIOSH) de estados Unidos. Visibility Analysis Software. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/mining/mining/illum/>.

Kirk-Othmer, R.E. 2006. Encyclopedia of Chemical Technology. 5ª edición. Nueva York: John Wiley and Sons Ltd.

Lighting Handbook, Illumination Engineering Society of North America, 1993.

Lockhart, N. 2002. Advances in Coal Preparation. Londres: World Energy Council. Disponible en http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/17th_congress/1_2_02.asp

Northeast States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM). 2003. Mercury Emissions from Coal -Fired Power Plants: The Case for Regulatory Action. October 2003. NESCAUM: Boston, MA.

Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). Mineral Resources Forum <http://www.unep.org/pc/mining/mrfvision.htm>

PNUMA, 2001. Programa APELL para la minería, Guía sobre sensibilización y preparación para emergencias a nivel local, Informe técnico n° 41.

Occupational Radiation Protection, Safety Guide No. RS-G-1.1, International Atomic Energy Agency, Viena, 1999.

Oficina Internacional del Trabajo, 1991. Safety and Health in Open Cast Mines. Ginebra, Suiza.

Risk Management AS/NZS 4360:1999 Standards Australia, 1999.

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure; The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2001.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM), 2004. Integrating mining and biodiversity conservation: Case studies from around the world. Londres, Reino Unido. Disponible en:
<http://www.icmm.com/publications/767BiodiversityReport.pdf>

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Las operaciones mineras se definen principalmente por el tipo y método de minería (por ejemplo, minería de roca dura, minería del carbón, minería por disolución, minería marina, minería subterránea, minería a cielo abierto). Las operaciones mineras convencionales en roca dura combinan la extracción de mineral y roca residual a gran escala, el beneficio [que implica la fragmentación (por ejemplo, trituración / molienda de mineral) y la concentración mineral] y las instalaciones de almacenamiento y tratamiento de residuos a gran escala. Los procesos metalúrgicos implican cambios geoquímicos para refinar los metales, y suelen desarrollarse en instalaciones externas a la mina. El proceso metalúrgico se considera un sector industrial separado, descrito en las guías sobre MASS para la fundición y el refino.

El objetivo general de las operaciones mineras es extraer mineral de valor y el procesamiento preliminar al completo (por ejemplo, el beneficio), al mismo tiempo que se maneja el volumen muy superior de residuos de la mina (por ejemplo, rocas estériles, relaves, aguas residuales, residuos de proceso y residuos peligrosos) de una forma que preserve el medio ambiente, la salud humana y la seguridad en condiciones y momentos presentes y futuros.

Las operaciones mineras suelen clasificarse en cuatro categorías principales, en función del material extraído: metales preciosos, metales comunes y minerales energéticos e industriales (ver Cuadro A.1).

Los principales componentes de un mina típica incluyen:

- Pozos de mina y / o galerías subterráneas;

- Áreas de almacenamiento de residuos e instalaciones para los deslaves;
- Escombreras de piedras y minerales;
- Plantas e instalaciones de procesamiento (por ejemplo, molinos);
- Infraestructura para el manejo de agua (por ejemplo, estanques de tratamiento, presas, zanjas, tuberías);
- Otras infraestructuras (por ejemplo, carreteras, conducciones eléctricas, pistas aéreas)

Las operaciones mineras se ubican invariablemente sobre el yacimiento minero o adyacentes a éste para minimizar los costos de operación y procesamiento preliminar así como las probabilidades de perturbaciones no deseadas del terreno. La ubicación de los proyectos mineros es diversa e incluye prácticamente todas las zonas bio-geoclimáticas (por ejemplo, templadas, tropicales, polares, desérticas, de altitud elevada, costeras, superficiales y subterráneas). Los productos procesados se transportan para su ulterior procesamiento o hasta el mercado, dependiendo de consideraciones económicas y logísticas, empleando una combinación de camiones, gabarras, ferrocarril y conductos de canalización de lodos de carbón entre otros métodos. Las operaciones mineras superficiales suelen oscilar entre las 100 ha y las 1.000 ha en términos de superficie, pudiendo superar las 5.000 ha en el caso de proyectos excepcionalmente grandes.

Exploración

Las actividades de exploración suelen progresar mediante el incremento del nivel de actividad en el emplazamiento, a saber, la exploración preliminar o prospección, la exploración detallada

y la exploración avanzada. Los estudios de prospección no suelen implicar labores extensivas en el emplazamiento. Sin embargo, la exploración detallada y la exploración avanzada exigen investigar el emplazamiento, lo que acarrea normalmente alteraciones del subsuelo provocadas por carreteras de acceso, pozos de perforación y túneles subterráneos de exploración.

Desarrollo, construcción y desmantelamiento

La planificación activa de la estrategia minera tendrá por objetivo reducir los riesgos ambientales. Estos pueden ser cuestiones de gran relevancia que determinen el plan de la mina, como por ejemplo la secuenciación de los pozos y la selección de una estrategia de manejo de materiales, o la ubicación de los montones destinados a los restos de suelo y cubierta /escombreras a barlovento de los relaves/deslaves y otras fuentes potenciales de polvo.

Fase de operación

La operación comienza con la puesta en marcha del molino y de la/s unidad/es de procesamiento. La vida operativa de una mina depende de la cantidad de mineral disponible en su depósito. Las rocas residuales procedentes de la explotación de la mina y los relaves generados en la planta de procesamiento se producen a diario como avances de mina. Estos materiales se depositan en tierra, en zonas de almacenamiento de residuos, hasta que la actividad minera finaliza. Durante las operaciones pueden descubrirse otras reservas de mineral que provoquen cambios dinámicos en la estrategia global de explotación de la mina. Es posible que en el curso de las operaciones deba producirse un cierre temporal (por ejemplo, debido a problemas económicos o a conflictos laborales). Durante este período debe garantizarse el cuidado y

mantenimiento de la mina asegurar que no se producen riesgos para la salud y la seguridad públicas y el medio ambiente.

Durante la fase de operación, la mina evoluciona tanto desde un punto de vista físico como desde un punto de vista geoquímico, lo que puede hacer necesaria una evaluación y manejo de las cuestiones ambientales, sociales y de salud ulteriores. La alteración de las condiciones normales (por ejemplo, la fuga accidental de agua del estanque de relaves o la ruptura de la presa de relaves), aunque poco habitual, también podría requerir una evaluación posterior de los impactos y el manejo correspondiente.

Cierre final y desmantelamiento

Por lo general, durante los últimos cinco años de las operaciones planeadas, se elabora un plan de cierre final con objeto de dejar la zona de la mina en condiciones ecológicamente funcionales (en la medida de lo posible) y estables en términos físicos y químicos, y por consiguiente apta para futuros usos del suelo. Un aspecto esencial del plan de cierre es el compromiso de rehabilitación progresiva de la superficie de la mina, aprovechando el personal y los equipos disponibles, minimizando las probabilidades de contaminación y reduciendo los costos de cierre o la necesidad de aseguramiento financiero complejo o cuantioso. Las labores continuadas de rehabilitación suelen consistir en:

- Demoler los edificios y la infraestructura física
- Cerrar las minas a cielo abierto
- Estabilizar y evitar el acceso público a los accesos y pozos subterráneos
- Rehabilitar las pendientes

- Asegurar que el drenaje de agua del emplazamiento de la mina y los depósitos residuales no representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente.

Cuidados posteriores al cierre

El alcance de los cuidados necesarios después del cierre de las actividades mineras y de procesamiento se divide básicamente en dos niveles:

- *Cuidados activos:* se precisa de la operación, el mantenimiento y el seguimiento constantes para garantizar un riesgo mínimo (aceptable) para la salud pública y el medio ambiente.
- *Cuidados pasivos:* se precisa de forma permanente el seguimiento ocasional y el mantenimiento periódico para garantizar un riesgo mínimo (aceptable) para la salud pública y el medio ambiente.

El tercer nivel de cuidados, el concepto de la solución de "abandono", implica que no se precisa de seguimiento ni mantenimiento adicionales. La experiencia demuestra que ciertas partes en el emplazamiento de la mina o componentes de la misma pueden dejarse en condiciones de "abandono". Sin embargo, es poco habitual que el emplazamiento entero de una mina pueda dejarse en condiciones de "abandono".

Métodos y actividades en el sector de la minería

Minería a cielo abierto

Los grandes depósitos de mineral próximos a la superficie se excavan para formar una mina a cielo abierto. Los materiales minerales y no minerales (que incluyen suelo vegetal, cubierta y roca) se excavan utilizando equipos superficiales, generalmente camiones y palas. Las dimensiones y tamaño de cada mina son únicas y dependen del grado del mineral y de la geometría, las estructuras geológicas, la resistencia de la roca y la topografía.

La mina suele diseñarse en un sistema de pendientes pronunciadas, normalmente de hasta 20 metros de altura, entre bancos horizontales. La altura de cada una de las diferentes pendientes depende principalmente del tamaño de los equipos de excavación, de las estructuras geológicas y de la resistencia de la roca.

Muchas minas a cielo abierto se excavan por debajo de la capa freática, lo que provoca cambios en el patrón de flujo de las aguas subterráneas durante la operación y, en ocasiones, durante la fase posterior al cierre de la mina. El patrón de drenaje superficial también puede verse alterado. A menudo se desarrolla una mina subterránea por debajo de la mina a cielo abierto y pueden existir conexiones a las obras subterráneas. Las minas a cielo abierto suelen rellenarse parcialmente con aguas superficiales y subterráneas una vez finalizadas las operaciones mineras.

Minería subterránea

La minería subterránea requiere por lo general un complejo sistema de excavaciones de acceso, servicios y cámaras subterráneas para recuperar el mineral. Los yacimientos de mineral pueden ser continuos o discontinuos, presentándose en reducidos volúmenes con grandes zonas estériles (sin mineral) entre ellos. Por lo general, las minas intentan extraer tanto material mineral valioso como sea posible y esto puede traducirse en excavaciones subterráneas de enorme envergadura. Estas excavaciones exhibirán diferentes grados de estabilidad. Puede que las excavaciones de mayor tamaño deban rellenarse o dejar que se derrumben. La mayoría de los procedimientos empleados en la minería subterránea pertenecen a una de las siguientes grandes categorías:

Hundimiento simultáneo: el mineral se extrae y se deja que la explotación subterránea se derrumbe, mientras que la roca

suprayacente se hunde (colapsa) a la vez que se extrae el mineral. En consecuencia, las perturbaciones en la superficie suelen producirse rápidamente en función de la profundidad de la explotación minera.

Hundimiento posterior: la extracción del mineral tiene lugar sin relleno y el derrumbamiento podría ocurrir en cualquier momento una vez extraído el mineral. Es probable que se registren perturbaciones en la superficie en el futuro.

Cámaras abiertas con soporte de pilares: se dejan los pilares para mantener la estabilidad al tiempo que se extrae el mineral. El derrumbamiento y las perturbaciones podrían tener lugar en el futuro.

Relleno de la mina: los orificios resultantes de la extracción de mineral se rellenan de material que puede consistir en roca residual, relaves o relaves en pasta. El relleno reduce considerablemente las posibles perturbaciones superficiales.

Otros tipos y métodos de explotación minera

Minería de minerales industriales

El término “mineral industrial” se utiliza a menudo para hacer referencia a los minerales no combustibles, metaloides, como por ejemplo las rocas ornamentales (por ejemplo, caliza, granito, pizarra, entre otros); piedras trituradas; arena y grava; minerales arcillosos, cerámicos y refractarios (por ejemplo, caolín, bentonita, esquistos); y materiales químicos y fertilizantes (por ejemplo, potasa y fosfato). Esta amplia gama de materiales pueden extraerse mediante diversas técnicas.

*Minería por disolución y lixiviación *in situ**

La minería por disolución se conoce a veces como lixiviación *in situ* porque en ella se disuelve y recoge el mineral buscado (por ejemplo, sal, potasa, azufre, uranio, cobre y oro) en forma de

solución. La minería por disolución consiste en la disolución de sales mediante la inyección de agua en el depósito y la creación de una caverna subterránea de agua salada a presión que regresa a la superficie. La lixiviación *in situ* implica la adición de varios reactivos en el agua y una red de pozos de inyección para inyectar la solución en un depósito subterráneo de mineral donde se lleva a cabo la disolución, seguida del bombeo destinado a la recuperación de los minerales disueltos (solución cargada) a través de una red de pozos de captación. La extracción con *lixiviación en pila* es otra variante del método de disolución mediante la cual los minerales que se pretende extraer se disuelven del mineral que ya ha fluido a la superficie mediante procedimientos convencionales (por ejemplo, mediante minería superficial o subterránea).

Dragado marino

El dragado marino implica la extracción de minerales procedentes del fondo oceánico mediante la técnica de dragado. Este método puede generar interrupciones en el lecho marino y la pérdida de hábitat junto con la biota asociada a éste. También pueden registrarse altos niveles de sedimentos en suspensión en la columna de agua debido a las actividades relacionadas con la captación de material, su elevación hasta la superficie, su transporte y colocación o almacenamiento para su ulterior procesamiento. El dragado puede llevarse a cabo empleando sistemas fijos, autopropulsados o terrestres y suele recurrir a maquinaria mecánica, hidráulica o de tecnología combinada.

Minería en alta mar

La minería en alta mar implica el uso de equipos de excavación mecanizados y grandes bombas para explotar los depósitos superficiales en el fondo marino. Las bombas impulsan el mineral hasta un barco en la superficie empleando una columna

vertical. Este método de extracción puede causar perturbaciones en el fondo marino, variaciones en la temperatura del agua y el desarrollo de una pluma de sedimentos.