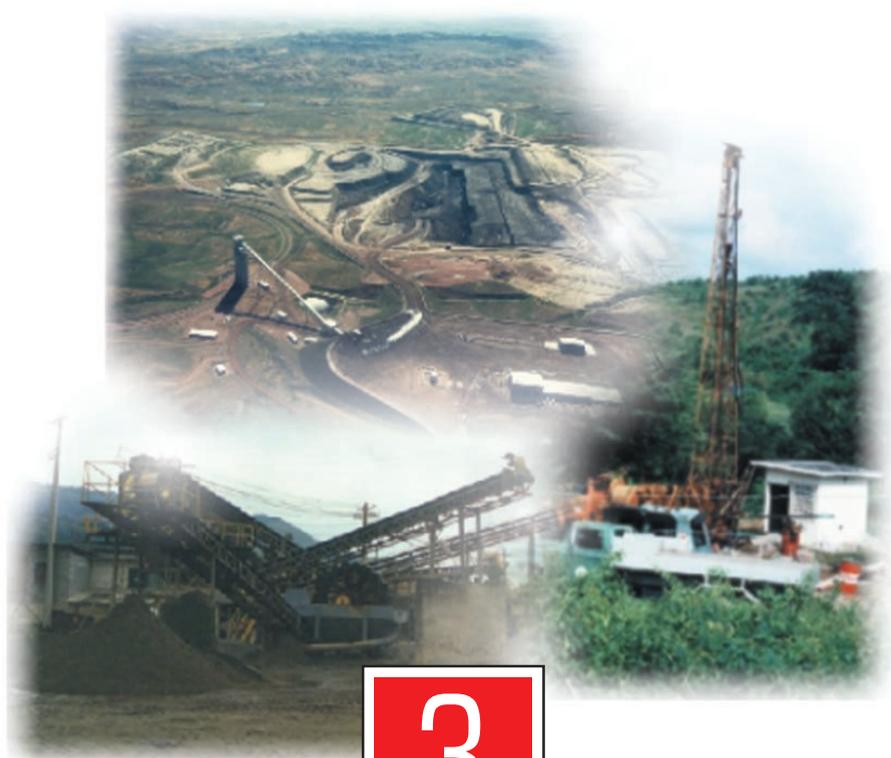




Libertad y Orden

G • U • Í • A MINERO AMBIENTAL



3

BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



Libertad y Orden

ÁLVARO URIBE VÉLEZ

Presidente de la República

LUIS ERNESTO MEJÍA CASTRO

Ministro de Minas y Energía

CECILIA RODRÍGUEZ GONZÁLEZ-RUBIO

Ministra del Medio Ambiente

JUAN MANUEL GERS OSPINA

Viceministro de Minas y Energía

JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA

Viceministro del Medio Ambiente

LUIS ÁLVARO PARDO BECERRA

Director de Minas

GERARDO VIÑA VIZCAINO

Director General Ambiental Sectorial

ENTIDADES PARTICIPANTES

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Efraín Rodríguez Urbina

Minercol

Germán Guerrero Guzmán

Ingeominas

Francisco Javier Pérez A.

Minercol

María Cecilia Concha

Upme

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Elías Pinto Martínez

APOYO TÉCNICO

COOPERACION TÉCNICA INTERNACIONAL

CERI - COLOMBIA - CIDA

LAKEFIELD RESEARCH LIMITED

CANADÁ

Samuel Wade Stogran

John Pierre Desbiens

Leanne Adèle Knox

COLOMBIA

David Buitrago Salomón

Adolfo León Correa Silva

Víctor Manuel Carrillo Lombana

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE
MINAS Y ENERGÍA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DEL
MEDIO AMBIENTE

ENERGY, MINING AND ENVIRONMENT PROJECT
PROYECTO DE ENERGÍA MINERA Y MEDIO AMBIENTE
CERI-COLOMBIA-CIDA

LakefieldResearch



Tabla de Contenido

PRESENTACIÓN	9
1.0 INTRODUCCIÓN	11
1.1 Antecedentes	11
1.2 Objetivo	11
1.3 Etapas y Fases de un Proyecto Geológico Minero	11
2.0 INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA GUÍA	13
2.1 Generalidades	13
2.2 Estructura y Nomenclatura	13
2.3 Uso de la Guía	13
2.4 Procedimiento para el Manejo de la Guía	14
3.0 Marco Jurídico	15
3.1 Marco Legal Minero	15
3.1.1 Zonas Mineras Especiales	16
3.1.2 Registro Minero	17
3.1.3 Normas Reglamentarias y Complementarias	18
3.1.4 Trámites Mineros	19
3.1.5 Medios e Instrumentos Mineros y Ambientales	20
3.2 Marco Legal Ambiental	22
3.2.1 Requisitos Ambientales para la Exploración	22
3.2.2 Componentes para el Seguimiento Ambiental de los Trabajos de Exploración	24



3.2.3	<i>Requisitos Ambientales para la Etapa de Explotación</i>	24
3.2.4	<i>Permisos Ambientales</i>	24
3.2.5	<i>Competencias Trámites Ambientales</i>	25
3.2.6	<i>Normas Ambientales Generales</i>	26
4.0	NORMAS TÉCNICAS GEOLÓGICAS, MINERAS Y AMBIENTALES	31
5.0	BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN	35
5.1	Procesos de Beneficio	35
5.2	Procesos de Transformación	38
5.3	Operaciones Auxiliares	42
5.4	Procesos de Beneficio y Transformación	43
6.0	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	50
6.1	Identificación de Impactos Ambientales	50
6.2	Valoración de la Magnitud de los Impactos Ambientales	52
6.3	Relación de Actividades, Impactos y Fichas de Manejo	54
6.3.1	<i>Impactos para el Componente Agua</i>	54
6.3.2	<i>Impactos en el Componente Aire (material particulado y gases)</i>	55
6.3.3	<i>Impactos en el Componente Aire (ruido y vibraciones)</i>	55
6.3.4	<i>Impactos en el componente Suelo (alteracion de las propiedades fisico - quimicoas del suelo)</i>	56
6.3.5	<i>Impactos en el Componente Biótico (flora)</i>	57
6.3.6	<i>Impactos en el Componente Biótico (fauna)</i>	57
6.3.7	<i>Impactos en el Componente Social (generación de expectativas)</i>	58
6.3.8	<i>Impactos en el Componente Social (afectación de la infraestructura pública y privada)</i>	58
6.3.9	<i>Impactos en el Componente Social (cambios en el uso del suelo)</i>	59
6.3.10	<i>Impactos en el Componente Social (cambios en el paisaje)</i>	59
6.3.11	<i>Impactos en el Componente Social (incremento en el uso de bienes y servicios)</i>	60



7.0 MANEJO DE IMPACTOS AMBIENTALES	61
7.1 Abastecimiento de Agua	62
7.2 Manejo de Aguas Lluvias	63
7.3 Manejo de Aguas Residuales Industriales	64
7.4 Manejo de Material Particulado y Gases	68
7.5 Manejo del Ruido	70
7.6 Manejo de Combustibles	71
7.7 Manejo de Residuos Sólidos Industriales (Colas)	72
7.8 Manejo de Residuos Sólidos Industriales (Escorias)	73
7.9 Manejo de Sustancias y Residuos Sólidos Peligrosos	74
7.10 Plan de Gestión Social	76
7.11 Manejo Paisajístico	78
8.0 SEGUIMIENTO, MONITOREO Y EVALUACIÓN	81
8.1 Informes de Avance y Cumplimiento	84
8.2 Indicadores de Gestión Ambiental	91
8.2.1 <i>Indicador de cumplimiento del plan de manejo ambiental</i>	93
8.2.2 <i>Indicador de gestión de permisos ambientales</i>	95
8.2.3 <i>Indicador de impacto ambiental</i>	96
8.2.4 <i>Ejemplo cálculo del indicador de gestión ambiental</i>	96
9.0 EVALUACION DE RIESGOS	104
9.1 Objetivo y Alcance	104
9.2 Lineamientos Generales	104
9.3 Plan Operativo	105
10. BIBLIOGRAFIA	106



Presentación

Desarrollar el subsector de la minería de manera armónica con el medio ambiente es un compromiso del Ministerio de Minas y Energía con el país y sus habitantes. Es por ello que, especialmente, desde la expedición de la Ley 685 de 2001 –Código de Minas–, las autoridades minera y ambiental iniciaron acciones orientadas a reglamentar, en forma concertada, temas de interés común con el objeto de garantizar que todas las fases del ciclo minero observen de manera permanente las Guías Minero Ambientales.

Dicha Ley ordena crear y adoptar las Guías Minero Ambientales para adelantar la gestión técnica en los proyectos del sector, con el fin de facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades y los particulares. En consecuencia, los dos ministerios mencionados iniciaron desde finales del 2001 su elaboración, como herramientas fundamentales en los procesos de evaluación y seguimiento de los contratos de concesión, dentro de una visión prospectiva en beneficio del sector y la preservación del medio ambiente.



Atendiendo a estos propósitos y con el decidido compromiso de las entidades adscritas y vinculadas y de las autoridades delegadas, los gremios mineros, las Corporaciones Autónomas Regionales y la academia, entre otros; con el apoyo de la Cooperación Técnica Internacional de Canadá (CERI – COLOMBIA – CIDA), y bajo la coordinación del Ministerio de Minas y Energía y del Ministerio del Medio Ambiente, se avanzó de manera concertada en el diseño y elaboración de las guías minero-ambientales para las actividades mineras.

Es por tanto satisfactorio para estos Ministerios poner a disposición de la sociedad en general y de la comunidad minera en particular, un paquete de tres (3) guías minero-ambientales, que constituyen el referente técnico de gestión ambiental para las actividades de exploración, explotación (a cielo abierto y subterránea), beneficio y transformación de minerales.

Estas guías serán valiosas herramientas para las autoridades minera y ambiental, gremios y comunidades en general, por cuanto proponen acciones para el mejoramiento continuo de la gestión, manejo y desempeño minero-ambiental, en el marco del desarrollo sostenible como compromiso de la humanidad.

Luis Ernesto Mejía Castro

Ministro de Minas y Energía

Cecilia Rodríguez González-rubio

Ministra del Medio Ambiente



BTM 1

Introducción

La Guía Minero Ambiental de Beneficio y Transformación es una herramienta de consulta y orientación, conceptual y metodológica, para mejorar la gestión y desempeño minero-ambiental. Es realizada con el propósito de introducir al concesionario en los aspectos pertinentes al desarrollo de un proyecto minero de una forma técnica, sostenible y ambientalmente viable; y para que los lineamientos planteados se apliquen a las características específicas y condiciones del área de explotación contratada.

1.1 Antecedentes

Teniendo en cuenta la necesidad de integrar el manejo ambiental con el desarrollo de las actividades mineras, la Ley 685 de 2001, contempló la realización de guías minero-ambientales para orientar el desarrollo de las actividades sectoriales y ser un complemento didáctico de los Términos de Referencia mineros.

Desde 1997 el Ministerio del Medio Ambiente ha trabajado las guías ambientales

sectoriales en el marco de su política de producción más limpia.

1.2 Objetivo

Presentar al concesionario minero, los gremios, subcontratistas mineros y a las entidades mineras y ambientales y sus delegadas, una herramienta de gestión, manejo y desempeño minero ambiental y de estricta sujeción, que oriente la ejecución de las operaciones de Beneficio y Transformación, con el fin de facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades y de los particulares, enfocando su aplicación hacia la explotación racional del recurso mineral y al correcto manejo minero ambiental que de la ejecución de estas actividades se deriven.

1.3 Etapas y fases de un Proyecto Geológico Minero

Después de tomar la decisión de invertir en minería, un proyecto minero contempla el desarrollo de las etapas y actividades presentadas en la figura 1-1.

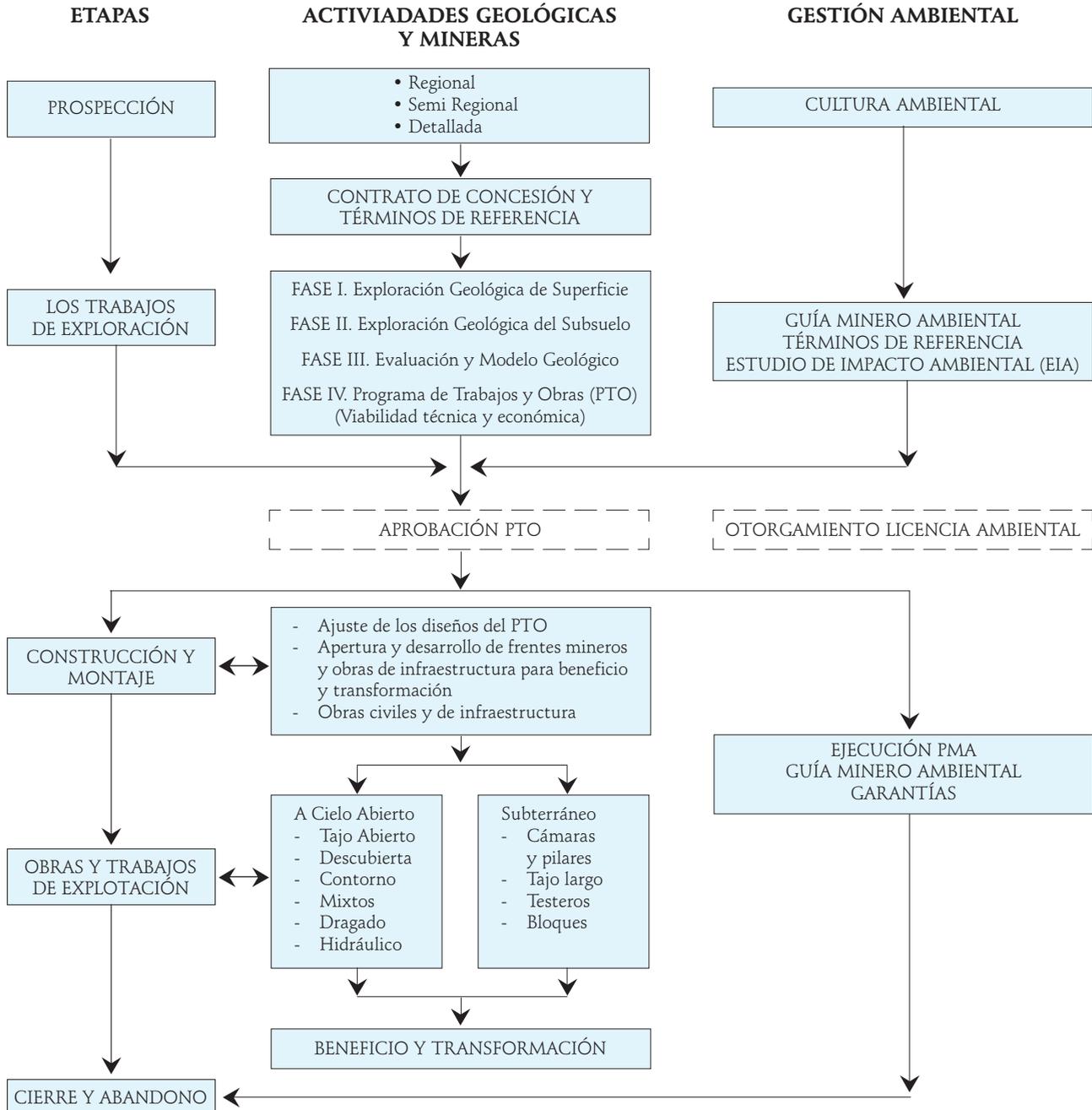


Figura. 1-1 . Etapas y Fases de un Proyecto Geológico Minero.



BTM 2

Instrucciones para el uso de la guía

2.1 Generalidades

Esta guía contiene aspectos generales de las operaciones de Beneficio y Transformación de Minerales que debe tener en cuenta el concesionario minero para llevar a cabo dichas operaciones del mineral ya extraído, después de la realización del Programa de Trabajos y Obras, y la obtención de su Licencia Ambiental para el montaje industrial requerido.

2.2 Estructura y nomenclatura

La guía está planteada en diez capítulos organizados como se muestra en la tabla 2-1.

Capítulo	Título
BTM 1	Introducción
BTM 2	Instrucciones Para el Uso de la Guía
BTM 3	Marco Jurídico
BTM 4	Normas Técnicas Geológicas, Mineras y Ambientales
BTM 5	Beneficio y Transformación de Minerales
BTM 6	Evaluación de Impactos Ambientales
BTM 7	Manejo de Impactos Ambientales
BTM 8	Seguimiento, Monitoreo y Evaluación
BTM 9	Evaluación de Riesgos
BTM 10	Bibliografía

Tabla 2-1. Capítulos de la Guía de Beneficio y Transformación

Las secciones del Capítulo 7, Manejo de Impactos Ambientales, corresponden a **fichas de manejo** que serán referidas en el Capítulo 6, Evaluación de Impactos Ambientales, con la nomenclatura que presenta la figura 2-1, la cual hace referencia a las siguientes convenciones:

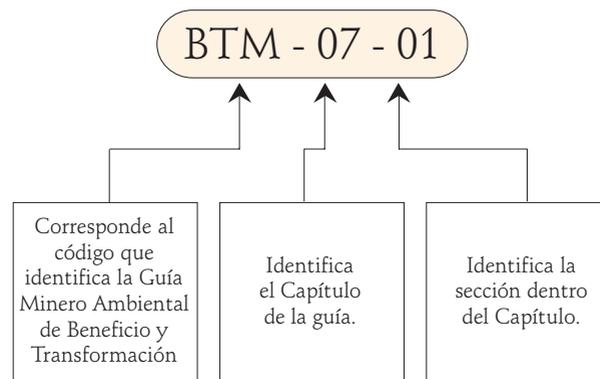


Figura. 2-1

2.3 Uso de la Guía

En la figura 2-2 se presenta la secuencia de funcionamiento de la Guía y la manera como se puede consultar.

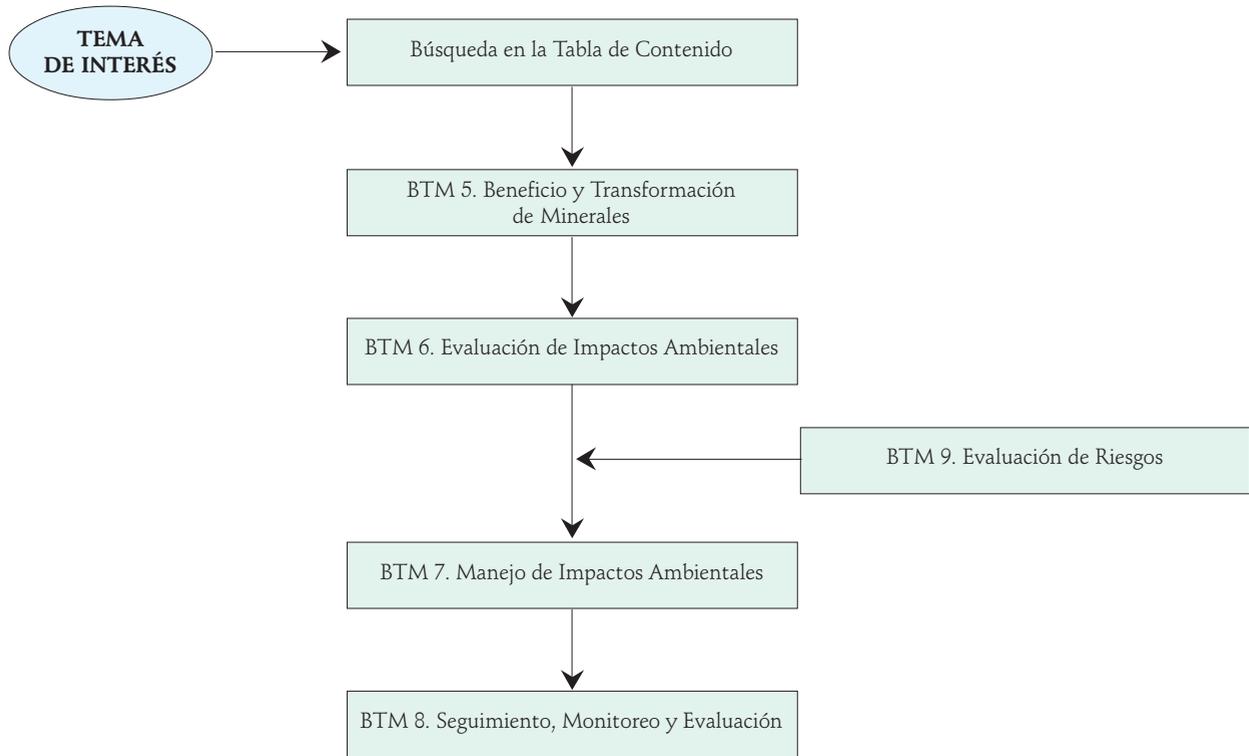


Figura. 2-2. Esquema de uso de la Guía.

2.4 Procedimiento para el manejo de la Guía

El concesionario minero interesado en desarrollar las actividades de Beneficio y Transformación de Minerales puede aplicar el siguiente esquema de procedimiento:

1. Identificar la actividad de interés en relación con la obra a desarrollar (Beneficio y Transformación). Capítulo 5.
2. Identificar el método de Beneficio y/o Transformación requerido dentro del proyecto minero.
3. Identificar y evaluar el impacto ambiental de dichas actividades.
4. Determinar los riesgos potenciales de las actividades, en relación con el área donde se realiza el proyecto.
5. Identificar la correspondiente ficha de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos contemplados. Especificar la ficha ajustándola al proyecto real.
6. Definir la ficha referenciándola al marco específica generado por el ámbito del proyecto.



BTM 3

Marco Jurídico

La legislación colombiana del área minero-ambiental se expresa en éste Capítulo, en dos marcos jurídicos: el Minero y el Ambiental. La Tabla 3-1 describe el tratamiento de los mismos.

MARCO LEGAL MINERO LEY 685 DE 2001	MARCO LEGAL AMBIENTAL LEY 99 DE 1993
<ul style="list-style-type: none"> • Registro Minero • Normas Reglamentarias y Complementarias • Trámites Mineros • Medios e Instrumentos Mineros y Ambientales • Trámites Ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciamiento Ambiental • Permisos Ambientales • Competencias Tramites Ambientales • Normas Ambientales Generales

Tabla. 3-1. Marco legal Minero y Ambiental

3.1 Marco Legal Minero

La actividad minera del país está regulada por la Ley 685 de 2001, –Código de Minas–, cuyos objetivos fundamentales son:

Fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros estatales y privados.

Estimular las actividades de exploración y explotación minera, con el fin de satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos.

Incentivar el aprovechamiento racional de los recursos mineros, de manera que armonice con los principios y normas de explotación de los recursos naturales no renovables.

Promover el aprovechamiento de los recursos mineros dentro del concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico y social del país.

El Código “regula las relaciones jurídicas del Estado con los particulares y las de estos entre sí, por causa de los trabajos y obras



de la industria minera en sus fases de prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, transporte y promoción de minerales que se encuentren en el suelo o subsuelo, ya sea de propiedad nacional o propiedad privada”.

De igual modo, establece el principio de sostenibilidad como el deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, lo cual es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar el aprovechamiento racional de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este principio

deberá inspirar la interacción de los dos campos de actividad.

3.1.1 Zonas Mineras Especiales

En el Código de Minas se considera conveniente reservar, excluir o restringir la actividad minera, en aquellas áreas del territorio nacional que gozan de un estatus especial dentro de la legislación nacional o cuentan con alguna restricción especial del orden nacional, regional o local.

En la tabla 3-2 se resumen los aspectos más importantes para la identificación de las áreas reservadas, excluidas, restringidas y de las comunidades indígenas y negras mineras.

Tipo de Zonas		Objetivo	Descripción
Zonas de Seguridad Nacional		El Gobierno Nacional establecerá zonas donde, sólo por razones de seguridad nacional, no podrán presentarse propuestas ni contratos de concesión.	Se mantendrán mientras subsistan las razones que motivaron su creación.
Reservas Especiales	Zonas de explotaciones tradicionales de minería informal	El Estado delimitará zonas donde, provisionalmente, no se admitirán nuevas propuestas ni contratos de concesión, y sobre las cuales adelantará estudios geológicos mineros para proyectos mineros especiales y de reconversión.	Proyectos Mineros Especiales: Proyectos mineros comunitarios donde es posible realizar un aprovechamiento minero. Proyectos de Reconversión: Donde no es posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso minero. Acción orientada a la capacitación en nuevas actividades económicas, o complementarias a la actividad minera.
Exclusión	Sistema de Parques Nacionales Naturales	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras	Estas zonas deberán ser delimitadas geográficamente por la autoridad ambiental, con la colaboración de la autoridad minera; basados en estudios técnicos, sociales y ambientales.
	Parques Naturales Regionales	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras. Únicamente se podrá adelantar en forma restringida, cuando la autoridad ambiental lo autorice.	
	Zonas de Reserva Forestal	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras. Únicamente se podrá adelantar en forma restringida, cuando la autoridad ambiental lo autorice.	

Tabla. 3-2. Zonas Mineras Reservadas, Excluidas, Restringidas y de Minorías Étnicas.



Tipo de Zonas		Objetivo	Descripción
Restringidas	Dentro del Perímetro urbano	Evitar conflictos y realizar los trabajos mineros respetando las normas existentes.	Podrán efectuarse trabajos y obras de exploración y de explotación de minas, con el consentimiento de las autoridades competentes, los dueños de predios, o con los permisos respectivos.
	Áreas ocupadas por construcciones rurales		
	Zonas de Interés arqueológico, histórico o cultural		
	Playas, zonas de bajamar y trayectos fluviales servidos por empresas públicas de transporte		
	Áreas ocupadas por una obra pública o adscritas a un servicio público		
Mineras ocupadas por comunidades indígenas y negras	Mineras Indígenas Mineras de comunidades negras Mineras Mixtas	Todo explorador o explotador de minas está en obligación de realizar sus actividades sin que éstas afecten los valores culturales, sociales y económicos de las comunidades y grupos étnicos que ocupan, real y tradicionalmente, el área objeto de concesiones o de títulos de propiedad privada del subsuelo.	La autoridad minera, previa solicitud expresa de la comunidad indígena, señalará y delimitará, con base en estudios técnicos y sociales las zonas mineras indígenas . En estas, la exploración y explotación minera deberá tener en cuenta la participación de las comunidades y grupos asentados en dichos territorios. En los terrenos baldíos adjudicados como de propiedad colectiva de una comunidad negra, la autoridad minera podrá establecer zonas mineras especiales . Los trabajos mineros se ejecutarán respetando y protegiendo los valores que constituyen la identidad cultural y formas tradicionales de la explotación de las comunidades negras. La autoridad minera, dentro de territorios ocupados por comunidades negras e indígenas, establecerá zonas mineras mixtas en beneficio conjunto o compartido de estas minorías, a solicitud de uno o los dos grupos étnicos.

3.1.2 Registro Minero

El Registro Minero Nacional es un medio de autenticidad y publicidad de los actos y contratos estatales y privados, que tiene por objeto principal la constitución, conservación, ejercicio y gravamen de los derechos a explorar y explotar minerales, emanados de títulos otorgados por el Estado o de títulos de propiedad privada del subsuelo.

Únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional.

Contrato de Concesión Minera

Es el que celebra el Estado y un particular para efectuar, por cuenta y riesgo de éste, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal, que puedan encontrarse dentro de una zona determinada. La explotación se realiza en los términos y condiciones establecidos en el Código de Minas.

El Contrato de Concesión comprende, dentro de su objeto, las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de minerales por cuenta y riesgo del concesionario y el cierre o abandono de los trabajos u obras correspondientes.



En la Tabla 3-3 se presentan los tiempos de duración que establece el Código de Minas para el ciclo minero y se menciona la situación en que estos períodos pueden ser mayores o menores.

Etapas	Período años	Prórroga años	Disminución del período	
			Situación	Condición
Exploración	3	2	Podrá ser menor a 3 años por solicitud del proponente	Cumplimiento de las obligaciones mínimas exigidas para esta etapa del contrato
Construcción y Montaje	3	1	Podrá ser menor cuando la explotación se realice en forma anticipada y lo permitan la infraestructura y montajes provisionales o incipientes	Aviso previo y por escrito a la autoridad minera y presentación del Programa de Obras y Trabajos de la explotación anticipada
Explotación	24		Será menor cuando el concesionario haga uso de las prórrogas en los períodos de exploración, construcción y montaje.	
Total Concesión	30	30		

Tabla. 3-3. Duración de la Concesión

3.1.3 Normas Reglamentarias y Complementarias

- Normas Reglamentarias Ley 685 de 2001:

- Resolución 18-1053 de 2001: MinMinas delega a Minercol Ltda las funciones de tramitación, titulación, registro, asistencia técnica, fiscalización y vigilancia de las obligaciones emanadas de los títulos, contratos, solicitudes y propuestas mineras.
- Resolución 18-1130 de 2001: Excepción en las funciones delegadas a Minercol Ltda.
- Resolución 18-1145 de 2001: Reglamenta la delegación de MinMinas en los gobernadores de departamentos y en los alcaldes de ciudades capital de departamento sus funciones de tramitación y celebración de contratos de concesión.
- Resolución 18-1191 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento del Cesar.
- Resolución 18-1192 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Boyacá.

- Resolución 18-1193 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Caldas.
- Resolución 18-1194 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Antioquia.
- Resolución 18-1195 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Norte de Santander.
- Resolución 18-1320 de 2001: Ordena cancelación de la inscripción de los aportes en el Registro Minero Nacional.
- Resolución 18-1568 de 2001: Por la cual se modifica la Resolución 18-1145 de 2001.
- Resolución 18-1847 de 2001: Formulario para la legalización de explotaciones mineras sin título inscrito en el Registro Minero Nacional.
- Resolución 0034 de 2001: Formulario de propuesta de Contrato Unico de Concesión.
- Resolución 0036 de 2001: Adición a la Resolución 0034 de 2001 y se deroga la Resolución 014 de 2000.



- *Resolución 18-0635 de 2002*: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del departamento de la Guajira.
- *Decreto 2353 de 2001*: Reglamentación al recaudo y distribución de la regalías.
- *Decreto 136 de 2002*: Modificación del párrafo del artículo tercero del decreto 2353 de 2001.
- *Normas Complementarias del marco legal minero*:
- *Decreto 1335 de 1987 - Seguridad en minería subterránea*: Reglamento de seguridad en las labores de minería subterránea.
- *Decreto 2222 de 1993 - Seguridad e Higiene Industrial en la minería a cielo abierto*: Reglamenta todo lo concerniente a la higiene y seguridad industrial de las actividades mineras a cielo abierto.
- *Ley 141 de 1994 - Ley de Regalías*: Crea el fondo Nacional de Regalías. Consagra el derecho del Estado de percibir regalías por la explotación de los recursos naturales no renovables.
- *Ley 756 de 2002 - Regalías*: Modifica la Ley 141 de 1994; establece criterios de distribución.

3.1.4 Trámites Mineros

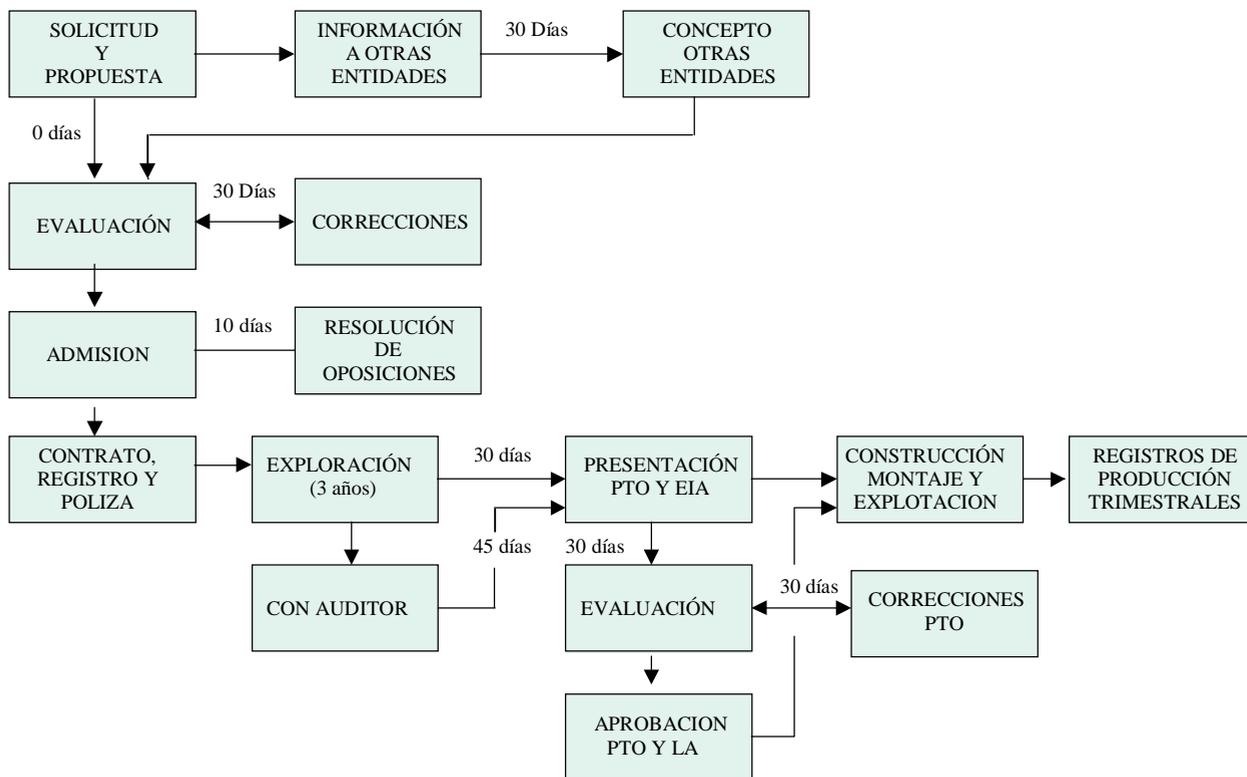


Figura. 3-1. Trámites Mineros



- *Requisitos para la Presentación de Propuesta para Contrato de Concesión*

1. Indicar nombre, identidad y domicilio del interesado.
2. Señalar el municipio y departamento y de la autoridad ambiental, de ubicación del área o trayecto solicitado.
3. Describir el área objeto del contrato y su extensión.
4. Identificar el mineral(es) objeto del contrato.
5. Mencionar los grupos étnicos con asentamientos permanentes en el área o trayectos solicitados; o declarar, si es el caso, que se halla total o parcialmente dentro de zona minera indígena, de comunidades negras o mixtas.
6. Notificar si el área abarca, en todo o en parte, lugares o zonas restringidas para cuya exploración y explotación se requiere autorización o concepto de otras autoridades.
7. Señalar los términos de referencia y guías minero ambientales que se aplicarán a los trabajos de exploración, y el estimativo de la inversión económica para la aplicación de tales términos y guías.
8. Adjuntar un plano topográfico con las características técnicas oficiales.

3.1.5 Medios e Instrumentos Mineros y Ambientales

- *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL*. Podrá exigirse por parte de la autoridad ambien-

tal competente a los proyectos, obras o actividades que, con anterioridad a la vigencia de la Ley 99/93, iniciaron sus actividades, y para los proyectos de legalización de la minería de que trata el artículo 165 de la Ley 685 de 2001.

- *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL*. El EIA contendrá los elementos, informaciones, datos y reconocimientos que se requieran para describir y caracterizar el medio físico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación; los impactos de dichas obras y trabajos con su correspondiente evaluación; los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos; las medidas específicas que se aplicarán en el abandono y cierre de los frentes de trabajo y su plan de manejo; las inversiones necesarias y los sistemas de seguimiento de las medidas. El EIA del proyecto minero lo presenta el interesado con el Programa de Trabajos y Obras Mineras que resulte de la exploración.

- *TÉRMINOS DE REFERENCIA AMBIENTALES*. Los Términos de Referencia adoptados para elaboración, presentación y aprobación de los estudios ambientales tienen como objetivo facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades ambientales y de los particulares. Los TR tienen un carácter obligatorio y genérico; en consecuencia deberán ser adaptados a las particularidades del proyecto minero, así como a las características ambientales de la región en donde se desarrolla la actividad minera. Los TR constan de Información general, descripción de las actividades, caracterización ambiental del área de estudio, evaluación ambiental y el Plan de Manejo Ambiental.



- *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LOS TRABAJOS DE EXPLORACION Y PTO.* Los Términos de Referencia para elaboración, presentación y aprobación de los estudios mineros tienen como objetivo facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades mineras y de los particulares. Con la presentación de la propuesta de contrato de concesión, el interesado se obliga a adelantar Los Trabajos de Exploración y el Programa de Trabajos y Obras de Explotación de acuerdo con los Términos de Referencia y guías establecidas por la autoridad minera.
 - *LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL.* La licencia ambiental para las obras y trabajos del concesionario minero se otorgará de manera global para la construcción, montaje, explotación, beneficio y transporte interno de los correspondientes minerales. La licencia comprenderá los permisos, autorizaciones y concesiones para hacer uso de los recursos necesarios para el aprovechamiento minero. La vigencia de dichos permisos será igual a la de la licencia ambiental.
- En la Ley 99 se define la Licencia Ambiental como un instrumento de gestión y planificación para prevenir, mitigar, corregir, compensar y manejar los efectos ambientales durante el desarrollo de cualquier obra o actividad. La Licencia Ambiental se estableció como requisito para cualquier obra o proyecto que genere deterioro grave a los recursos naturales renovables o al ambiente y modificaciones considerables o cambios notorios al paisaje.
- *PERMISOS, AUTORIZACIONES Y CONCESIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.* Cuando en desarrollo de los trabajos de exploración se requiera usar en forma ocasional o transitoria, recursos naturales renovables de la zona explorada, se solicitará la correspondiente autorización a la autoridad ambiental competente.
 - *GUIAS MINERO AMBIENTALES.* Las guías técnicas para adelantar la gestión ambiental en los proyectos mineros tienen como objeto facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades mineras, ambientales y particulares.
 - *AUDITORÍAS AMBIENTALES EXTERNAS.* Se realizarán a través de profesionales o firmas de reconocida idoneidad e inscritos y calificados por el Ministerio del Medio Ambiente para que, seleccionadas por los usuarios y a su costa, hagan la auditoría y seguimiento de la manera como se cumplan las obligaciones ambientales en los correspondientes contratos de concesión.
 - *AUDITORÍAS MINERAS EXTERNAS.* La autoridad minera previo concepto del Consejo Asesor de Política Minera, podrá autorizar a profesionales y firmas de reconocida y comprobada idoneidad en el establecimiento y desarrollo de proyectos mineros, para que a petición y a costa del contratista, evalúen los estudios técnicos presentados y hagan la auditoría de las obras y labores del proyecto y de la forma como da cumplimiento a sus obligaciones. Los auditores son auxiliares de la autoridad minera, la cual conservará su autonomía y facultad decisoria.



3.2 Marco Legal Ambiental

3.2.1 Requisitos Ambientales para la Exploración

Para cumplir con la normatividad relacionada con la solicitud y trámite de permisos, autorizaciones y concesiones de recursos naturales renovables requeridos para los trabajos de exploración, es necesario tener conocimiento de la oferta y demanda de recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación, con el fin de establecer las asignaciones, el manejo y el grado de intervención que pueda realizarse sobre los mismos. La solicitud de los permisos debe realizarse de acuerdo con la información que se presenta a continuación. La obtención de los mismos, es indispensable para dar inicio a los trabajos de exploración.

La guía minero-ambiental es el instrumento de referencia para el manejo ambiental y por tanto, el concesionario deberá ajustarla a las características y condiciones específicas del área solicitada (art. 272 código de minas). Antes de iniciar los trabajos de exploración deberá diligenciar el formato de inscripción de las medidas de manejo ambiental, de acuerdo con la guía y con la reglamentación expedida por el Ministerio del Medio Ambiente.

- *Aprovechamiento Forestal.*

La construcción e instalación de las obras de infraestructura necesaria para el proyecto, así como la apertura de vías, escombreras y patios de acopio requieren el despeje y remoción de áreas con vegetación.

Requisitos:

- Justificación técnica de la necesidad de realizar el aprovechamiento forestal.

- Plano de ubicación con coordenadas geográficas, planas y delimitación (establecimiento de linderos) de las áreas solicitadas para aprovechamiento forestal.
- Régimen de propiedad de las áreas objeto de aprovechamiento forestal.
- Extensión de las áreas objeto de aprovechamiento, así como identificación taxonómica de especies, volumen, cantidad o peso aproximado y uso que se pretende dar a los productos.
- Presentación del Plan de Aprovechamiento Forestal, en el que se incluya un inventario estadístico con error de muestreo no superior al quince por ciento (15%) y una probabilidad del noventa y cinco por ciento (95%).
- Se deben indicar los proyectos compensatorios tales como protección, conservación y repoblación forestal, que se contemplarán en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto.

- *Ocupación de Cauces o Lechos de Corrientes o Depósitos de Agua.*

En caso de ser necesaria la construcción de obras que ocupen cauces de una corriente o depósito de agua, bien sea por infraestructura propia del proyecto, vías o instalaciones necesarias para la explotación.

Requisitos:

- Obras típicas a construir y su temporalidad. Conocimiento básico del comportamiento de la corriente en los sectores afectables, con planos a escala adecuada.
- Impactos ambientales previsibles. Obras típicas de protección de control torrencial para cada sector a intervenir. Procedimientos constructivos.



- *Concesión de Aguas Superficiales*
Para instalaciones del proyecto y actividades de explotación.

Requisitos:

- Caudales característicos de las corrientes o cuerpos de agua que se utilizarán para el proyecto. Inventario de usuarios aguas abajo de las corrientes a utilizar.
- Caudales y volúmenes típicos para las diferentes actividades y globales estimados para el proyecto, según las diferentes destinaciones del recurso.
- Diseños típicos de los sistemas de captación, conducción, control de caudales, derivaciones y disposición de sobrantes. Ubicación de los sectores de captación de las corrientes o cuerpos de agua a utilizar.

- *Vertimientos Residuos Líquidos*

En la explotación se pueden generar vertimientos de aguas residuales domésticas, provenientes de los campamentos e instalaciones y aguas residuales industriales y mineras generadas durante la explotación, que deben ser sometidas a tratamientos antes de ser vertidas al cuerpo receptor.

Requisitos:

- Localización de la(s) corriente(s) o depósito(s) de agua que habrá de recibir el vertimiento.
- Clase, calidad y cantidad de desagües, descripción general del sistema de tratamiento que se adoptará y estado final previsto (calidad) para el vertimiento.
- Forma y caudal de la descarga expresada en litros por segundo, indicando si se hará en flujo continuo o intermitente.
- Identificación de impactos ambientales, obras de prevención, mitigación y compensación.

- *Emisiones Atmosféricas*

Puede requerirse para la operación de los patios de acopio del mineral.

Requisitos:

- Localización de las instalaciones del proyecto.
- Fecha proyectada de iniciación de actividades o fechas proyectadas de iniciación y terminación de obras, trabajos o actividades, si se trata de emisiones transitorias.
- Descripción de las obras, procesos y actividades de producción, mantenimiento, tratamiento, almacenamiento o disposición que generen las emisiones y los planos que dichas descripciones requieran; Flujograma con indicación de ubicación, cantidad y caracterización de los puntos de emisión al aire, descripción y planos de los ductos, chimeneas o fuentes dispersas, e indicación de sus materiales, medidas y características técnicas.
- Información técnica sobre producción prevista o actual, proyectos de expansión y proyecciones de producción a 5 años.
- Estudio técnico de evaluación de emisiones en los procesos de combustión o producción; información sobre consumo de materias primas, combustibles y otros materiales utilizados.
- Diseño de sistemas para el control de emisiones atmosféricas y/o tecnología limpia.

El concesionario deberá ajustar la guía Minero Ambiental a las características y condiciones específicas del área solicitada descrita en la propuesta (art. 272 código de minas), para lo cual se hace necesario presentar, antes del inicio de los trabajos de exploración y para efectos del seguimiento ambiental, el formato de inscripción de las medidas de manejo ambiental en función de



la guía de acuerdo con la reglamentación que expida el Ministerio del Medio Ambiente.

3.2.2 Competencias para el seguimiento ambiental de Los Trabajos de Exploración

Con el artículo 9, parágrafo segundo, del Decreto 1728 de 2002, Los Trabajos de Exploración minera estarán sujetos a la guía ambiental y el seguimiento correspondiente será competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales o Grandes Centros Urbanos, quienes tendrán en cuenta la reglamentación que para estos efectos expida el Ministerio del Medio Ambiente.

3.2.3 Requisitos Ambientales para la Etapa de Explotación

La ley 99 de diciembre de 1993, en su título octavo, trata lo relativo a la licencia ambiental.

Posteriormente mediante el Decreto 2150 de 1995, artículo 132, se simplifica el trámite de la licencia ambiental para los proyectos. Se establece que dicha licencia llevará implícitos todos los permisos de carácter ambiental.

La Ley 685 de 2001 define la Licencia Ambiental Global como la que otorgará la autoridad ambiental competente para la construcción, montaje, explotación, beneficio y transporte interno sin perjuicio de la autorización que da el Ministerio del Medio Ambiente para el transporte externo de los correspondientes minerales con base en el EIA.

De acuerdo con el Decreto 1728 de 2002 artículo 20, el interesado en obtener la licen-

cia ambiental formulará una petición escrita dirigida a la autoridad ambiental competente. Esta solicitud deberá contener:

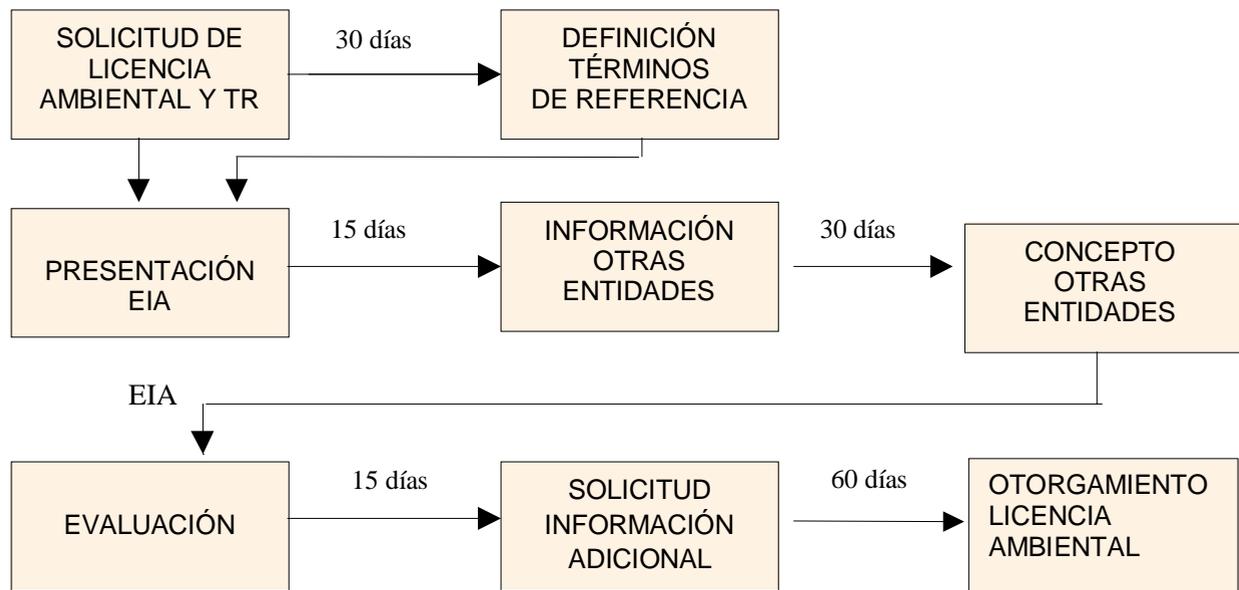
- Nombre o razón social, número de identificación y domicilio del solicitante
- Descripción del proyecto, obra o actividad.
- Costo estimado del proyecto, obra o actividad.
- Descripción de las características ambientales generales del área de localización.
- Relación de los recursos naturales renovables que requieran ser usados, aprovechados o afectados durante la ejecución del proyecto, obra o actividad.
- Indicar si el proyecto, obra o actividad afecta las áreas de manejo especial, reservas forestales o humedales de importancia nacional o internacional.

A la solicitud deberá anexar los siguientes documentos.

- Poder debidamente otorgado, cuando actúe mediante apoderado.
- Certificado de existencia y representación legal expedido dentro del mes inmediatamente anterior a la presentación de la solicitud, para el caso de personas jurídicas.
- Certificación expedida por el Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades indígenas.
- Estudio de impacto ambiental.

3.2.4 Permisos Ambientales

El Estudio de Impacto Ambiental deberá incluir información orientada al conocimiento de la oferta y demanda de los recursos naturales que pueden ser utilizados en el desarrollo del proyecto minero, con el fin de establecer las asignaciones, manejo y el grado de interven-



NOTA: El trámite para el otorgamiento de la Licencia Ambiental con auditor externo tiene una duración máxima de 90 días

Figura. 3-2. Trámites Licencia Ambiental (Art. 282, Ley 685/01)

ción que pueda realizarse sobre los mismos. En este sentido, se deben relacionar los recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación como consecuencia de la ejecución de las actividades de explotación.

3.2.5 Competencias Trámites Ambientales

De acuerdo con el artículo 52, numeral 2°, de la Ley 99 de 1993 en concordancia con el artículo 8 del Decreto 1728 de 2002, el Ministerio del Medio Ambiente otorgará de manera privativa la licencia ambiental en los proyectos de explotación minera, así:

a. Proyecto de explotación minera de carbón: cuando la explotación sea mayor o igual a 800.000 ton/año.

- b. Proyectos de explotación minera para materiales de construcción: cuando la explotación del mineral sea mayor o igual a 600.000 ton/año.
- c. Proyectos de explotación minera para metales y piedras preciosas: cuando la explotación de material removido sea mayor o igual a 2.000.000 ton/año.
- d. Proyecto de explotación minera de otros minerales: cuando la explotación de mineral sea mayor o igual a 1.000.000 ton/año.

De acuerdo con el artículo 52, numeral 2°, de la Ley 99 de 1993 en concordancia con el artículo 9 del Decreto 1728 de 2002, las Corporaciones Autónomas Regionales y Los Grandes Centros Urbanos serán competentes en sus respectivas jurisdicciones, para otorgar licencia ambiental para la ejecución



de proyectos mineros de explotación de la siguiente manera:

- a. Proyecto de explotación minera de carbón: cuando la explotación sea menor a 800.000 ton/año.
- b. Proyectos de explotación minera para materiales de construcción: cuando la explotación del mineral sea menor a 600.000 ton/año.
- c. Proyectos de explotación minera para metales y piedras preciosas: cuando la explotación de material removido sea menor a 2.000.000 ton/año.
- d. Proyecto de explotación minera de otros minerales: cuando la explotación de mineral sea menor a 1.000.000 ton/año.

3.2.6 Normas Ambientales Generales

En este aparte se presentan las principales normas ambientales a nivel nacional relacionadas con el manejo y conservación de los recursos naturales y del medio ambiente.

- *Normatividad sobre participación comunitaria y patrimonio cultural*
 - *Ley 21 de 1991.* Aprueba el Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Adoptado por la OIT en 1989.
 - *Ley 70 de 1993.* Protección de la identidad cultural y derechos de las comunidades negras de Colombia.
 - *Ley 134 de 1994.* Participación ciudadana.
 - *Decreto 1371 de 1994.* Comisión consultiva de alto nivel de que trata el artículo 45 de la Ley 70 de 1993.
 - *Decreto 1745 de 1995.* Titulación de tierras de comunidades negras.
 - *Decreto 1277 de 1996.* Zonas de reservas campesinas.

- *Decreto 1397 de 1996.* Crea la Comisión nacional de territorios indígenas y la mesa permanente de concertación con los pueblos y organizaciones indígenas.
- *Ley 397 de 1997.* Ley General de la Cultura. Área de protección arqueológica en la licencia ambiental.
- *Ley 393 de 1998.* Acción de cumplimiento
- *Ley 472 de 1998.* Acciones populares y de grupo.
- *Decreto 1320 de 1998.* Reglamenta consultas previas a comunidades indígenas y negras.
- *Decreto 1818 de 1998.* Estatutos de mecanismos alternativos de solución de conflictos.
- *Decreto 2001 de 1998.* Constitución de resguardos indígenas.
- *Normatividad sobre patrimonio natural y monumentos nacionales*
 - *Decreto Ley 2811 de 1974 Parte XII.* Respecto a los recursos del paisaje y su protección
 - *Decreto 1715 de 1978.* Reglamenta la protección del paisaje en carreteras. Prohíbe la alteración de elementos del paisaje.
 - *Decreto 3048 de 1997.* Consejo de monumentos nacionales
- *Normatividad sobre flora silvestre y bosques*
 - *Ley 2 de 1959.* Reserva forestal y protección de suelos y agua.
 - *Decreto 2811 de 1974 Libro II, Parte VIII.* De los bosques, de las áreas de reserva forestal y de los aprovechamientos forestales.
 - *Decreto 877 de 1976.* Usos del recurso forestal. Áreas de reservas forestales.
 - *Decreto 622 de 1977.* Sobre Parques Nacionales Naturales PNN.
 - *Ley 29 de 1986.* Regula áreas de reserva forestal protectora.



- *Decreto 1667 de 2002.* Inclusión de humedales en la lista de humedales de importancia internacional.
- *Resolución 868 de 1983.* Sobre tasas de aprovechamiento forestal.
- *Ley 299 de 1995.* Por la cual se protege la flora colombiana.
- *Decreto 1791 de 1996.* Régimen de aprovechamiento forestal y acuerdos regionales con este fin.
- *Documento Conpes 2834 de 1996.* Política de bosques.
- *Resoluciones del Ministerio del Medio Ambiente (INDERENA) y Corporaciones Autónomas Regionales.* Establecen vedas de varias especies vegetales a nivel nacional (INDERENA o Ministerio del Medio Ambiente), y regional (Corporaciones Autónomas Regionales).
- *Resolución 0316 de 1974.* Veda indefinida de las especies vegetales: pino colombiano, hojarasco, molinillo, caparrapí y roble.
- *Resolución 213 de 1977.* Veda total de líquenes y quiches.
- *Resolución 0801 de 1977.* Veda permanente de helechos arborescentes.
- *Resolución 0463 de 1982.* Veda parcial de la especie vegetal Vara de la Costa Pacífica.
- *Manglares.* Se dictan medidas para proteger y conservar las áreas de manglar.
- *Resolución 1602 de 1995.* Aclara 1602-95. Establece PMA para aprovechamiento del manglar.
- *Resolución 020 de 1996.* Establece condiciones básicas de sustentabilidad del ecosistema y zonas circunvecinas.
- *Resolución 257 de 1977.* Manejo y control de recursos hidrobiológicos y del medio ambiente.
- *Decreto 1681 de 1978.*
- *Resolución 769 de 2002.* Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección y conservación de los páramos.
- *Normatividad sobre fauna silvestre y caza*
 - *Decreto Ley 2811 de 1974 Parte IX.* Protección y conservación de fauna silvestre.
 - *Decreto Ley 1608 de 1978.* Veda de especies faunísticas. Regula la preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre. Existen más de 30 resoluciones donde se establecen vedas, prohibiciones y restricciones al ejercicio de la caza.
 - *Ley 84 de 1989.* Adopta el Estatuto nacional de protección de los animales.
- *Normatividad sobre el recurso suelo*
 - *Decreto 2811 de 1974 parte VII.* Del suelo agrícola y de los usos no agrícolas de la tierra.
 - *Decreto Reglamentario 2462 de 1989.* Sobre explotación de materiales de construcción.
 - *Resolución 222 de 1994.* Áreas compatibles para explotaciones mineras de materiales de construcción en la Sabana de Bogotá.
 - *Resoluciones 1277 de 1996 y 803 de 1999.* Modificatorias de la Resolución 222 de 1994.
 - *Ley 388 de 1997, Art. 33.* Ordenamiento territorial. Reglamenta los usos del suelo.
- *Normatividad sobre el recurso atmosférico*
 - *Decreto 2811 de 1974.* Código de recursos naturales y del medio ambiente. Art. 33, 192, 193 Control de ruido en obras de infraestructura.
 - *Ley 09 de 1979.* Código sanitario nacional
 - *Decreto 02 de 1982.* Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74. Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas. Art. 7 a 9 Definiciones y normas generales. Art. 73 Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar mo-



lestias o daños que interfieran el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales.

Art. 74 Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera.

Art. 75 Prevención de la contaminación atmosférica.

- *Ley 99 de 1993*. Creación del SINA. Se dictan disposiciones en materia ambiental.

Art.5 Funciones del Ministerio del Medio Ambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental.

- *Decreto 948 de 1995*. Normas para la protección y control de la calidad del aire.
- *Resolución 1351 de 1995*. Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1.
- *Resolución 005 de 1996*. Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.
- *Resolución 909 de 1996*. Modifica la Resolución 005 de 1996 sobre niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.
- *Resolución 898 de 1995*. Criterios ambientales de calidad de combustibles líquidos y sólidos.
- *Resolución 8321 de 1983*. Ruido.
- *Resolución 623 de 1998*. Modifica parcialmente la Resolución 898 de 1995.
- *Decreto 1552 de 2000*. Tubos de Escape.
- *Resolución 619 de 1997*. Permisos de emisiones atmosféricas para fuentes fijas.
- *Resolución 1048 de 1999*. Niveles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres o diesel en condición de prueba dinámica a partir de 2001.
- *Resolución 304 de 2001*. Se adoptan medidas para la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono.
- *Resolución 907 de 2001*. Requisitos, condi-

ciones y límites máximos permisibles de emisión para eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos cementeros.

- *Resolución 458 de 2002*. Eliminación de tierras contaminadas con plaguicidas en hornos cementeros.
- *Resolución 0058 de 2002*. Emisiones para incinerados y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.

- *Normatividad sobre el recurso hídrico*

- *Decreto 2811 de 1974, libro II parte III*. Art. 77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art.155: Administración de aguas y cauces.
- *Decreto 1449 de 1977*. Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.
- *Decreto 1541 de 1978*. Aguas continentales: Art. 44 a 53 Características de las concesiones, Art. 54 a 66 Procedimientos para otorgar concesiones de agua superficiales y subterráneas, Art. 87 a 97: Ocupación de Cauces, Art. 104 a 106: Ocupación de cauces y permiso de ocupación de cauces, Art. 211 a 219: Control de vertimientos, Art. 220 a 224: Vertimiento por uso doméstico y municipal, Art. 226 a 230: Vertimiento por uso industrial, Art. 231: Reglamentación de vertimientos.
- *Decreto 1681 de 1978*. Sobre recursos hidrobiológicos.
- *Ley 09 de 1979*. Código Sanitario Nacional. Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua.



- *Decreto 2858 de 1981.* Modifica el Decreto 1541 de 1978.
- *Decreto 2105 de 1983.* Reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano.
- *Decreto 1594 de 1984.* Normas de vertimientos de residuos líquidos. Art. 1 a 21 Definiciones. Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua. Art. 29 Usos del agua. Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua. Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos. Art. 72 a 97 Normas de vertimientos. Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras.
- *Decreto 79 de 1986.* Conservación y protección del recurso agua.
- *Ley 99 de 1993.* Art. 10,11,24,29: Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.
- *CONPES 1750 de 1995.* Políticas de manejo de las aguas.
- *Decreto 605 de 1996.* Reglamenta los procedimientos de potabilización y suministro de agua para consumo humano.
- *Decreto 901 de 1997.* Tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a cuerpos de agua.
- *Ley 373 de 1997.* Uso eficiente y ahorro del agua.
- *Decreto 3102 de 1998.* Instalación de equipos de bajo consumo de agua.
- *Decreto 475 de 1998.* Algunas normas técnicas de calidad de agua.
- *Decreto 1311 de 1998.* Reglamenta el literal G del artículo 11 de la ley 373 de 1997
- *Resolución 0081 de 2001.* Formulario información sobre tasas retributivas y estado de los recursos.
- *Decreto 1729 de 2002.* Cuencas Hidrográficas.
- *Normatividad sobre residuos sólidos*
 - *Ley 09 de 1979.* Medidas sanitarias sobre manejo de residuos sólidos.
 - *Resolución 2309 de 1986.* Define los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
 - *Resolución 541 de 1994.* Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, concreto y agregados sueltos de construcción.
 - *Ley 142 de 1994.* Dicta el régimen de servicios públicos domiciliarios.
 - *Documento CONPES 2750 de 1994.* Políticas sobre manejo de residuos sólidos.
 - *Resolución 0189 de 1994.* Regulación para impedir la entrada de residuos peligrosos al territorio nacional.
 - *Ley 430 de 1998.* Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
 - *Decreto 1713 de 2002.* Por el cual se reglamenta, entre otras, la Ley 99 de 1993, en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
- *Normatividad sobre la administración de riesgos y prevención de desastres*
 - *Ley 09 de 1979.* Código sanitario nacional
 - *Resolución 2400 de 1979 Ministerio de Trabajo.* Por el cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, Higiene y seguridad en el trabajo.
 - *Ley 09 de 1979 artículo 491.* Atención en salud para personas afectadas por catástrofes.
 - *Decreto 3989 de 1982.* Conformación de comités de emergencia en el ámbito nacional



- *Ley 46 de 1988.* Sistema Nacional de Prevención y Atención de Emergencias.
- *Decreto 2044 de 1988.* Acarreo de productos especiales. Disposición sobre el acarreo de productos especiales, en vehículos de servicio público, para empresas de transporte de carga por carretera.
- *Decreto 919 de 1989.* Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
- *Directiva Presidencial 33 de 1989.* Responsabilidades de los organismos y entidades descentralizadas del orden nacional del sector público, en el desarrollo y operación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- *Ley 09 de 1989.* Ley de Reforma urbana que define zonas de riesgo.
- *Ley 99 de 1993: artículos 1, 5, 7, 9 y 12.* Crea el Ministerio del Medio Ambiente y la estructura del Sistema Nacional Ambiental. Directamente relacionados con prevención de desastres.
- *Decreto 1319 de 1994.* Reglamenta la expedición de licencias de construcción, urbanización y parcelación. Cumplimiento de Ley 1400/84.
- *Ley 115 de 1994 Artículo 5 Numeral 10.* Ley general de educación, adquisición de conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y prevención de desastres.
- *Resolución 541 de 1994.* Ministerio del Medio Ambiente, por medio del cual se regula el cargue, descargue, almacenamiento, etc., de productos de construcción.
- *Decreto 969 de 1995.* Crea la Red nacional de reservas para el caso de desastres.
- *Ley 388 de 1997, Artículo 14.* Formulación de planes para el ordenamiento territorial.
- *Decreto 879 de 1998, Artículo 11.* Reglamentación de planes de ordenamiento territorial.
- *Decreto 321 de 1999.* Por el cual se adopta el plan nacional de contingencias contra derrame e hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.
- *Decreto 48 de 2001.* Planificación Ambiental Regional
- *Legislación internacional adoptada por Colombia*
 - Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. París, 1972.
 - Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas: fauna y flora silvestre. Washington, 1973.
 - Convenio sobre la diversidad biológica. Río de Janeiro, 1992.
 - Convenio relativo a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas - RAMSAR (acogido por Colombia en 1997).
 - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático -Ley 164 de 1995.
 - Protocolo de Kioto - Ley 629 de 2000.

Nota: El listado de normas mineras y ambientales es meramente enunciativo, destacando las normas que usualmente se utilizan en el sector minero.



BTM 4

Normas Técnicas Geológicas, Mineras y Ambientales

Las normas técnicas colombianas e internacionales son de carácter voluntario y referencian estándares para realizar un mejor proceso de gestión geológica, minera y ambiental. Sirven de complemento a los términos de referencia y a la orientación presentada en esta guía. A continuación se citan algunas de ellas, separando la parte ambiental de la minera.

Normas Técnicas del ICONTEC (Colombia) y serie ISO (Organización Internacional de Normalización) de interés para la gestión y manejo ambiental minero:

- *Gestión Ambiental*
 - *NTC-ISO 14001*. Sistema de Administración Ambiental. Especificaciones con guía de uso.
 - *NTC-ISO 14031*. Evaluación del Desempeño Ambiental. Directrices.
 - *NTC-ISO-14004*. Sistema de Administración Ambiental. Directrices Generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo.
 - *NTC-ISO-14010*. Directrices para la Auditoría Ambiental. Principios generales.
- *Residuos Sólidos*
 - *NTC-ISO-14011*. Directrices para la Auditoría Ambiental. Procedimientos. Auditorías de sistemas de Administración Ambiental.
 - *NTC-ISO-14012*. Directrices para la Auditoría Ambiental. Criterios de calificación.
 - *ISO-14014-14015*. Auditorías ambientales: Investigaciones y registros de apoyo.
 - *ISO-14020-14024*. Ecoetiquetado Ambiental.
 - *ISO-14041-14044*. Análisis de los ciclos de vida.
 - *ISO-14060*. Aspectos ambientales de productos estándares.
- *Calidad del Aire*
 - *NTC-3662*. Aire, recolección y medición de partículas de polvo sedimentable TSP.
 - *NTC-4787*. Manejo de datos, temperatura, presión y humedad. Datos meteorológicos.



- GTC-39. Planeación del monitoreo para evaluar la calidad del aire ambiente.
- NTC-3400. Determinación del índice de polución de un gas ácido en el aire.
- NTC-3704/ NTC-4251. Determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire ambiente.
- GTC-59. Guía metodológica para la selección y aplicación de modelos de contaminantes atmosféricos.

- *Calidad del Suelo*
- NTC-3656. Toma del suelo para determinar contaminación.
- NTC-3934. Determinación de Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn.
- NTC-4508/NTC-4509/NTC-4510. Efectos de productos químicos sobre la germinación y el crecimiento de plantas superiores.

- *Calidad del Agua*
- GTC-2. Métodos Analíticos para el Control de Calidad del Agua .
- NTC-3362. Determinación del contenido de aceites y grasas.
- NTC-3629. Determinación de la DQO.
- NTC-3630. Determinación del contenido de sulfuros .
- NTC-4567. Determinación de la DBO.
- NTC-897. Determinación de sólidos.
- NTC-4705. Determinación del contenido de oxígeno disuelto.
- NTC-4706. Determinación de la dureza.
- NTC-4707. Determinación de la turbiedad.
- NTC-4708. Determinación del contenido de sulfatos.
- NTC-4716. Determinación del contenido de metales.

- NTC-3645. Determinación de la temperatura.
- NTC-3651. Determinación del pH.
- NTC-3903. Determinación de la coagulación y floculación del agua.
- NTC-4111-1. Determinación del contenido de surfactantes aniónicos.
- NTC-4111-2. Determinación del contenido de surfactantes no iónicos.
- NTC-4754. Determinación del contenido de Fe.
- NTC-4759. Determinación del contenido de Mn.
- NTC-4124-1. Determinación del contenido de Na y K.
- NTC-4180. Determinación del contenido de Ca y Mg.
- NTC-4181. Determinación del contenido de Cr.
- NTC-4254. Determinación del contenido de Co, Ni, Zn, Cd, Pb.
- NTC-4394-1/-2/-3/-4. Determinación del contenido de cianuros.
- NTC-4582. Determinación de los compuestos fenólicos en el agua.
- NTC-4893. Determinación del contenido de fluoruros.
- NTC-4770. Determinación del olor.
- NTC-4782. Determinación del contenido de nitritos (NO₂).
- NTC-4844. Determinación de cloruros
- NTC-4797. Determinación del contenido de plata.
- NTC-4785. Determinación del contenido de aluminio.
- NTC-4784. Determinación del contenido de mercurio.
- NTC-4798. Determinación del contenido de nitratos.
- NTC-4803. Determinación del contenido de acidez y alcalinidad.
- NTC-4798. Determinación del contenido de nitratos (NO₂).



- *Metrología y Mediciones*

- *NTC-1000*. Metrología. Sistema internacional de unidades.
- *NTC-4098*. Instrumentos de medición de longitud.
- *NTC-2031*. Instrumentos de pesaje.
- *NTC-2508*. Frecuencias normales para utilizar en mediciones.
- *NTC-2804*. Equipo indicador y regulador de temperatura.
- *NTC-4597*. Equipo para medidores de energía eléctrica.

- *Seguridad Ocupacional*

- *NTC-01/ NTC-3793/ SAS-18001*. Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional.
- *GTC-45*. Guía para el diagnóstico de condiciones de trabajo o panorama de factores de riesgo, su identificación y valoración.
- *NTC-3720*. Capacitación profesional.
- *NTC-3321*. Determinación de la exposición al ruido ocupacional y estimación del deterioro de la audición inducido por el ruido.
- *NTC-3521*. Descripción y medición del ruido ambiental, aplicación de los límites de ruido.
- *NTC-1523*. Cascos de seguridad industrial.
- *NTC-2915*. Protectores auditivos.
- *NTC-3521*. Caretas y protectores faciales.
- *NTC-3521*. Cascos con lámparas para uso en minería relacionados con el riesgo de explosiones parónimas que generan grisú.
- *NTC-3521*. Equipos de protección respiratoria contra gases tóxicos.
- *NTC-3521*. Guantes de caucho para uso industrial.
- *NTC-3521*. Calzado de trabajo y seguridad.

- *Componentes para Uso General*

- *NTC-274*. Tanques de almacenamiento.
- *NTC-3458*. Identificación de tuberías y servicios.
- *NTC-3292*. Acondicionadores de aire para recintos.

Existen otros documentos técnicos nacionales e internacionales de interés para el desarrollo de un proyecto minero. Algunos de ellos son:

Normas técnicas geológicas y mineras:

- *Base Topográfica*

- *NTC-4061/ NTC-4062* Cartografía general.
- *NTC 1000 INCONTEC* Metrología. Sistema internacional de unidades.
- *NTC 4098 INCONTEC* Instrucción de medición de longitud.

- *Muestreo, Análisis y Clasificación de Recursos y Reservas*

- *Normas Generales para Muestreo y Análisis de Carbón*. Procedimiento sobre muestreo y análisis de laboratorio. Sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón.
- *Marco Internacional de las Naciones Unidas. 1988*. Clasificación de reservas y recursos para combustibles sólidos y sustancias minerales.
- *American Society for Testing and Materials 2000*. Annual book of ASTM standards.
- *U.S. Geological Survey, 1976*. Geological Survey Bull. 1450-B
- *NTC-1495/NTC-1503/NTC-1504/NTC-1522/NTC-1527/NTC-1528/NTC-1667/NTC-1886/NTC-1917/NTC-1936/NTC-*



- 1967/NTC-1974/NTC-2041/ NTC-2121/
NTC-2122/NTC-4630. Suelo: terreno
- GTC-46. Esmeraldas.
- NTC-296/NTC-1423/NTC-1447/NTC-
1480/NTC-1691/NTC-1881/NTC-1882/
NTC-2004/NTC-2005/NTC-2006/NTC-
2017/NTC-2435/NTC-3695. Material de
construcción.
- NTC-163. Calizas.
- NTC-127. Arenas.
- NTC-603. Sal mineralizada.
- NTC-1361. Roca fosfórica.
- NTC-2401. Arcilla.
- NTC-1676/NTC-1824/NTC-1859/ NTC-
1872/NTC-1969/ NTC-2018/ NTC-2075/
NTC-2103/NTC-2128/NTC-2347/NTC-
2391/NTC-2392/NTC-2480/NTC-2713/
NTC-2714/NTC-2760/NTC-2967/NTC-
3268/NTC-3361/NTC-3448/NTC-3449/
NTC-3484/NTC-3485/NTC-4125/NTC-
4196/NTC-4273/NTC-4467/NTC-4682.
Carbón.



BTM 5

Beneficio y Transformación

El beneficio de los minerales consiste en el proceso de separación, molienda, trituración, mezcla y homogenización, lavado, concentración y otras operaciones similares a que se somete el mineral extraído para su posterior transformación y utilización.

Se entiende por transformación la modificación mecánica o química del mineral extraído y beneficiado, a través de un proceso industrial después del cual resulta un producto diferente y no identificable con el mineral en su estado natural.

Quienes construyan y operen plantas e instalaciones independientes para beneficiar minerales provenientes de explotaciones de terceros y quienes se dediquen al proceso de joyería y elaboración de gemas, disfrutarán de las ventajas y prerrogativas que en las leyes se consagran a favor de la minería.

5.1 Procesos de Beneficio

El Beneficio de Minerales comprende toda la serie de procesamientos que se pueden realizar sobre el mineral extraído para obtener productos útiles o valiosos. Se puede realizar

beneficio de minerales bajo dos tipos de operaciones que son: operaciones unitarias (transformación física del mineral) y procesos unitarios de beneficio (transformación físico-química del mineral).

Las operaciones unitarias que se desarrollan en una explotación minera son: lavado, reducción, clasificación, homogenización, concentración, secado, moldeado y separación. Los procesos unitarios pueden ser hidrometalúrgicos o pirometalúrgicos. Los ciclos de operaciones y procesos unitarios que se requieren para obtener el producto final dependen del mineral explotado. En esta Guía se describen algunas operaciones y procesos básicos que se utilizan comúnmente en el beneficio y transformación de minerales.

Lavado

El lavado es el proceso en el cual se elimina el lodo y material orgánico presentes en algunos minerales.

El lavado también se utiliza en las zarandas vibratorias y estacionarias en las que el agua a presión se emplea para la separación



de los materiales; el rociado del agua disgrega los sólidos y las zarandas separan los materiales gruesos de los finos.

Conminución

La conminución es una operación donde el mineral es sometido a una reducción de tamaño que se realiza en dos pasos separados pero relacionados: trituración y molienda.

• *Trituración*

En la trituración se persigue disminuir el tamaño de los trozos de roca provenientes de la mina; sin embargo se debe controlar la generación de finos. Puede clasificarse en cuatro grupos según la granulometría de los productos y su utilización: primaria, secundaria, terciaria y usos especiales (esta última para reducir materiales blandos y evitar la sobreproducción de finos o para efectuar una trituración selectiva de los minerales frágiles).

Equipos:

- *Primarias*: trituradoras de quijadas o mandíbulas y giratorias.
- *Secundarias*: trituradoras giratorias, de cono y de rodillos.
- *Especiales*: trituradoras de martillo y de rodillos dentados.

• *Molienda*

En general el proceso consiste en reducir las partículas gruesas procedentes de la trituración secundaria a un tamaño límite que depende del mineral y del proceso siguiente.

Los molinos, según su modo de trabajo, se clasifican en:

1. Molinos que trabajan por percusión: molinos de piones.
2. Molinos que trabajan por fricción: molinos de disco.
3. Molinos que trabajan por fricción y percusión: molinos rotatorios.

Los molinos rotatorios son medios moledores sueltos (bolas, guijarros, y barras). Reducen el tamaño de partículas aplicando esfuerzos por impacto y corte.

La molienda puede ser en seco o húmeda.

La primera usa grandes sistemas de ventiladores para mover los materiales, mientras que en la segunda el agua es el medio de transporte.

Homogenización

• *Prehomogenización*

Es el proceso de mezcla de las materias primas trituradas previo a la molienda. Sirve para compensar las variaciones de granulometría y de composición química y evitar segregaciones que generan desviaciones importantes del crudo respecto de los valores de diseño. La prehomogenización permite un control más efectivo de la composición química comprobada. Se utiliza principalmente para los procesos de coquización, producción de cemento, industria ladrillera, minerales industriales, etc.

• *Homogenización*

Dada la heterogeneidad de los materiales manejados, principalmente en los procesos de fabricación de clinker, coque, etc., la homogenización de la materia prima es indispensable para garantizar las condiciones



de operación. Este proceso se realiza generalmente en silos, en donde se almacena el producto de la molienda y la mezcla se da por la combinación de mecanismos de alimentación por gravedad.

El proceso de homogenización se realiza tanto por vía seca como por vía húmeda.

Clasificación

Es la separación de los componentes de una mezcla de partículas en dos o más fracciones de acuerdo a su tamaño, siendo cada grupo obtenido más uniforme que la mezcla original.

Durante el tamizado el material es colocado en mallas que retienen las partículas más grandes. La forma de las partículas influye tanto como su tamaño en este proceso.

En la clasificación de una suspensión, el mecanismo que se utiliza para separar las partículas es la sedimentación; en este caso influye la forma de las partículas, las densidades del sólido y fluido y la concentración y viscosidad de la suspensión.

La Clasificación es una operación primordial cuando el producto tiene especificaciones estrictas de tamaño. En otros casos, es una operación auxiliar de la molienda y es aquí donde se encuentra su aplicación más importante en la industria minero metalúrgica.

Los equipos de clasificación se dividen en dos categorías:

- Aquellos que utilizan la clasificación en un fluido
- Aquellos que someten las partículas a una serie de mallas.

- *Clasificación en fluido*

Se basa principalmente en la velocidad relativa que adquieren las partículas en un fluido cuando están sometidas a una fuerza exterior. Los equipos que usan este principio son los clasificadores de flujo transversal, tales como el clasificador de espiral, el clasificador de rastras, el clasificador hidráulico y los clasificadores centrífugos: el hidrociclón y el clasificador de álabe.

El producto final de la clasificación debe cumplir las especificaciones en tamaño y calidad del mercado o de la etapa siguiente.

Concentración

Es la separación del mineral o metal útil de la ganga o material estéril. Para estos procesos se aprovechan las propiedades físicas (densidad, magnetismo, etc.) o fisicoquímicas (flotabilidad) de los minerales o metales, siendo los procesos más comunes los siguientes:

- *Gravimétrica*

La separación se efectúa aprovechando la diferencia de densidades de las especies minerales a separar; se utiliza particularmente en la concentración de minerales muy densos o muy livianos. Cuanto mayor sea la diferencia de densidades de los minerales, más efectiva será su separación.

La concentración por gravedad no usa reactivos, pero sí usa una cantidad considerable de agua.

- *Por flotación*

La flotación es un proceso físico químico complejo. Al igual que otras técnicas de con-



centración requiere que las especies minerales útiles tengan un grado de liberación adecuado.

El proceso se basa en la adhesión selectiva de partículas de especies minerales a burbujas de aire dispersas en un medio acuoso.

El desarrollo de la flotación está vinculado al descubrimiento progresivo de ciertas sustancias químicas de carácter orgánico, que incorporadas a una pulpa, presentan la facultad de conferirle propiedades de flotabilidad en forma selectiva o semiselectiva a ciertas especies minerales útiles.

La flotación se usa para separaciones complejas de minerales que no se prestan para separación por gravedad u otros métodos debido a propiedades similares de gravedad específica, propiedades magnéticas, u otras propiedades físicas.

Este proceso es realizado con reactivos de flotación que suprimen la flotación de minerales no deseados y promueven la selectividad de los deseados.

Entre las variables más importantes de la flotación están:

Granulometría, tipo de reactivos, dosificación de los reactivos, densidad de la pulpa, aireación y acondicionamiento, regulación del pH, tiempo de residencia, temperatura, calidad del agua, envejecimiento de pulpa, envejecimiento de muestras, etc.

- *Separación magnética*

Proceso de concentración en el cual se aprovecha la atracción de ciertos minerales hacia un campo magnético, para separarlos de

otros que no son afectados o que son afectados en menor medida.

5.2 Procesos de Transformación

Hidrometalurgia

Estudia la recuperación de los metales de sus menas o de sus concentrados, disolviéndolos mediante algún reactivo para luego precipitarlos.

Se consideran los siguientes aspectos:

1. Método de Lixiviación (in situ, percolación, canchas o botaderos, agitación, autoclave, etc.)
2. Agente Lixivante (cianuro, tiourea, bacterias, etc.)
3. Método de Recuperación (zinc, carbón activado, etc.)

Pirometalurgia

Es la rama de la metalurgia en que se usa calor para la obtención y refinación de los metales.

Se consideran los siguientes métodos: Tostación, calcinación, coquización, fundición, cocción, secado, refinación, etc.

- *Lixiviación*

Es la disolución selectiva del componente valioso en un agente lixivante.

Incluye una variedad de procesos que selectivamente disuelven metales de minerales y concentrados con la subsiguiente separación de líquidos y sólidos y la recuperación de los metales del líquido.



Los concentrados pueden requerir un tratamiento previo a la lixiviación mediante tostación, molienda, fundición, refinación u otros métodos. Este permite liberar, transformar o retirar impurezas que dificulten la purificación de la solución.

Los métodos más comunes de lixiviación son:

1. Lixiviación In-situ: la mena es simplemente fracturada y lixiviada In - situ durante largos periodos de tiempo.
2. Lixiviación en botaderos y canchas: La primera se refiere a la lixiviación de estériles (por debajo del tenor necesario para concentración) que se eliminan en la operación normal de una mina. La segunda se refiere a la lixiviación de rocas que contienen minerales, generalmente de tenor mayor que la de botaderos y que se han apilado en canchas de una manera predeterminada sobre una base preparada.
3. Lixiviación por percolación: técnica en la que la solución lixivante se percola hacia arriba o hacia abajo a través del mineral que se ha triturado y que se ha colocado en tanques.
4. Lixiviación por agitación: este método es apropiado para los minerales de alto tenor o bien concentrados o calcinados. Son generalmente preparados para la lixiviación por molienda del mineral en agua, para minimizar los polvos y producir el tamaño óptimo de partículas. Las densidades de pulpa varían entre 40% y 70% de sólidos. El agente lixivante se agrega y la pulpa se agita continuamente.

El lixivante más común para la dilución del oro y la plata es el cianuro.

Los factores que controlan la lixiviación tienen que ver con: tamaño de partículas, gravedad específica, forma, diámetro, porcentaje de concentración de sólidos, dilución, tiempo de lixiviación, flujo, equipos utilizados, temperatura, presión, mineralogía, reactivos, impurezas, concentraciones de oxígeno, etc. A menudo se requiere de la calcinación y el tostado de pre-tratamiento usando técnicas pirometalúrgicas para minerales y concentrados que son refractarios a la lixiviación convencional.

- *Separación líquido-sólido*

La separación líquido-sólido es la remoción del metal que lleva la solución impregnada del residuo de lixiviado.

Los circuitos de decantación contracorriente (CCD) y los filtros de tambor son métodos comunes y de bajo costo para separar la solución cargada del residuo.

La filtración también se usa para remover sólidos de la solución.

- *Purificación*

La purificación de una solución es la remoción de las impurezas de la solución que llevan los metales. Las impurezas se retiran para prevenir problemas en la precipitación, la extracción eléctrica o para otros procesos de recuperación del metal.

Los absorbentes, las materias orgánicas, el carbón activado, los precipitantes selectivos y otros procesos de pretratamiento (oxidación, evaporación, enfriamiento, etc.) son utilizados en el retiro de las impurezas.



- *Clarificación*

La clarificación es el proceso utilizado para producir una solución libre de sólidos. La adición de floculantes a los espesadores, la filtración, los clarificadores entre otros, son los procesos utilizados.

Los factores de control incluyen las propiedades de sedimentación, la eficacia de la filtración y la mineralogía (las concentraciones de limo).

- *Precipitación*

Operación en la que una sustancia que se encuentra en el seno de otra, en estado de solución, se separa en forma parcial o completa en cristales insolubles o gotas.

La precipitación tiene lugar al agregar un reactivo a la solución, para hacer que el metal contenido en ella se transforme de líquido a sólido.

El proceso Merrill-Crowe para precipitación del oro usa el zinc metálico para precipitar el ion de oro-cianuro. El oro y el exceso de zinc se recuperan juntos en la filtro prensa. La solución estéril que contiene cianuro y zinc se recicla o recircula.

Las impurezas deben retirarse para que no ensucien la solución, y ser desechadas para mejorar la recuperación de la precipitación de metal.

- *Amalgamación*

Es el proceso por el cual el mercurio es aleado con algún otro metal para producir una amalgama.

La aleación de mercurio y oro es un ejemplo de este método. Se ha usado mercurio para coleccionar el oro porque forma una amalgama (Au_2Hg_3) con este, pero no con los minerales de sulfuro. Dado que el mercurio es una sustancia muy tóxica, el proceso de amalgamación ha sido descontinuado por los grandes productores de oro y ha sido reemplazado por otros procesos (lixiviación con cianuro).

Si la amalgama se expone al ambiente se pueden presentar problemas de salud, degradación medioambiental, y su acumulación en peces y en otros animales.

- *Aglomeración*

La aglomeración es la unificación de pequeñas partículas para formar trozos más grandes o una sola masa. Si se trata de productos sólidos, se emplea el calor, a temperatura inferior a la de fusión, o a la compresión.

La mayoría de los productos del mineral de hierro pueden aglomerarse mediante los procesos de:

- *Sinterización*: para aglomerar y tostar los concentrados finos de sulfuro.
- *Peletización*: es la aglomeración de partículas para formar de ellas trozos esféricos de mayor tamaño.
- *Briqueteado*: para dar una apariencia uniforme a los materiales suaves, aplicando alta presión a temperatura ambiente. A menudo se usan lubricantes y ligantes para producir productos más fuertes que sirvan de carga para otros procesos.
- *Nodulización*: se hace en un horno rotatorio de combustión directa. La piedra de



fosfato se noduliza con los flujos requeridos para la producción de fósforo en horno eléctrico.

- *Deshidratación*

Es la reacción que puede observarse durante el calentamiento de sustancias minerales. Se caracteriza por el desprendimiento de sustancias que contienen volátiles o elementos capaces de generarlos. El estudio cuidadoso de los procesos de deshidratación es importante para averiguar la cantidad de agua retenida en una sustancia y la forma como se encuentra.

- *Secado*

El secado es el proceso de transferir calor a un material para evaporar la humedad residual. Los tres métodos más comunes de transferencia de calor son la transmisión, la conducción y la radiación. Los equipos usados en el secado pueden aplicar los tres procesos.

Un secador (horno) rotatorio es un cilindro horizontal giratorio, con un ángulo pequeño de inclinación hacia la descarga que se calienta con aire y contacta directamente los sólidos. Los secadores se usan para disminuir el peso de los concentrados.

Los concentrados con sulfuros deben supervisarse de cerca para prevenir la combustión espontánea y el tostado del azufre.

- *Calcinación y tostación*

La calcinación es el proceso pirometalúrgico a través del cual se busca eliminar el agua, la materia orgánica y los demás contenidos volátiles de una sustancia.

Es importante que el tamaño de la roca sometida a calcinación sea homogéneo. La cal es producida por la calcinación de la caliza y/o dolomita triturada.

La calcinación y la tostación requieren de una alta temperatura y una atmósfera controlada para oxidar los elementos de interés. El equipo requiere que se mezcle el material para exponer las superficies a la oxidación.

- *Fundición*

La fundición es el proceso pirometalúrgico mediante el cual un metal es llevado de estado sólido a líquido.

- *Refinado y electrorefinado*

El refinado es el proceso que sigue al proceso de fundición para separar los metales y retirar las impurezas con el fin de obtener productos comerciales. En el refinado se pueden usar métodos electrotérmicos y de electro-refinado para retirar las impurezas. Un ejemplo de un proceso electrotérmico es el uso de un horno eléctrico para el refinado. Los métodos de electro-refinado se emplean a menudo para purificar el cobre, el níquel, el plomo, el oro, la plata y de otros metales.

- *Extracción eléctrica*

La extracción eléctrica es el proceso que usa la corriente eléctrica para transportar los iones de metal desde los electrolitos hasta los cátodos. La electrólisis acuosa se emplea para refinar la mayor parte del cobre recuperado mediante fundición y para la obtención de plomo, oro, plata y otros metales. Los procesos electrolíticos se usan para refinar zinc,



níquel y otros metales de las soluciones de sulfato obtenidas de la lixiviación. Se usa la electrólisis de alta temperatura para realizar la extracción eléctrica del aluminio.

- *Clinkerización*

Es el producto de la cocción a altas temperaturas de carbonatos, silicato, óxidos de hierro y de alúmina que al ser molido finamente con otros materiales genera cementos Portland, especiales y blancos.

Genéricamente se conocen los procesos húmedos y secos. Existen otros procesos derivados de los anteriores y conocidos como semi-secos y semi-húmedos.

- *Coquización*

Es un proceso pirometalúrgico mediante el cual se obtiene coque a partir de una combustión incompleta de carbón.

Las etapas más importantes para la preparación de coque son: preparación del carbón, su manejo, el cargue de los hornos, la coquización, el descargue y la preparación del coque.

La calidad del coque producido depende de las propiedades físico-químicas del carbón.

5.3 Operaciones Auxiliares

Comprende todas aquellas operaciones que sirven de apoyo al proceso de Beneficio y Transformación de minerales en cuanto a su manejo, almacenamiento, transporte y empaque o despacho a granel según, el caso.

- *Transporte interno*

Hace referencia a todo aquello que esté directamente relacionado con el manejo y movimiento del mineral desde los sitios de almacenamiento en la planta de beneficio y transformación, hasta los silos y centros de acopio. Se utilizan bandas transportadoras, pastoducto, camiones o maquinaria pesada, entre otros.

- *Almacenamiento y empaque*

Los silios y centros de acopio estarán dotados de instalaciones en las que el mineral pueda ser despachado a granel o empaçado, según corresponda.

- *Disposición de colas*

Es la disposición técnica final o temporal de los materiales residuales de beneficio y transformación provenientes de procesos de flotación, lavado y lixiviación entre otros, que generan residuos con parte de mineral y que pueden ser reprocesados o desechados.

Para la implementación de esta disposición se deben adelantar estudios técnicos previos.

- *Disposición de escorias*

Es la disposición técnica final o temporal de los materiales residuales de proceso pirometalúrgicos de transformación, como los efectuados en el níquel, hierro, cobre, aluminio y estaño, entre otros.

Para la implementación de esta disposición se deben adelantar estudios técnicos previos.

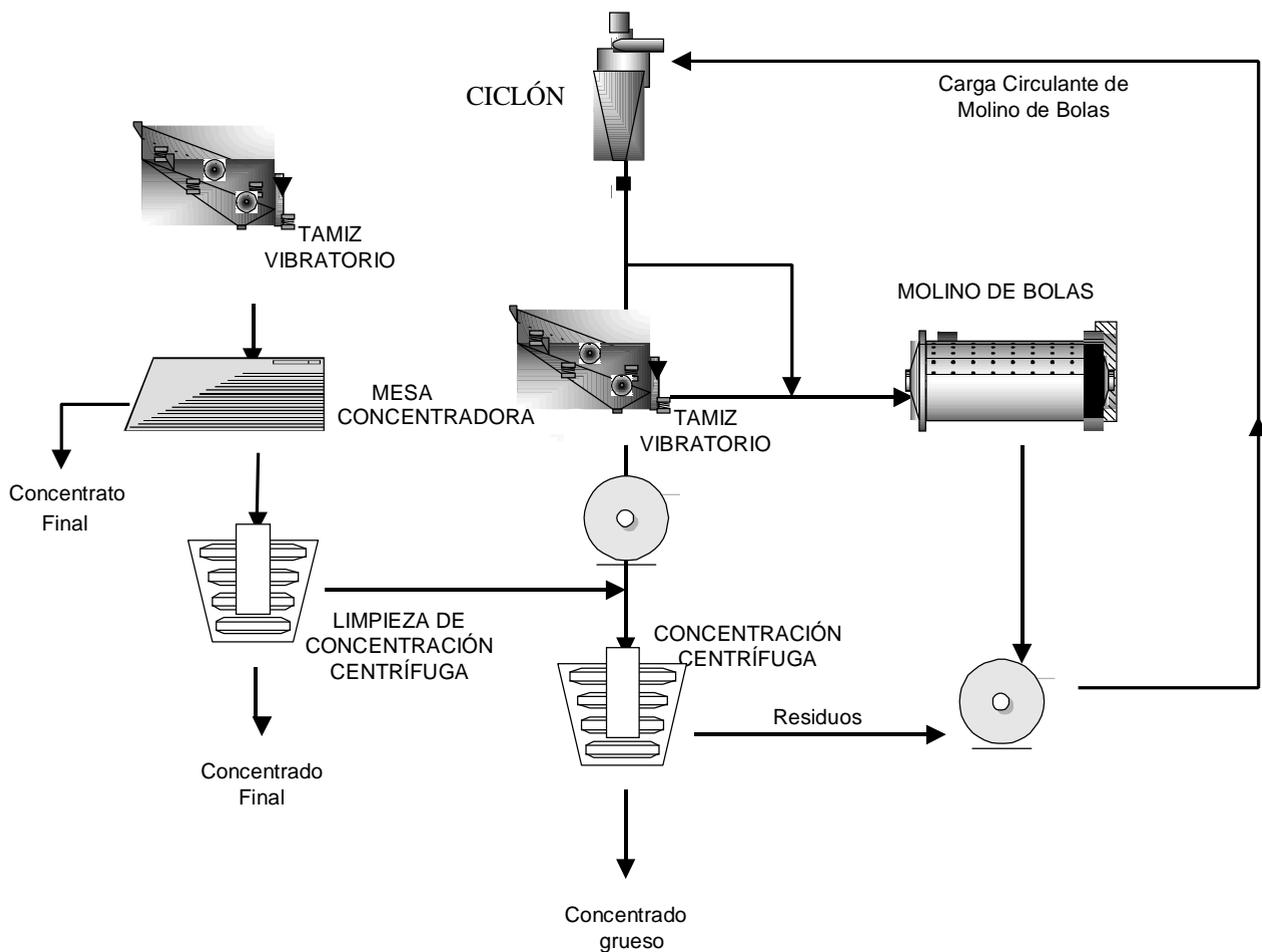


5.4 Procesos de Beneficio y Transformación

En este capítulo se presentan los flujogramas de operaciones y procesos de algunos minerales. Estos procesos y operaciones son generales y comprenden o aplican a los descritos en los capítulos anteriores.

Metales Preciosos

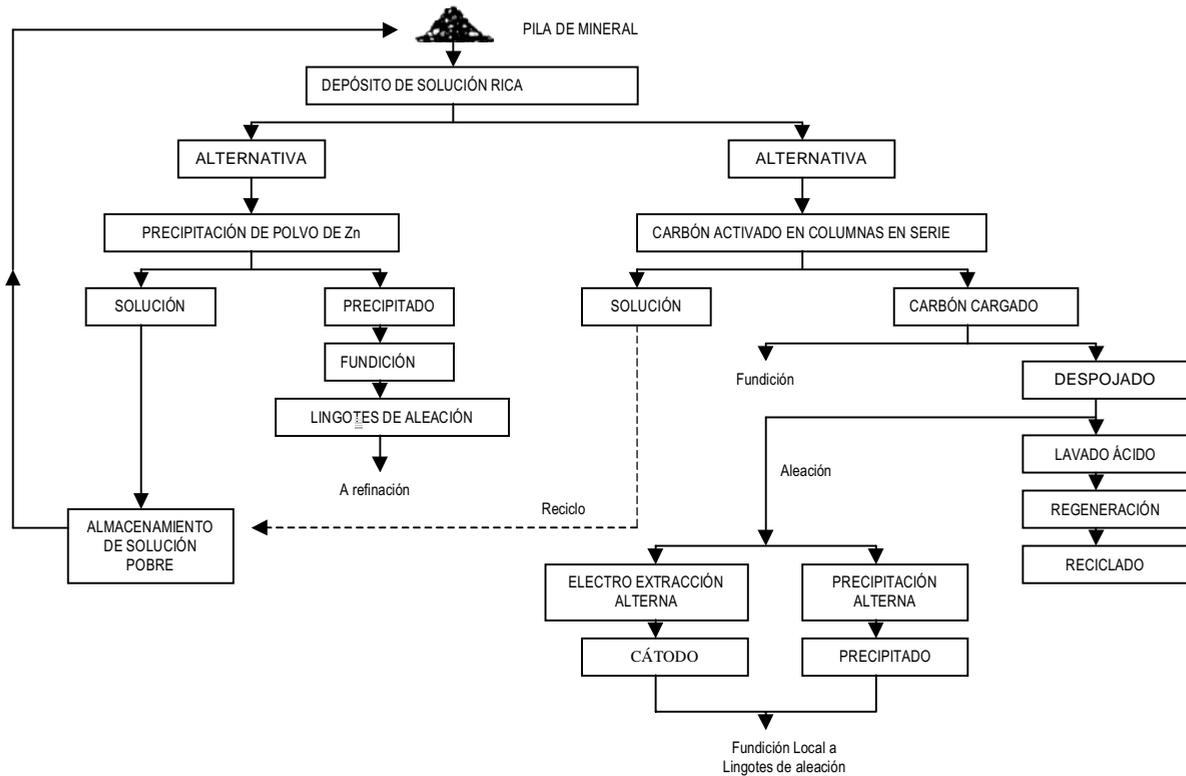
Circuito de Recuperación por Gravedad



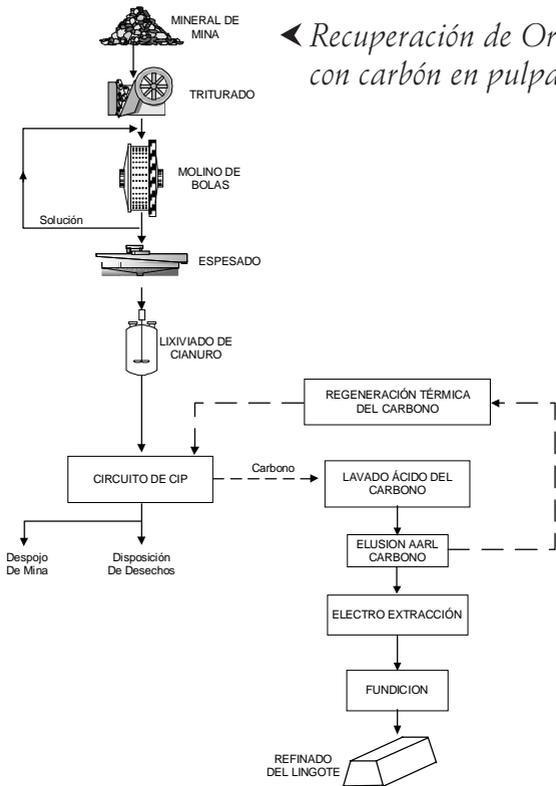
Fuente: Bombilla V.C, Muñoz,O.A., *Recuperación de oro por gravedad en circuitos de cobre en BHP Tintaya, Artículo 6, Proceedings 2002, XXXIV Reunión Anual de Procesadores de Minerales del Canadá.*



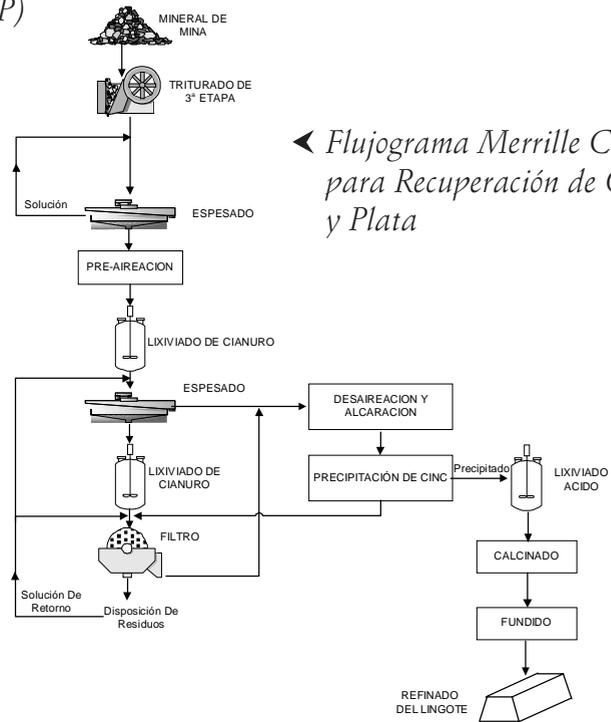
Esquema Simplificado de Lixiviación en Pilas



◀ *Recuperación de Oro/Plata con carbón en pulpa (CIP)*



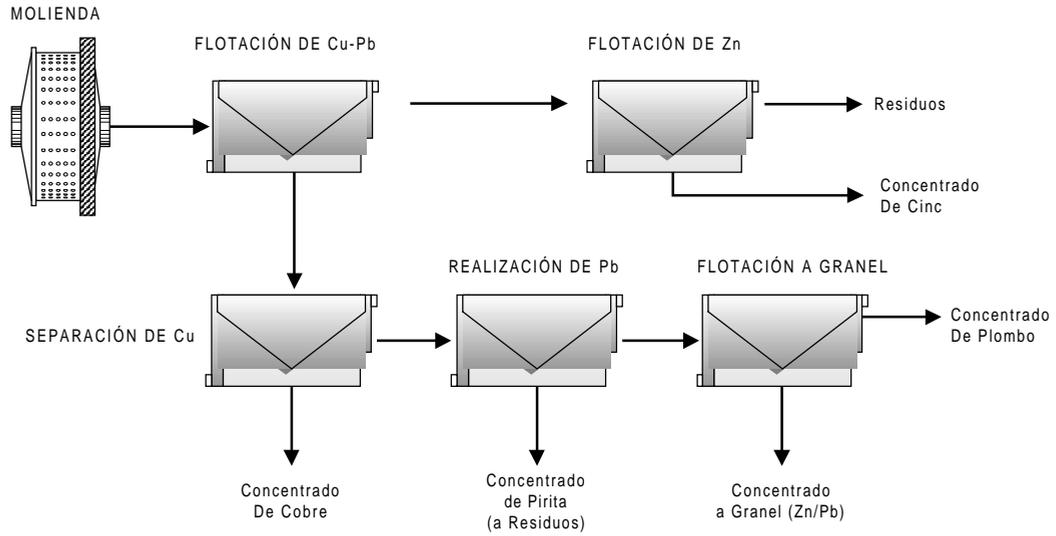
◀ *Flujograma Merrille Crowe para Recuperación de Oro y Plata*



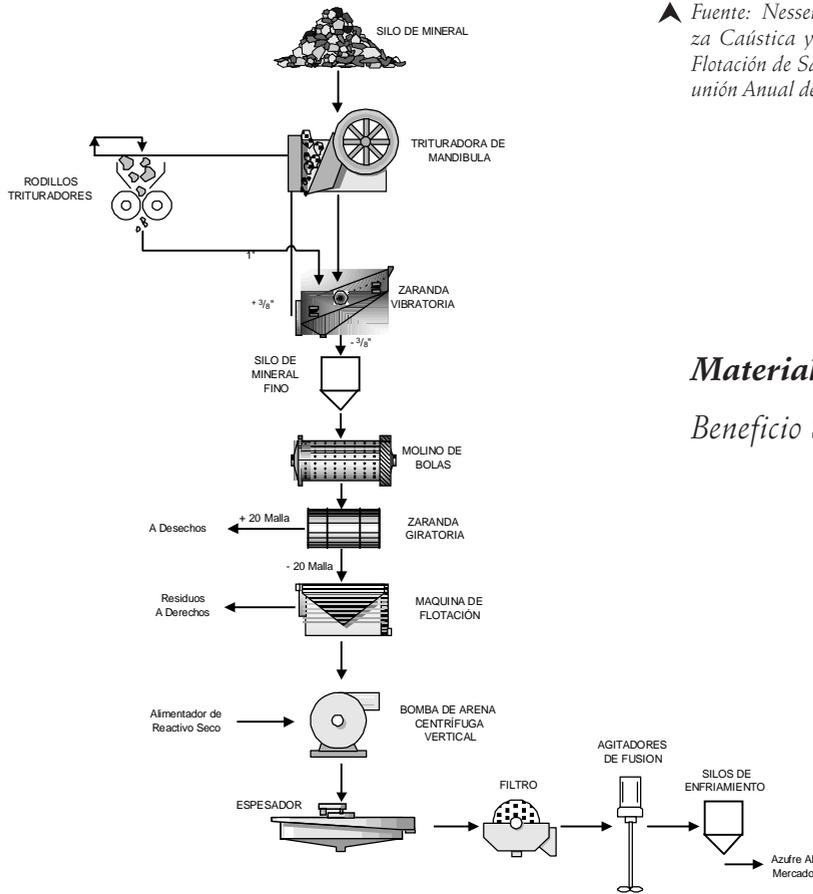


Metales Básicos

Separación por Flotación de Cu, Pb, Zn.



▲ Fuente: Nesser, J.E., y colaboradores., *El Efecto de la Ceniza Caústica y la Cal Como Modificadores de pH en la Flotación de Salferita*, Artículo 28, Proceedings – XXX Reunión Anual de Procesadores de Mineral del Canadá, 1998

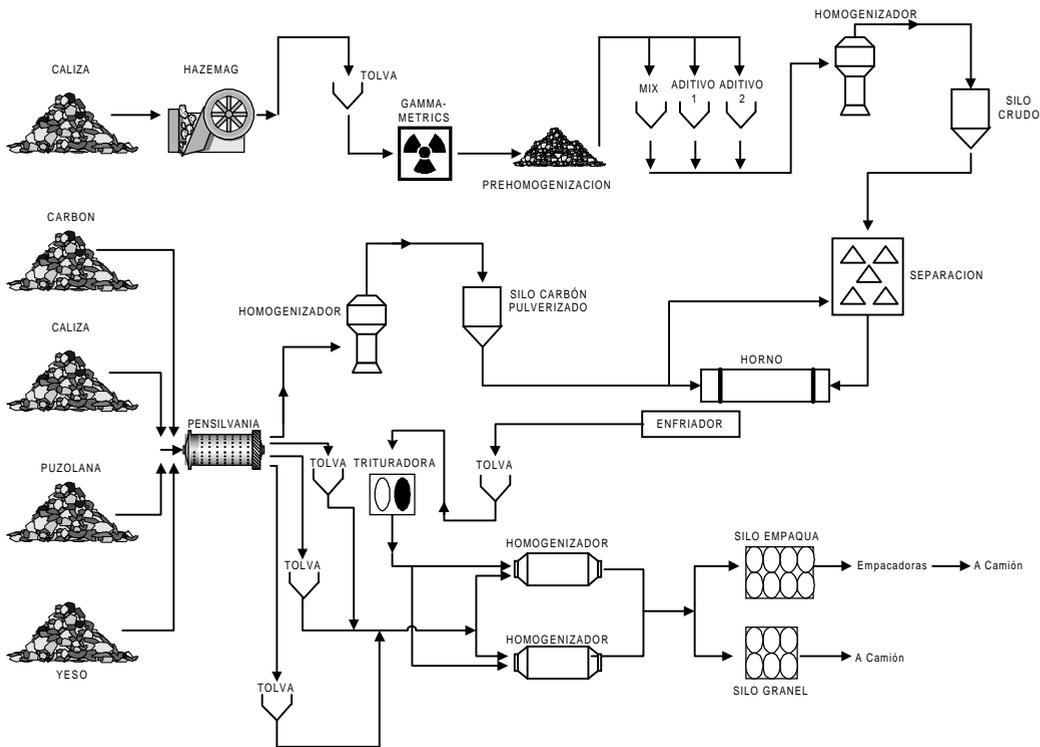


Materiales Industriales

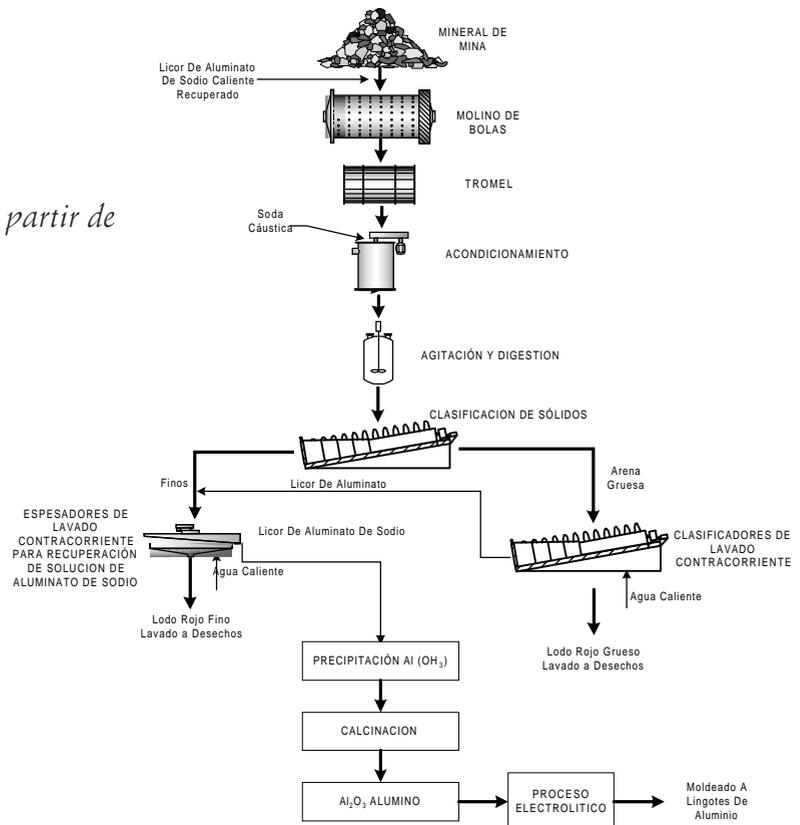
Beneficio Simplificado del Azufre



Procesamiento para la Fabricación de Cemento

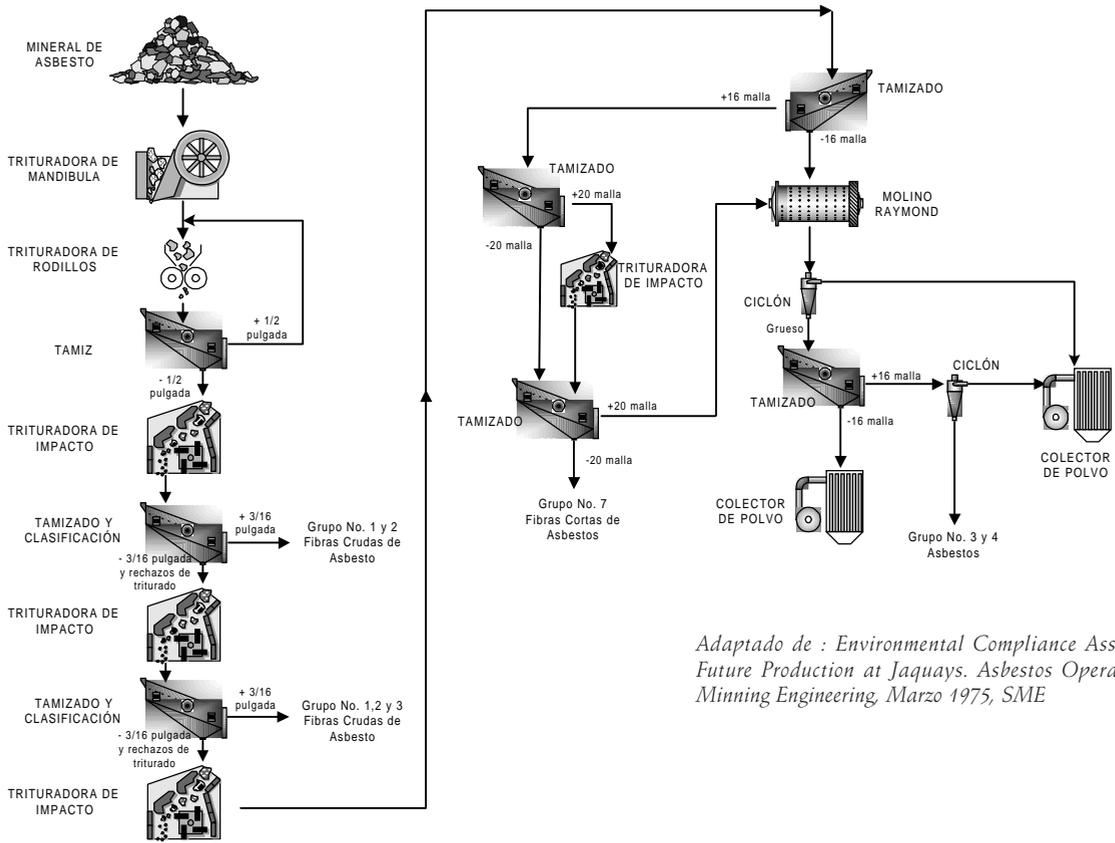


Flujograma para obtener Aluminio a partir de Bauxita





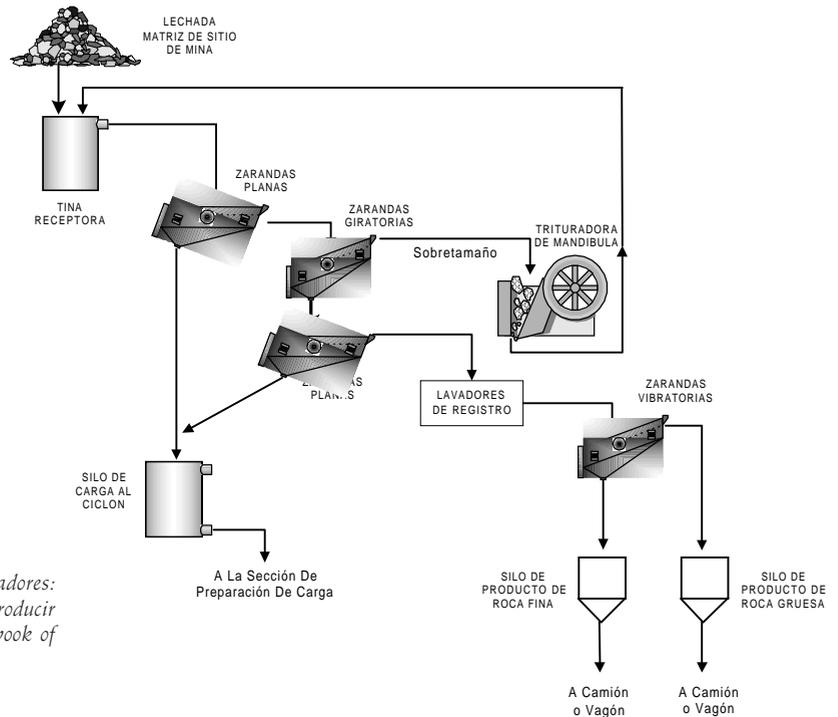
Flujograma Simplificado para el Procesamiento de Mineral de Asbesto



Adaptado de : Environmental Compliance Assures Future Production at Jaquays. Asbestos Operation Mining Engineering, Marzo 1975, SME

Materiales de Construcción

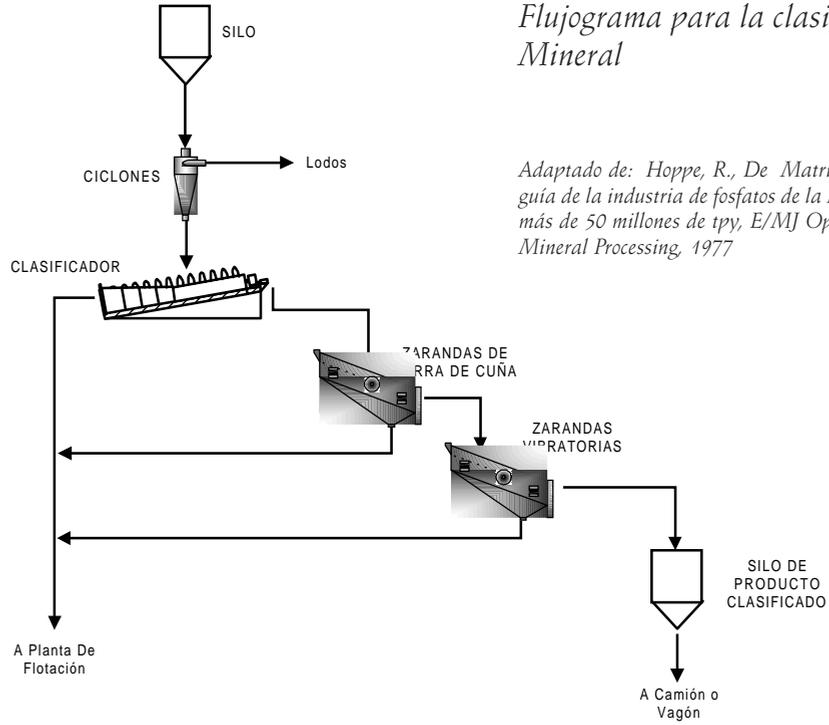
Lavado del Mineral



Adaptado de: Hoppe, R., De Matriz para fertilizadores: guía de la industria de fosfatos de la Florida para producir más de 50 millones de tpy, E/MJ Operating Handbook of Mineral Processing, 1977



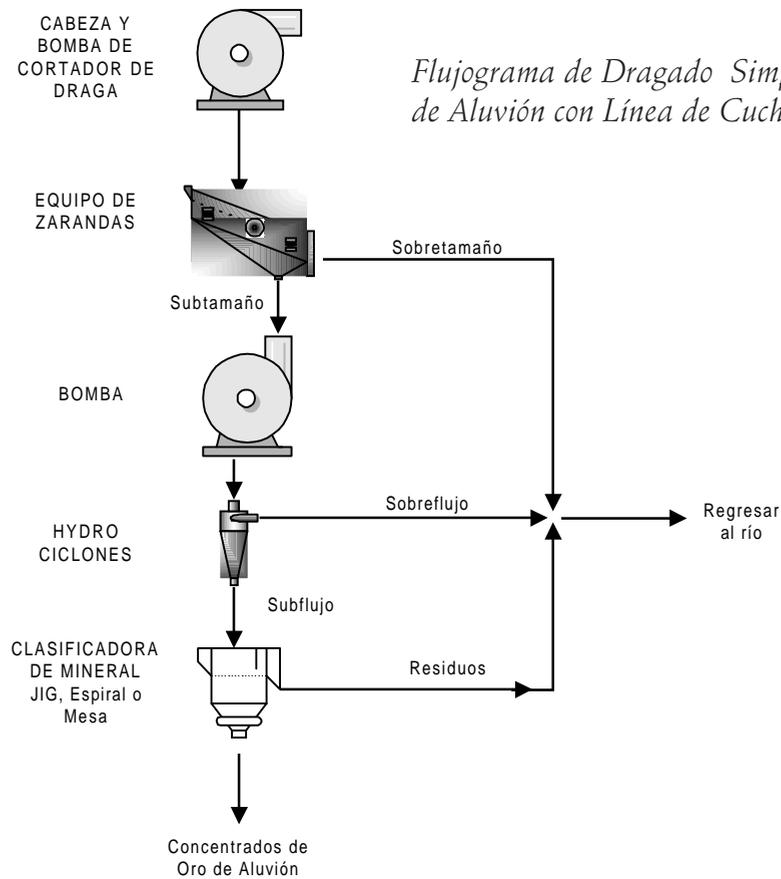
Flujograma para la clasificación de Mineral



Adaptado de: Hoppe, R., De Matriz para fertilizadores: guía de la industria de fosfatos de la Florida para producir más de 50 millones de tpy, E/MJ Operating Handbook of Mineral Processing, 1977

Dragado (Aluvión)

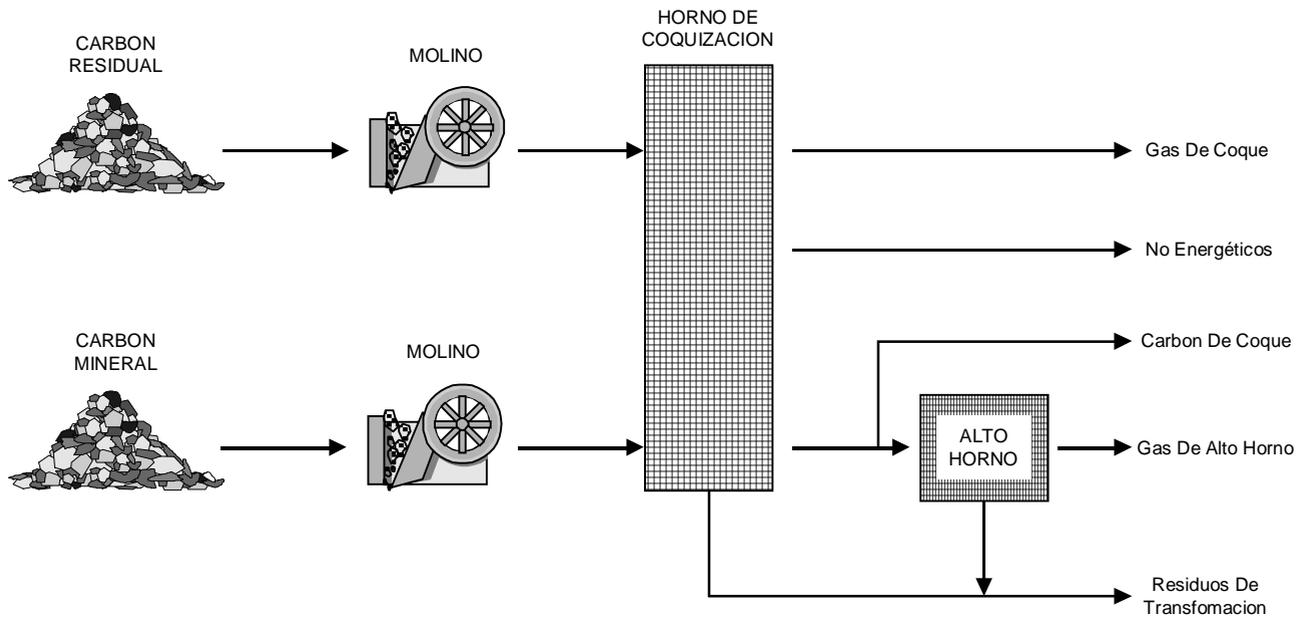
Flujograma de Dragado Simplificado de Aluvión con Línea de Cucharones





Minerales Energéticos

Flujograma de Coquización





BTM 6

Evaluación de Impactos Ambientales

El agua, el suelo y el aire son los mayores afectados durante el beneficio y transformación de minerales, debido a los lixiviados y gases que se desprenden en los procesos de trituración, lavado, corrosión y mecanismos químicos de separación.

La evaluación de impactos se realiza mediante la matriz Causa - Efecto puesto que muestra un panorama general de los impactos y una valoración de su magnitud. Sin embargo, el concesionario minero debe apoyarse en resultados precisos como los que suministran los reportes técnicos obtenidos de muestreos y análisis en laboratorios especializados o con ayuda de un equipo de profesionales idóneos. Esto suministrará bases sólidas para establecer las medidas de manejo apropiadas, presentadas en el capítulo 7.

Teniendo en cuenta que las labores de beneficio y transformación de minerales están

incluidas en la Licencia Ambiental, deberán considerarse las prácticas de producción más limpia planeadas por el concesionario minero y aprobadas por la autoridad ambiental competente.

6.1 Identificación de Impactos Ambientales

Se sugiere en esta Guía el método de la matriz Causa - Efecto, debido a que relaciona de forma global, los factores ambientales del medio en sus formas abiótica, biótica y social, susceptibles de afectación con las actividades de beneficio y transformación de minas, generadoras de la afectación. La tabla 6.1 presenta la matriz para beneficio y transformación de minerales. Esta se constituye como un referente técnico, la información consignada en ella debe ser particularizada para cada proyecto.



IMPACTOS POTENCIALES		ACTIVIDADES INDUSTRIALES EN EL BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN DE MINERALES																							
		ACTIVIDADES GENERALES EN EL BENEFICIO DE MINERALES				ACTIVIDADES GENERALES EN LA TRANSFORMACIÓN DE MINERALES													OPERACIONES AUXILIARES						
		Lavado	Comminución	Homogenización	Clasificación	Separación y concentración	Lixiviación	Separación líquido sólido	Purificación	Clarificación	Precipitación	Amalgamación	Aglomeración	Deshidratación	Secado	Clasificación y tostación	Fundición	Refinado y electrorefinado	Extracción eléctrica	Clinkerización	Coquización	Transporte interno	Almacenamiento y empaque	Disposición de colas y escorias	
COMPONENTE AMBIENTAL	ABIÓTICO	Cambios en la calidad físico-química del agua	●				●	●	●		●	●	●											●	
		Afectación de la dinámica de aguas superficiales	●				●	●	●		●	●	●												●
		Afectación de la dinámica de aguas subterráneas						●					●												●
		Sedimentación de cuerpos de agua	●	●			●		●		●														
		Emisión de material particulado		●	●	●																	●	●	
		Emisión de gases		●						●				●	●	●	●	●	●	●	●	●			
		Incremento de niveles de ruido y vibraciones		●	●	●								●		●							●		
	BIÓTICO	Aumento de temperatura											●	●	●	●	●	●	●	●	●				
		Alteraciones de las propiedades físico-químicas del suelo						●				●												●	
		Remoción y pérdida de cobertura vegetal																						●	
	SOCIAL	Afectación de comunidades faunísticas		●	●																		●		
		Generación de expectativas		●				●					●			●	●					●	●	●	
		Aumento en el uso de bienes y servicios	●	●	●	●		●		●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Afectación de la infraestructura pública y privada		●																					
		Cambio en el uso del suelo						●					●												
Modificación del paisaje		●		●																		●	●		

Tabla 6.1. Matriz Causa - Efecto de las actividades desarrolladas durante el Beneficio y Transformación de Minerales.



6.2 Valoración de la Magnitud de los Impactos Ambientales

Para que el concesionario complemente la evaluación de los impactos ambientales, debe determinar la magnitud del impacto generado, partiendo de la matriz causa - efecto. Se valora cada impacto puntual por separado, de acuerdo con los criterios de valoración (tabla 6.2) o criterios similares. La magnitud de los

impactos dependerá de varios factores a considerar: localización, tamaño del área, trabajos empleados en el beneficio y/o transformación, cantidad de trabajadores, líneas de transmisión de vehículos y maquinaria utilizada, cercanía a vías de acceso, relieve del lugar, suelo, cercanía a asentamientos humanos y presencia de cuerpos de agua subterráneos y superficiales.

ATRIBUTO CUALITATIVO	CARACTERIZACIÓN DEL ATRIBUTO	VALORACIÓN (Efecto que produce)
Intensidad	Define el grado de incidencia de la acción sobre el factor.	Alto
		Medio
		Bajo
Duración	Plazo de manifestación del impacto. Hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto.	Fugaz
		Temporal
		Pertinaz
		Permanente
Capacidad de recuperación	Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta que el factor afectado retorna a las condiciones iniciales, gracias a efectos naturales o acciones correctivas.	Irrecuperable
		Irreversible
		Reversible
		Recuperable
Probabilidad de ocurrencia	Establece la potencialidad de que se presente un efecto tras la acción.	Poco probable
		Probable
		Seguro
Extensión	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.	Puntual
		Parcial
		Extremo
		Total
Periodicidad	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica (efecto periódico), de forma impredecible cada vez que se repite (efecto irregular), o constante (efecto continuo).	Continuo
		Discontinuo
		Aparición irregular
Interrelación acciones y/o efectos	Contempla el efecto de dos o más acciones simples.	Simple
		Acumulativo
		Sinérgico
Manifestación	Establece el grado de inminencia del efecto durante y después de que se presente la acción.	Latente
		Inmediato
Carácter	Hace referencia al carácter beneficioso (positivo) o perjudicial (negativo) de las diferentes actividades sobre los factores considerados.	Positivo
		Negativo

Tabla 6.2 Atributos para valoración del impacto ambiental.



Esta tabla se cita a modo de ejemplo. Se sugiere consultar la “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental” referenciada en el capítulo BTM-10.

MÉTODOS PARA IDENTIFICAR IMPACTOS	MODELOS PARA IDENTIFICAR IMPACTOS
<ul style="list-style-type: none">- Lista de chequeo: Método de evaluaciones preliminares para seleccionar los impactos relevantes y previsibles.- Red de impactos: Determina impactos a mediano y largo plazo. Relaciona impactos individuales entre si (sinergismo), obteniendo impactos indirectos (secundarios o terciarios).- Método Mc. Harg: compara el mapa de uso potencial con el uso actual para determinar las zonas en conflicto de uso por sobreexplotación o sub explotación de sus ofertas.- Ad hoc: Prevalece la opinión de un grupo de expertos que dan conclusiones lógicas y prácticas.- Matriz causa-efecto: Método cualitativo, que organiza los factores ambientales susceptibles de afectación con las actividades generadoras de la afectación, precedidos del signo + o -, según sea la variación de la calidad ambiental en una escala de 1 a 10 (1 alteración mínima y 10 alteración máxima).- Superposición de transparencias: Permite obtener la imagen de la afectación general mediante la superposición de diferentes mapas cartográficos con características propias de una zona.	<ul style="list-style-type: none">- Modelos empíricos: Predicen o cuantifican problemas ambientales específicos, con información experimental de la dinámica del ecosistema.- Modelos descriptivos: Permiten plantear el funcionamiento del sistema con base en la observación detallada.- Modelos matemáticos complejos: Permiten predicciones más precisas. Incluyen variables temporales, espaciales y de variaciones al azar.- Modelo ecológico: Similar al de la superimposición de mapas pero con un análisis ecológico del territorio más exhaustivo.

Tabla 6.3 Métodos y Modelos de Calificación de Impactos.

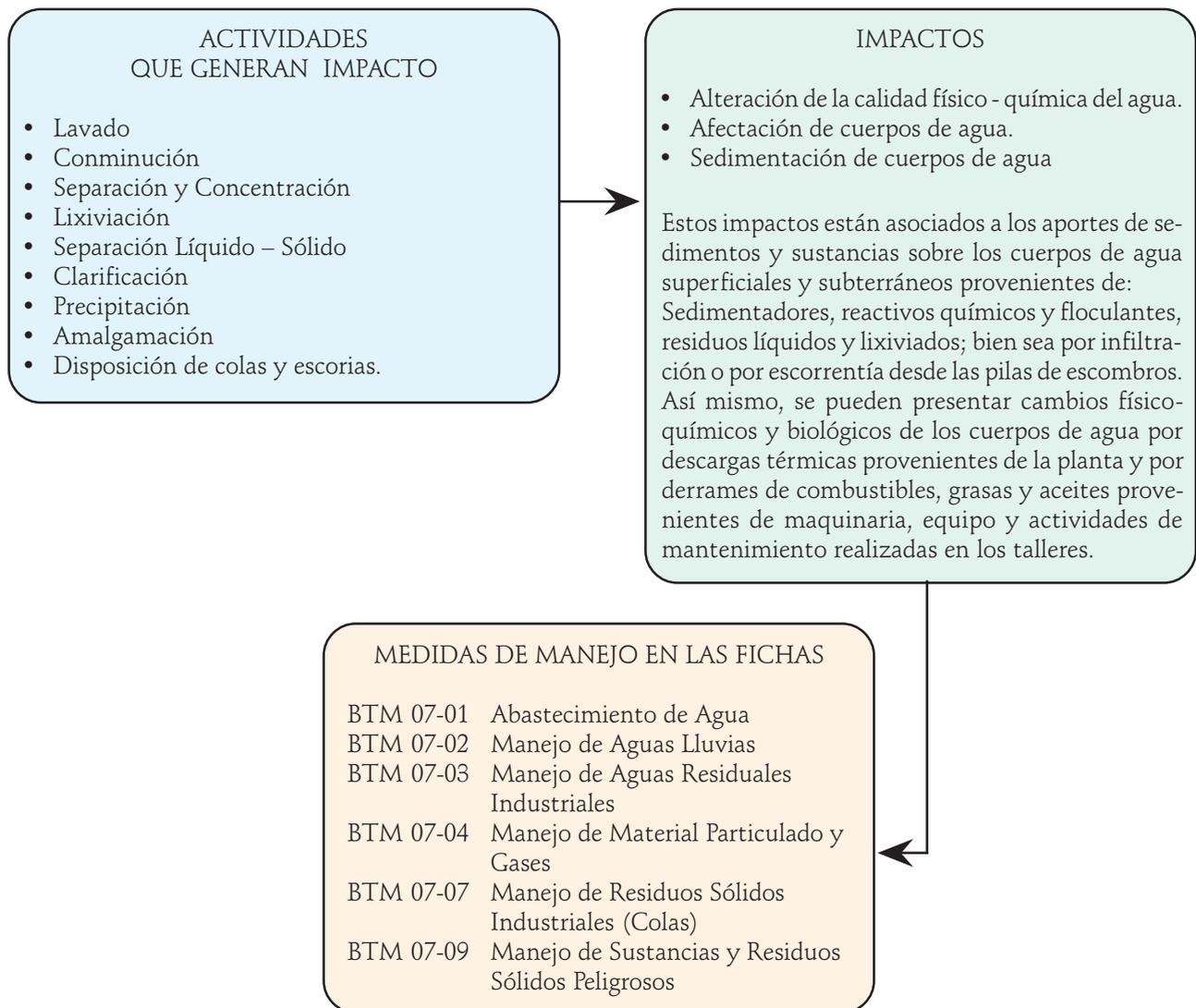


6.3 Relación de Actividades, Impactos y Fichas de Manejo

Se presenta una correlación entre las actividades que generan los impactos, los impactos mismos y las medidas de manejo, para las cuales se indica la ficha específica en lo referido a agua, material particulado, gases, ruido, suelo, erosión, hundimientos, flora, fauna,

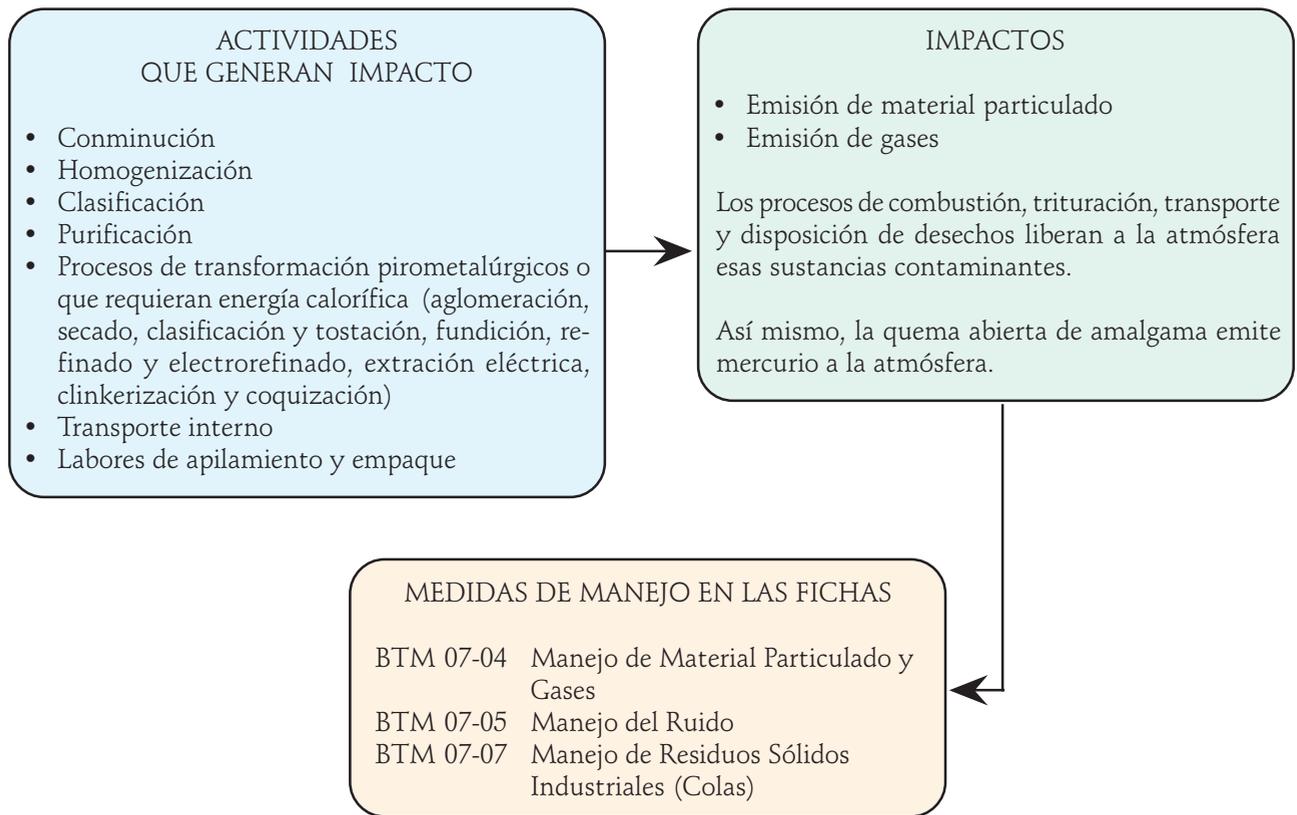
generación de expectativas, afectación de infraestructura, cambios en el uso del suelo, patrimonio cultural, modificación del paisaje y aumento en la demanda de bienes y servicios. Estas medidas de manejo serán la base para la gestión ambiental que se realiza posteriormente hasta el seguimiento, monitoreo y evaluación. Se presenta a continuación las correlaciones en forma separada.

6.3.1 Impactos en el Componente Agua

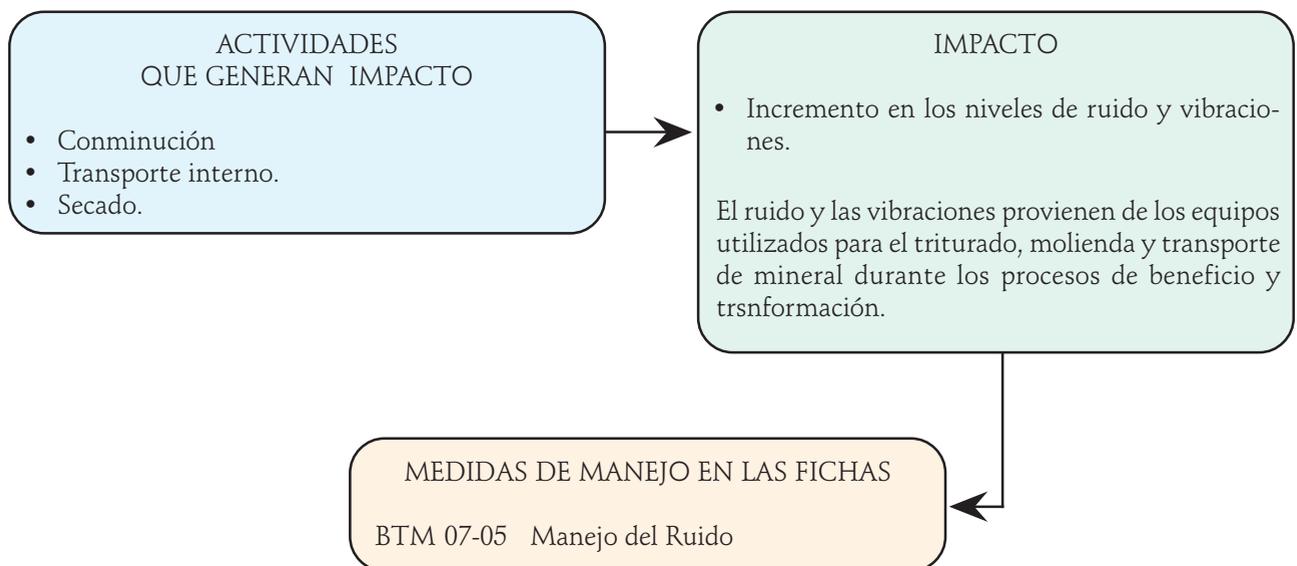




6.3.2 Impactos en el Componente Aire (Material Particulado y Gases)

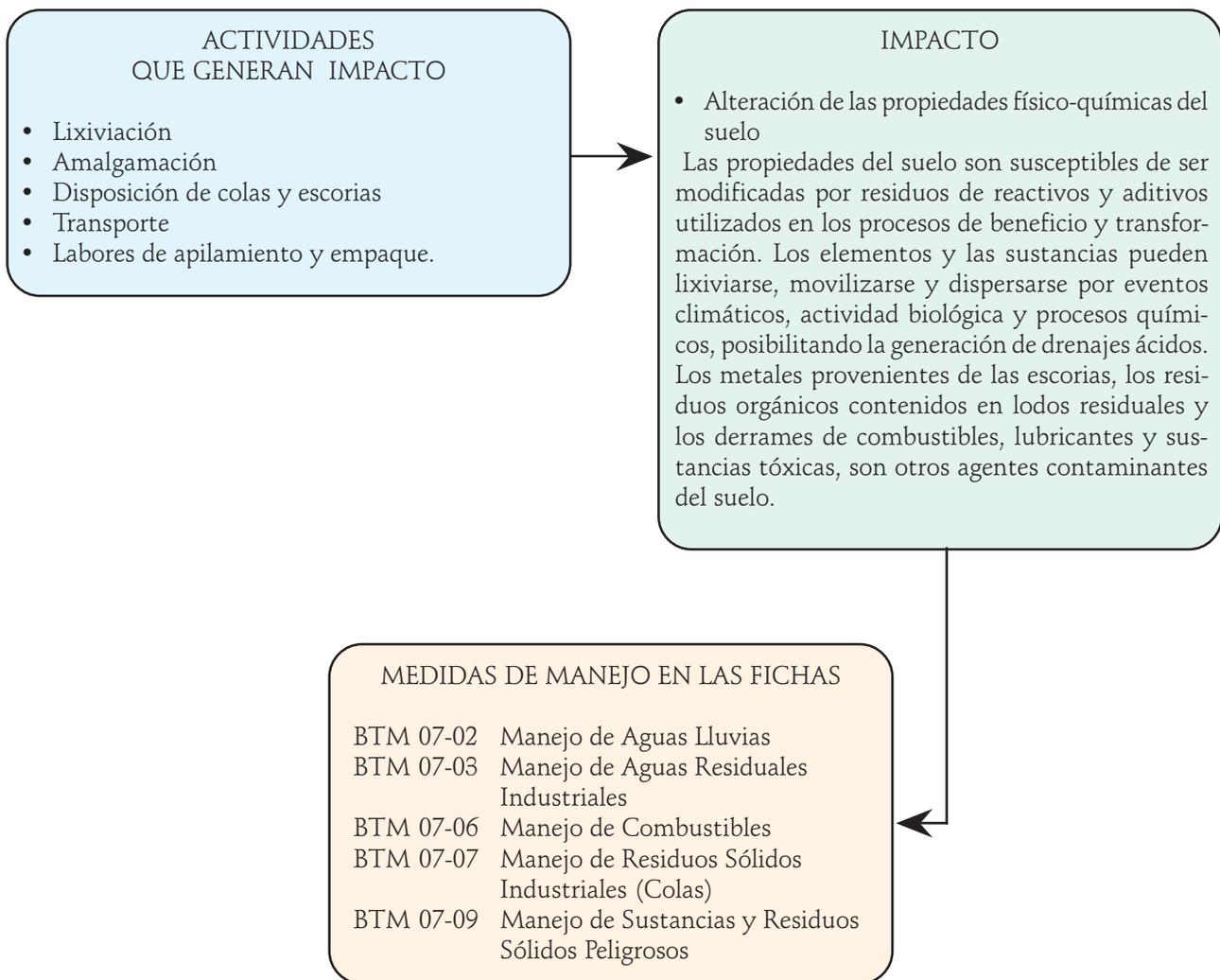


6.3.3 Impactos en el Componente Aire (Ruido y Vibraciones)



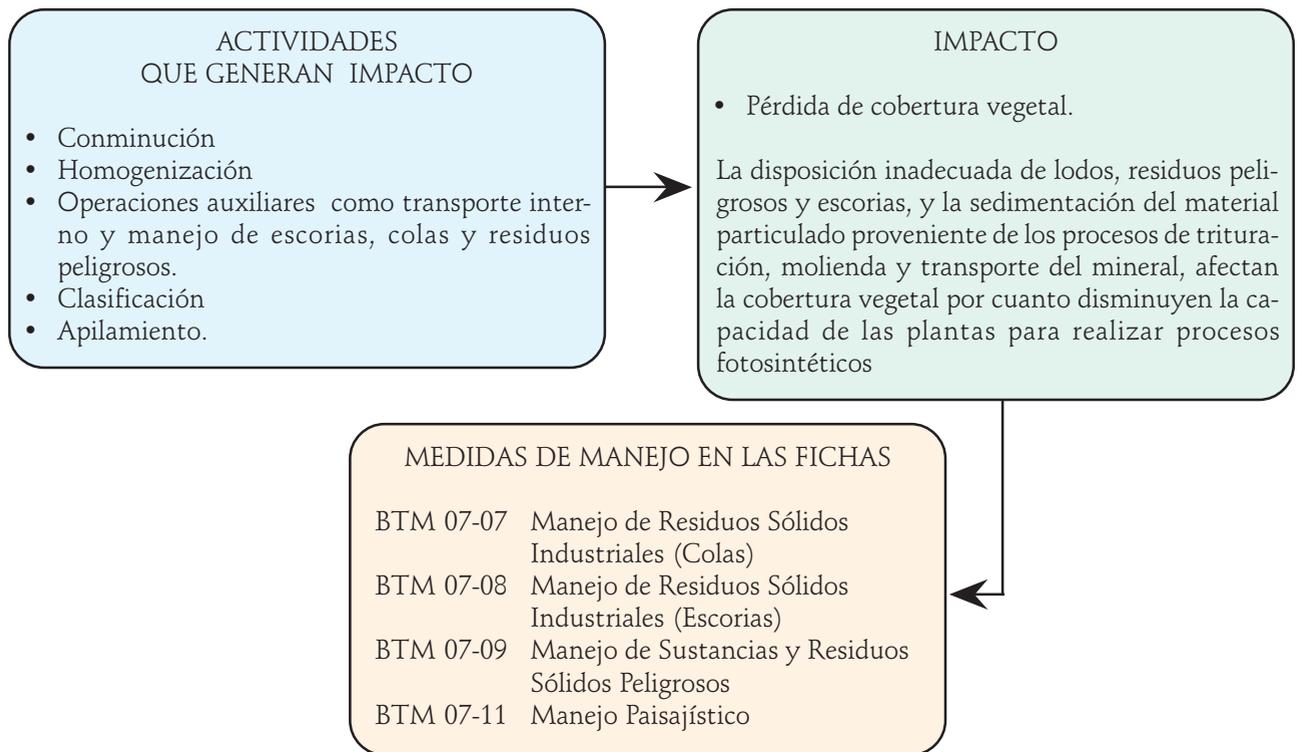


6.3.4 Impactos en el Componente Suelo (Alteración de las Propiedades Físico-Químicas del suelo)

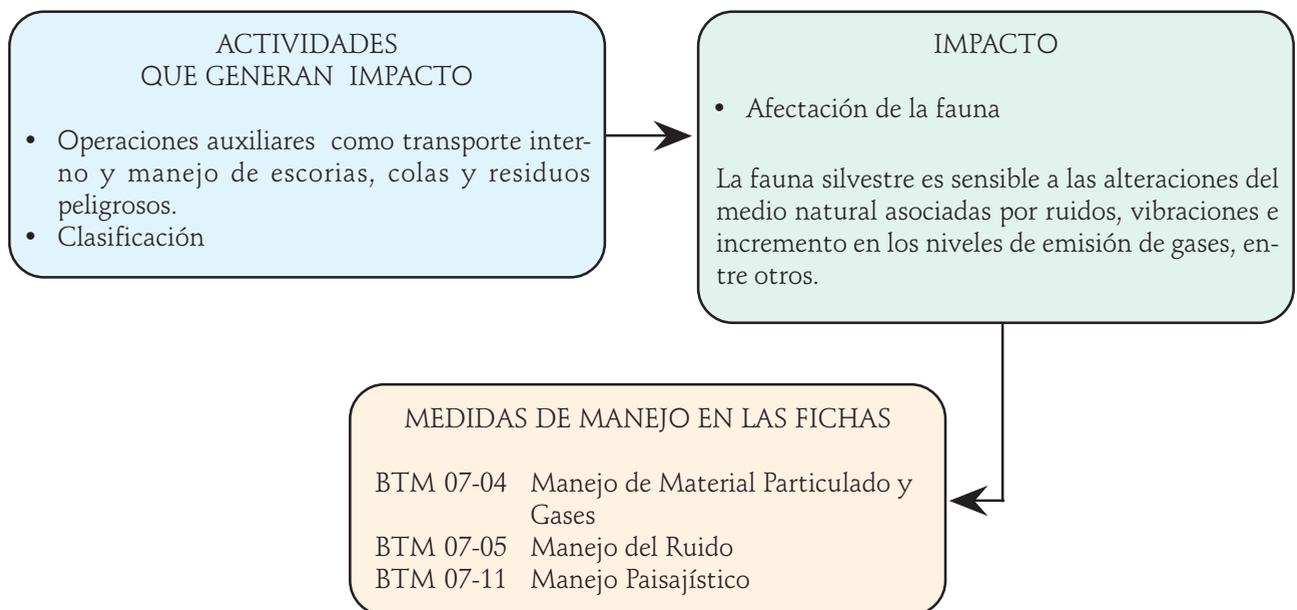




6.3.5 Impacto en el Componente Biótico (Flora)

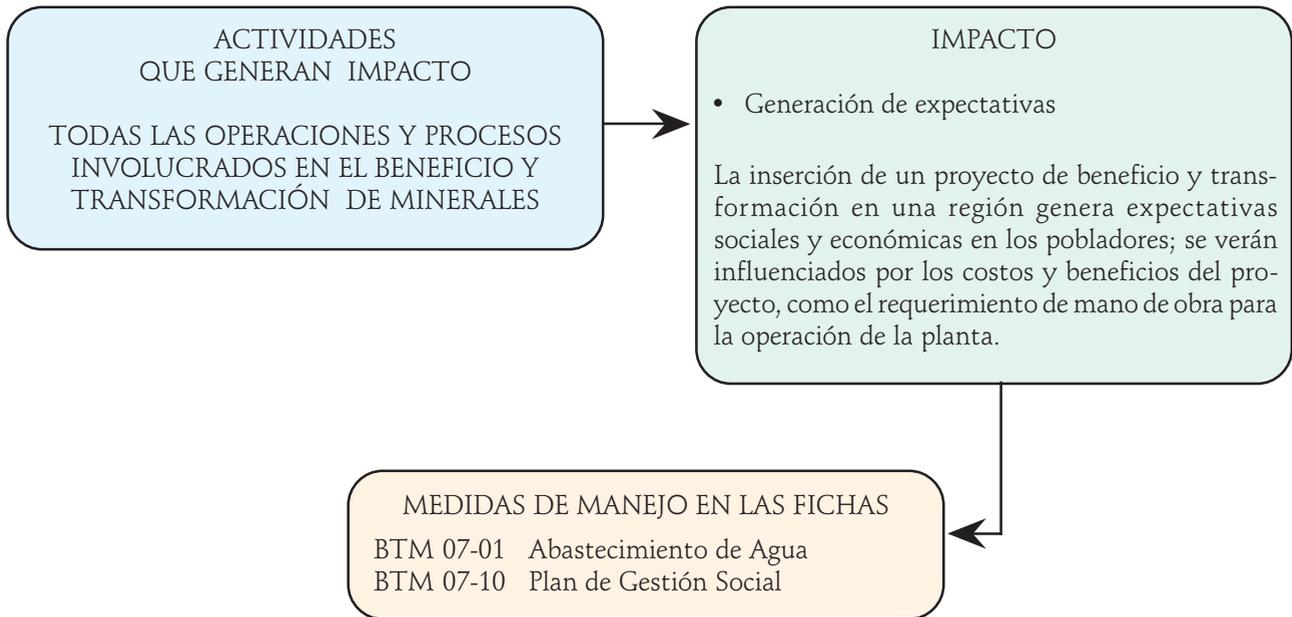


6.3.6 Impactos en el Componente Biótico (Fauna)

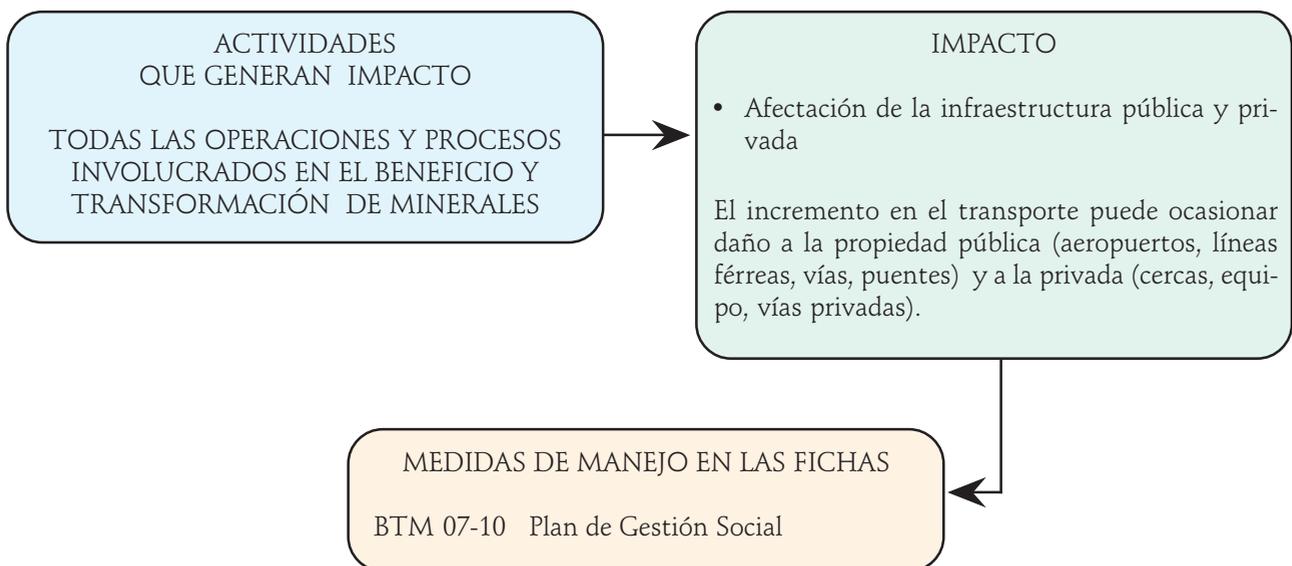




6.3.7 Impacto en el Componente Social (Generación de Expectativas)

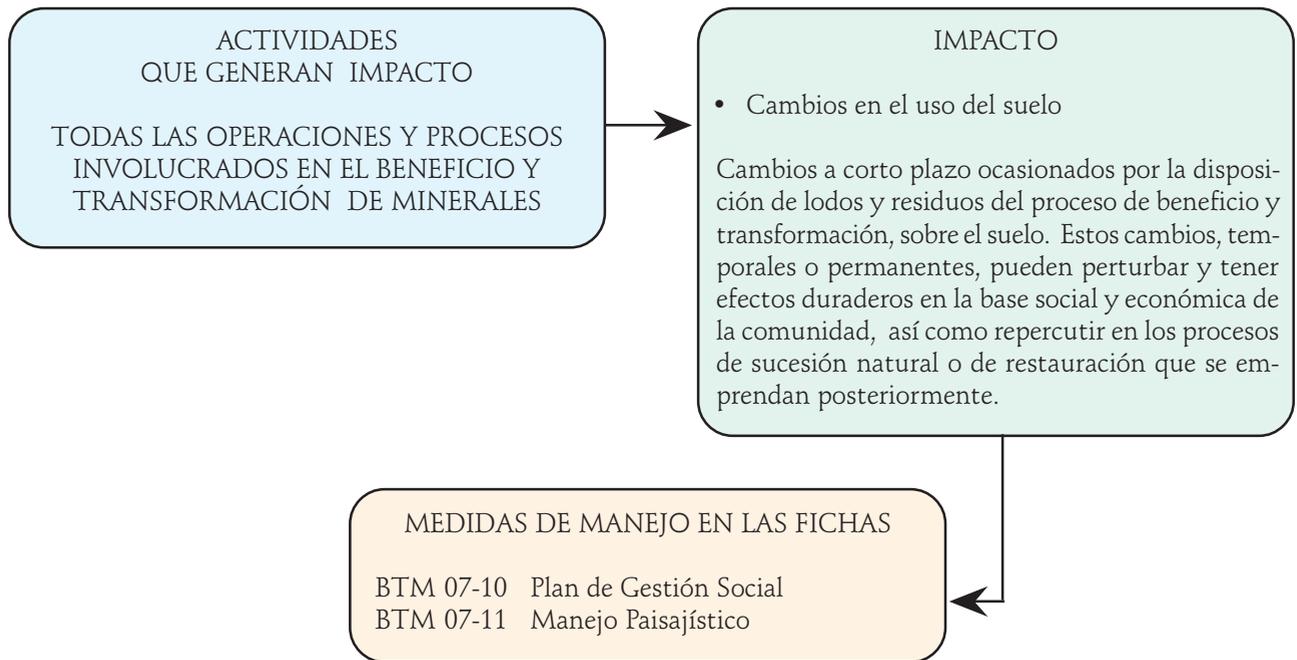


6.3.8 Impacto en el Componente Social (Afectación de la Infraestructura Pública y Privada)

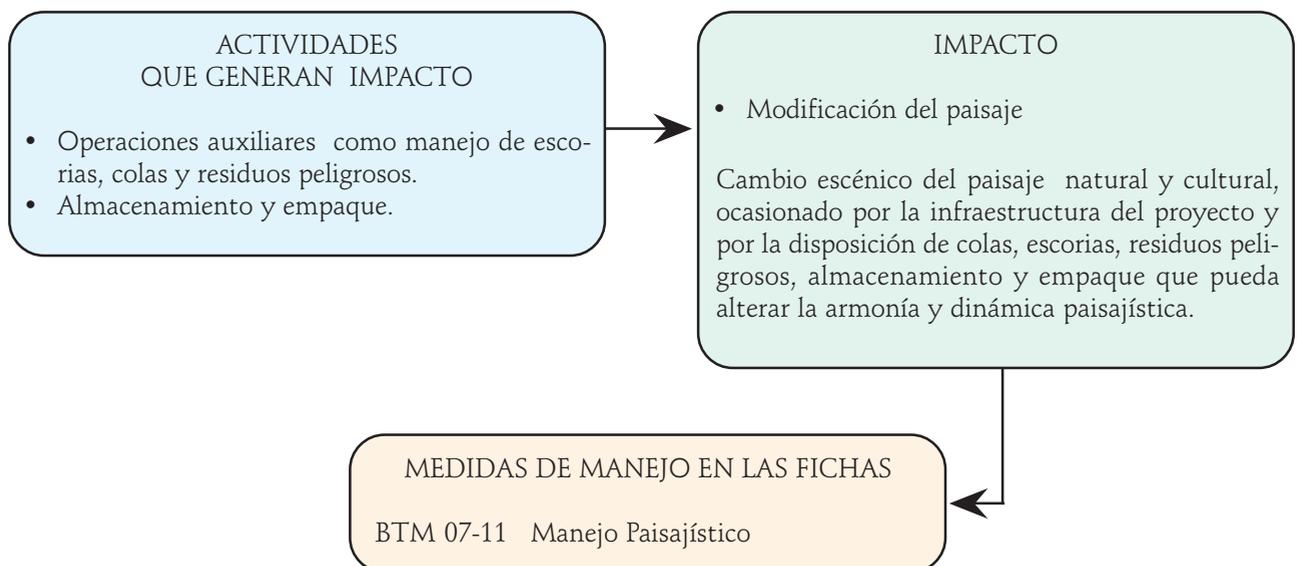




6.3.9 Impacto en el Componente Social (Cambios en el Uso del Suelo)

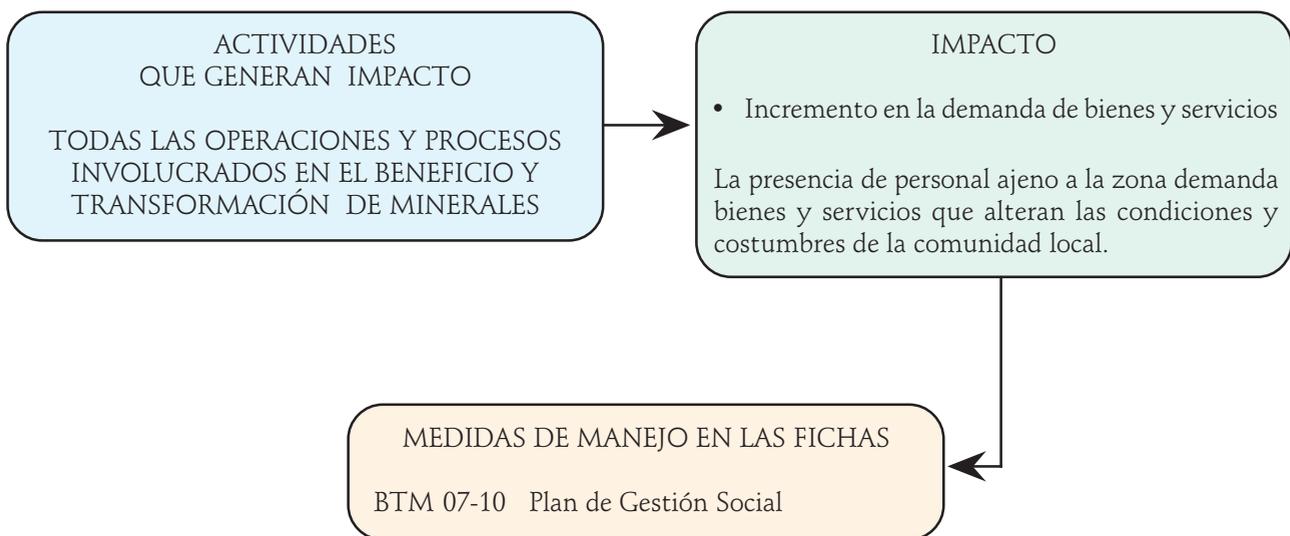


6.3.10 Impacto en el Componente Social (Cambios en el Paisaje)





6.3.11 Impacto en el Componente Social (Incremento en la demanda de bienes y servicios)





BMT 7

Manejo de Impactos Ambientales

Se presentan las fichas de manejo para los componentes ambientales afectados y para las actividades de Beneficio y Transformación minera, susceptibles de generar impactos. El concesionario minero deberá adaptar y precisar las fichas que considere pertinentes, de acuerdo a los impactos de sus labores particulares, para realizar un mejor proceso de gestión ambiental. Cada una de las fichas están dispuestas según el orden que plantea la tabla 7.1.

No. FICHA	MANEJO ESPECÍFICO
BTM 07-01	Abastecimiento de Agua
BTM 07-02	Manejo de Aguas Lluvias
BTM 07-03	Manejo de Aguas Residuales Industriales
BTM 07-04	Manejo de Material Particulado y Gases
BTM 07-05	Manejo del Ruido
BTM 07-06	Manejo de Combustibles
BTM 07-07	Manejo de Residuos Sólidos Industriales (Colas)
BTM 07-08	Manejo de Residuos Sólidos Industriales (Escorias)
BTM 07-09	Manejo de Sustancias y Residuos Sólidos Peligrosos
BTM 07-10	Plan de Gestión Social
BTM 07-11	Manejo Paisajístico

Tabla 7.1 Lista de fichas de manejo



BTM - 07 - 01

Abastecimiento de Agua

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	Lavado, Conminución, Separación y Concentración, Lixiviación, Separación Líquido-Sólido, Clarificación, Precipitación y Amalgamación
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

El proyecto minero tendrá en todas sus fases, un sistema de abastecimiento de agua, que garantice el suministro permanente para consumo humano y para los diferentes procesos mineros. El volumen total de agua necesario se calcula con base en el consumo promedio por persona según las condiciones locales y las necesidades reales industriales, definiendo las condiciones de calidad y cantidad del líquido. También es necesario considerar el suministro de agua para mantenimiento de equipo y maquinaria, aseo de oficinas y otras instalaciones, riego de jardines y sembrados vegetales.

El suministro de agua para campamentos y consumo humano se hará de acuerdo con los lineamientos establecidos en la legislación vigente, y con las condiciones propias del lugar de ejecución del proyecto.

En cuanto al consumo para fines industriales se calcula el caudal requerido en el proceso, con el fin de solicitar la concesión de aguas ante la autoridad ambiental, incluyendo los requerimientos para el consumo humano.

Para las fuentes de agua seleccionadas se hará un aforo de caudal en uno ó más sitios de captación posible. Si se trata de acuíferos, se hará una valoración de la capacidad de suministro, de acuerdo con las características de la formación geológica y tipo de acuífero, susceptible de ser aprovechado. Se hará una revisión de los registros históricos de caudal (si existen), o en su defecto, se hará por extrapolación, con el fin de establecer el régimen anual e interanual de caudales.

Se realiza un muestreo de aguas para su análisis físico, químico y bacteriológico, con el fin de establecer las probabilidades de utilización de éstas para su potabilización. El muestreo servirá de base para la realización del diseño conceptual del sistema de abastecimiento de agua potable, considerando: fuente y sistema de captación, unidades de tratamiento, y sistema de almacenamiento y distribución. Así mismo, de acuerdo con los volúmenes de agua requeridos y los resultados del muestreo, se selecciona el sistema de potabilización más adecuado.

Cualquiera que sea el sistema seleccionado, deberá proveerse, en todo caso, de un método para el tratamiento de lodos provenientes de las extracciones o purgas efectuadas en la decantación (cuando ésta exista), y del lavado de los filtros de la planta.

Se realizarán los diseños de ingeniería para la captación, conducción, potabilización, almacenamiento y red de distribución del agua. Los criterios a considerar para el diseño del sistema de potabilización serán: el período de diseño (vida útil de estructuras y equipos y posibles extensiones y readecuaciones), la población de diseño (número de personas requeridas para la ejecución del proyecto minero), el flujo de diseño (caudales mínimos que suplan las necesidades del proyecto minero), el manual de operación del sistema (que incluirá rutinas de supervisión, mantenimiento de las áreas de captación, fuentes de abastecimiento y de infraestructura de tratamiento y distribución), el programa de control de calidad del agua (sitios de muestreo y formas de análisis,



basados en las normas de calidad del agua) y la asignación de responsabilidades (funcionarios responsables y sus funciones claramente definidas en la ejecución de la gestión ambiental del manejo del agua). En el caso de las aguas industriales se determinará el tipo de almacenamiento y, si se requiere tratamiento, se realizarán los respectivos diseños. La figura 7.1 muestra las fases operativas en una planta de tratamiento de agua potable. Dichas fases deberán tenerse en cuenta para los diseños de ingeniería, manejo y control.

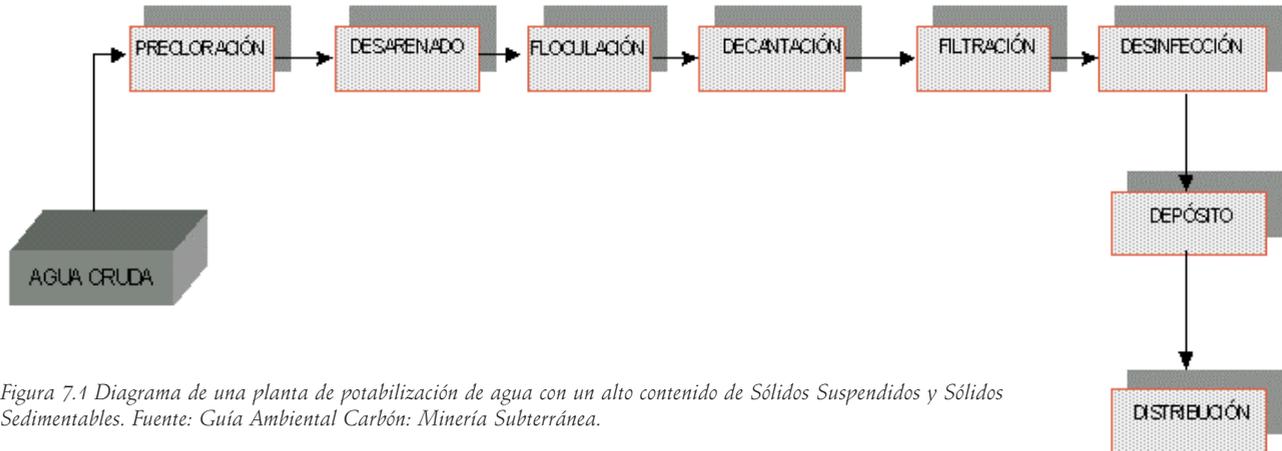


Figura 7.1 Diagrama de una planta de potabilización de agua con un alto contenido de Sólidos Suspendedos y Sólidos Sedimentables. Fuente: Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea.

BTM - 07 - 02

Manejo de Aguas Lluvias

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, CONTROL Y MITIGACIÓN	Todo el proceso de Beneficio y Transformación
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Las aguas lluvias se deben manejar prioritariamente a través de su control y conducción en lugares críticos, mediante la construcción y mantenimiento de obras de drenaje como cunetas, entre otras. Simultáneamente, se debe realizar una campaña de capacitación y difusión para desarrollar la conciencia de las personas relacionadas con el proyecto minero, sobre la necesidad del manejo adecuado de los recursos hídricos y el medio ambiente.

Para el manejo de las aguas de escorrentía del campamento e infraestructura propia de la planta de beneficio y/o transformación se tendrán en cuenta los siguientes principios básicos:

- La infraestructura par el beneficio y/o transformación debe ubicarse de manera que no obstruyan la red natural de drenaje del área donde se construye, o si es necesario para el proyecto, conducir dichas redes de manera adecuada.
- Las aguas lluvias tendrán un sistema de manejo independiente que evite su contaminación, y serán dispuestas directamente al ambiente.
- Para garantizar el correcto manejo de las aguas lluvias, especialmente en zonas de ladera, se construirá un canal interceptor sobre el perímetro de la instalación. La figura 7.2 muestra cunetas típicas.

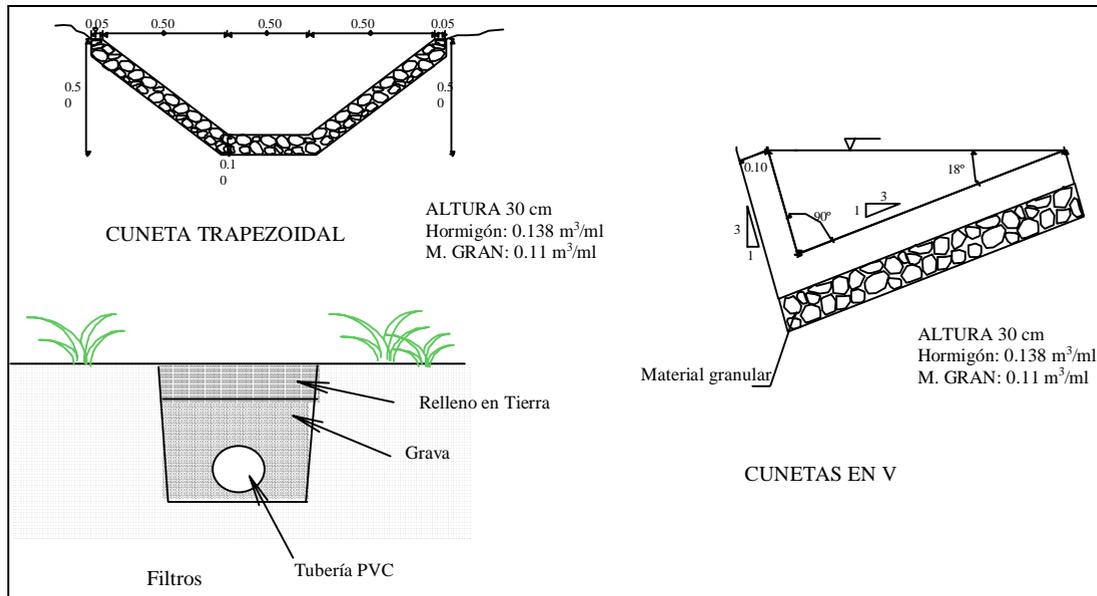


Figura. 7.2 Esquema Típico de Obras de Drenaje - Fuente: Guía Ambiental para redes de Distribución

BTM - 07 - 03

Manejo de Aguas Residuales Industriales

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, CORRECCIÓN Y MITIGACIÓN	Lavado, Conminución, Separación y Concentración, Lixiviación, Separación Líquido-Sólido, Clarificación, Precipitación y Amalgamación
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Las actividades de Beneficio y transformación frecuentemente genera reacciones químicas debido al contacto de los minerales con el agua, generando compuestos de naturaleza ácida. El contacto del agua con la pirita y otros minerales inestables como al azufre estimula procesos acelerados de oxidación que contribuyen a la acidificación del agua. Por otra parte, los drenajes resultantes de los procesos mineros arrastran partículas de compuestos que aumentan la turbidez de las aguas receptoras alterando así los procesos fotosintéticos de las plantas acuáticas, especialmente en ambientes lacustres.

Otro tipo de aguas residuales industriales mineras, contienen grasas, aceites y solventes provenientes, en su mayoría, de máquinas y equipos, o componentes químicos disueltos como sales, ácidos minerales y metales que no se degradan de forma natural y que pueden presentar algún grado de toxicidad. Por las razones anteriores, es necesario considerar un manejo especial de las aguas residuales de minería teniendo en cuenta las siguientes medidas:



- Realizar una caracterización detallada de la naturaleza química de los minerales procesados y de sus desechos, para predecir la posible formación de compuestos ácidos al contacto con el agua.
- El drenaje de las aguas residuales industriales, desde los sitios de beneficio y transformación se realizará preferiblemente por bombeo, ya que el drenaje por gravedad arrastra sedimentos y tiene mayor porcentaje de turbidez.
- Los sitios donde se almacenen escorias y otros residuos industriales minerales contarán con sistemas de recolección y tratamiento de las aguas de escorrentía que hayan entrado en contacto con ellos, antes de ser vertidas a un cuerpo de agua o de infiltrarlas en el suelo. Las aguas de escorrentía que hayan transitado sobre materiales estériles, apilamientos de mineral, y las provenientes de los drenajes mineros deben ser interceptadas y conducidas a sistemas de tratamiento mediante canales hechos en tierra o impermeabilizados. Figura 7.3.

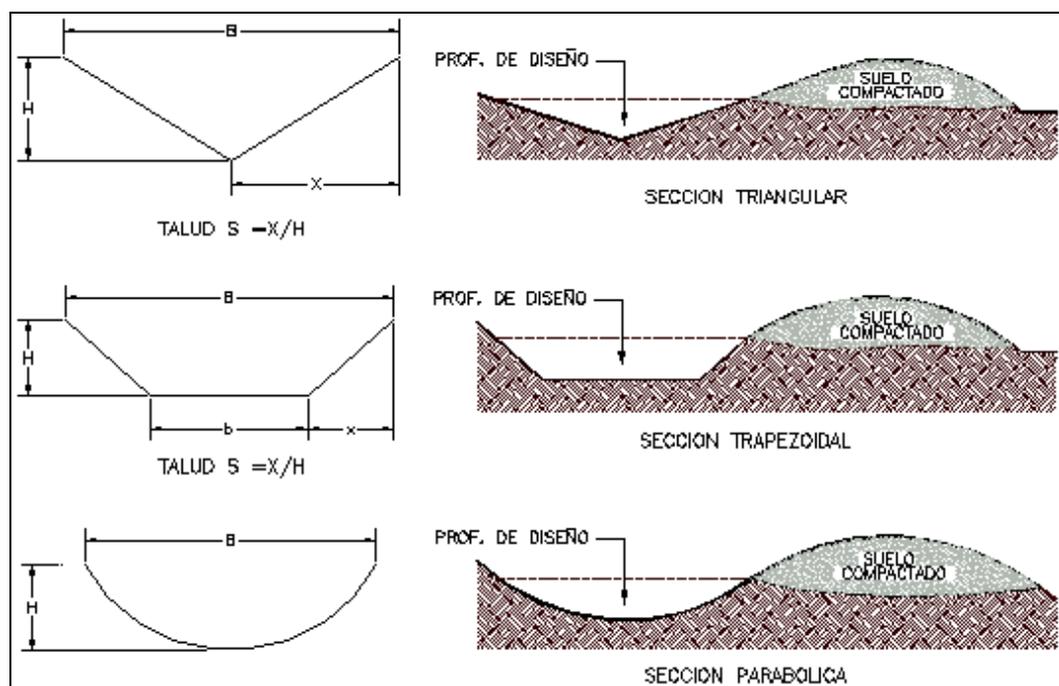


Figura 7.3 Interceptación de aguas por canales

Para el tratamiento de las aguas ácidas, se aplican técnicas de neutralización como la adición de cal, por su bajo costo y alta eficiencia.

Esta técnica se realiza en cinco etapas de tratamiento: la homogeneización, la mezcla, la aireación, la sedimentación y la disposición final del lodo de desecho. figura 7.4.

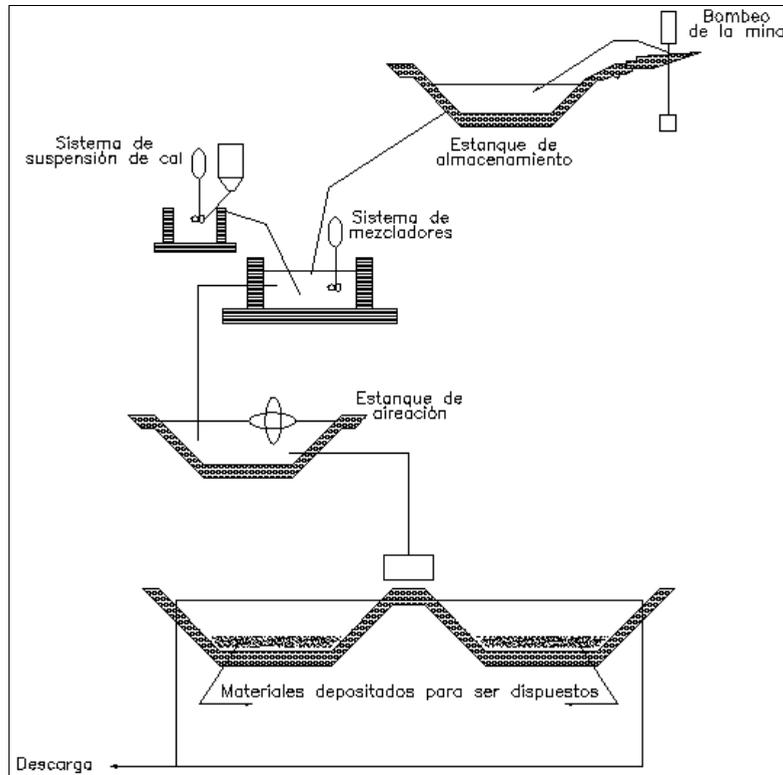


Figura 7.4 Etapas de neutralización convencional con cal. Fuente: ECOCARBON, 1997

La cal se puede agregar en suspensión líquida, para lo cual se requiere un sistema de alimentación, compuesto de un bomba que alimenta un dosificador por medio del cual se inyecta la cal. Los requerimientos de cal de esta técnica son menos de 0.1 Kg/1000 Litros para aguas con pH entre 3.5 y 5.0. Figura 7.5

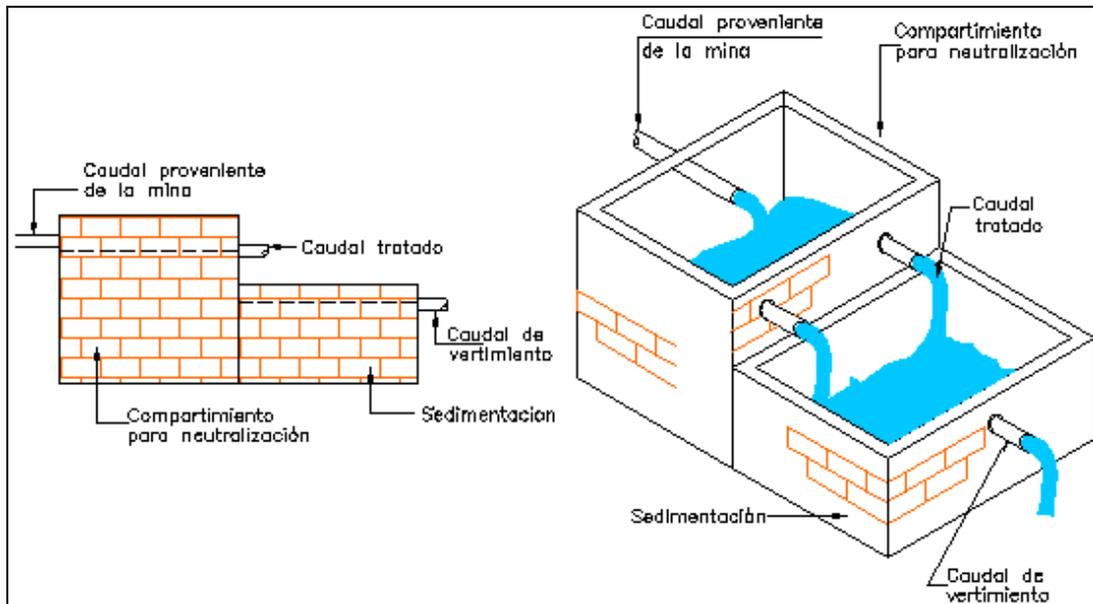


Figura 7.5. Tanques de neutralización. Fuente: ECOCARBON, 1997.



Para el tratamiento de los sólidos en suspensión de las aguas residuales industriales se proponen sedimentadores a gravedad en los que se realiza el almacenamiento temporal del agua. Estos pueden ser pozos, tanques o lagunas cuya condición principal es tener una baja velocidad de flujo que permita la sedimentación. Figura 7.6

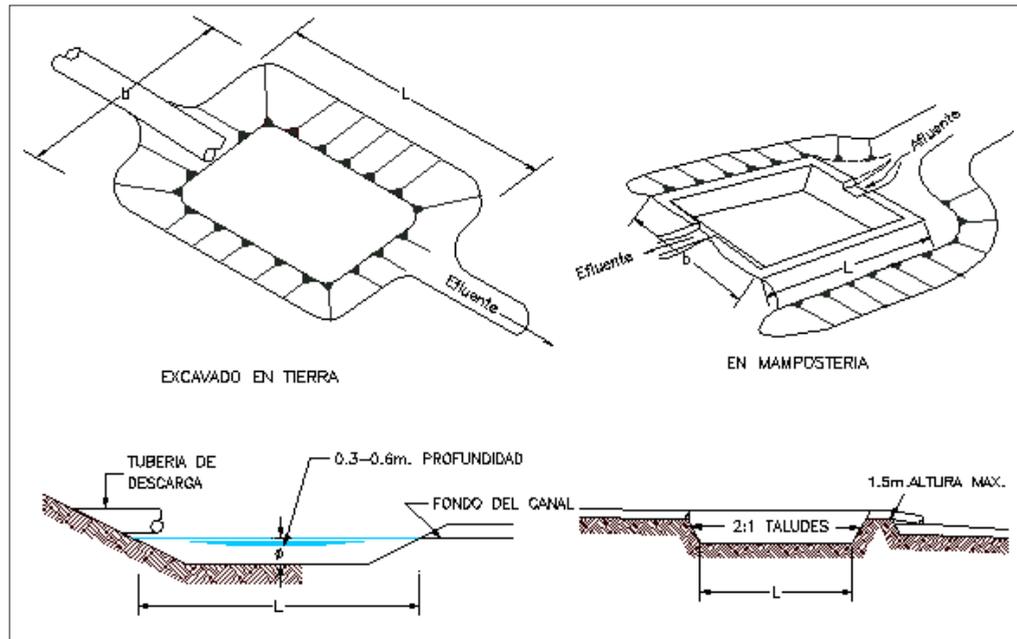


Figura 7.6. Tipos de sedimentadores. Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989.

El tratamiento de los sólidos disueltos y la estabilización del pH, se logra haciendo correr el agua por pendientes de cascadas artificiales para favorecer su aireación y oxidación. Figura 7.7

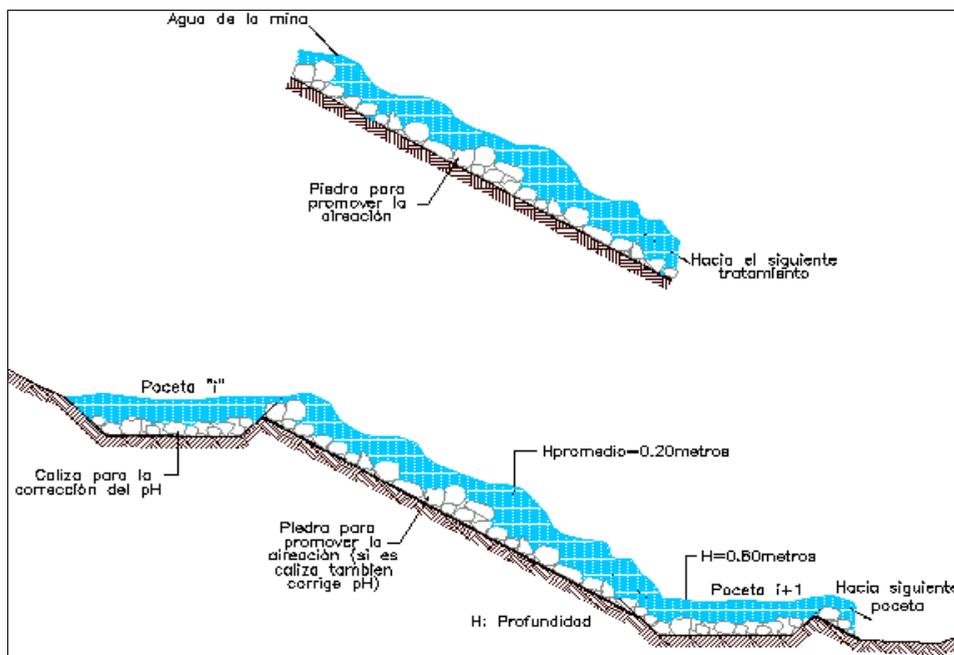


Figura 7.7. Cascadas de aireación y corrección de pH. Fuente: ECOCARBON, 1995.



El tratamiento de aguas residuales industriales se hará en los mismos espacios de beneficio y transformación minera se hará de manera periódica para constatar que no se presenten fugas o infiltraciones. Semestralmente se deben retirar los sedimentos de las pocetas de neutralización y sedimentadores. Los lugares y cuerpos receptores de los vertimientos finales deben ser aprobados por las autoridades ambientales.

En los procesos de transformación se generan aguas residuales especiales producidas en el manejo de mercurio y cianuro; para su manejo se tendrán en cuenta aspectos generales como:

- Cualquier persona que trabaje con o cerca a estas sustancias, deberá contar con información acerca de los riesgos, formas de uso, manejo y almacenamiento.
- Disponer de mecanismos de transporte y manipulación que eviten el contacto directo con la piel.

El manejo del mercurio se debe realizar siempre en circuitos cerrados, evitando cualquier vertimiento, mediante el uso de barriles amalgamadores y retortas que permiten realizar una recuperación máxima del mercurio.

Para el manejo del cianuro se tendrá medidas especiales tales como:

- Mantener antídotos en la planta para actuar en los casos de envenenamiento por ingestión o absorción.
- El cianuro se puede recuperar desde líquidos con diversos procesos como: AVR, SART, AFR, MNR, Hannah, etc.
- El cianuro también puede ser destruido en líquidos usando diversos procesos como: INCO (Dióxido de azufre), Peróxido de hidrógeno, degradación natural, entre otros. La degradación del cianuro genera amonio, nitrato y nitrito que pueden requerir sistemas biológicos, lagunas o piscinas especiales para tomar el nitrógeno de estos efluentes.

BTM - 07 - 04

Manejo de Material Particulado y Gases

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, Y CORRECCIÓN	Conminución, Homogenización, Clasificación, Purificación Todos los procesos de transformación pirometalúrgicos o que requieran energía calorífica (aglomeración, secado, clasificación y tostación, fundición, refinado y electrorrefinado, extracción eléctrica, clinkerización y coquización). Transporte interno y labores de apilamiento y empaque.
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Durante las actividades de Beneficio minero se desprende material particulado, producto de la disgregación o fragmentación del mineral de interés. Igualmente, se genera material particulado durante el transporte de los productos, por vías sin asfalto y vehículos que no tienen una cubierta adecuada. En las actividades de Transformación del mineral se generan gases, por la mezcla de reactivos químicos, por la fundición o por combustión. El material particulado desprendido al aire, es conocido como polvo, se presenta en tamaños entre 1 y 1000 μm y su composición química varía en función de las características del material del cual se desprende. Debido a su



bajo peso se deposita, por acción de la gravedad, en la superficie terrestre y sobre la vegetación, obstruyendo su capacidad de intercambio gaseoso y de captación lumínica.

Las personas sometidas a atmósferas cargadas de polvo, pueden sufrir complicaciones respiratorias (silicosis y la asbestosis), daños en los ojos e incluso alergias. La emisión de material particulado y gases causa inconformidad de las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia de la planta de beneficio y transformación, ya que se enrarece el aire respirable y se llenan de polvo sus calles, casas, jardines, alimentos y cultivos.

Frente a los problemas ambientales que causan los materiales particulados y la emisión de gases, se implementarán las medidas correctoras y mitigadoras que se hayan planeado y que sean necesarias. Se hará monitoreo de los niveles de emisión de partículas, mediante una red de monitores ubicados en sitios seleccionados de acuerdo con: condiciones de viento, topografía del sitio, condiciones meteorológicas y tiempo de permanencia en el aire del material particulado. Así mismo se tendrán en cuenta: la altura de los monitores (altura media de respiración de los seres humanos), la distancia respecto a obstáculos (separado de paredes u otros obstáculos que impidan el registro de la emisión real de polvo y gases), la sensibilidad del muestreador (existen algunos estandarizados por las normas técnicas (muestreadores Hi – Vol (High volumen), muestreadores de aire respirable PM10), el método de lectura y análisis; y la normatividad vigente para protección y control de la calidad del aire. El número de los monitores será mayor, si se espera una alta variabilidad de las concentraciones del contaminante en el área de estudio.

Así mismo se deberá instalar equipos para la medición de gases: NOX, SOX y HC.

Como parte fundamental del Programa de Calidad del Aire deberá implantarse un procedimiento para garantizar la calidad del muestreo, el cual deberá seguir los siguientes lineamientos: descripción del equipo y sistema de calibración, tipo de controlador y registrador de flujo, frecuencia de calibración, programa de auditoría, procedimiento de control de calidad, precisión de datos y procedimientos de cálculo de la exactitud de los equipos, formatos que se implementarán y frecuencia de reporte.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL

1. Planear la ubicación de sitios de acopio, máquinas, hornos, trituradoras y áreas de servicio (infraestructura de soporte) por fuera del área de influencia de las comunidades de la zona, utilizando como criterio básico la dirección dominante de los vientos.
2. Acondicionar captadores de polvo a la maquinaria de trituración y molienda, con lo cual se logra la recuperación de material particulado altamente peligroso para los operadores (menor de 5 micras), se reducen los costos de mantenimiento y de procesos industriales.
3. Se implementarán métodos de control de velocidad de vehículos (con señalización e instrucciones claras y reductores de velocidad), métodos educativos para todas las personas vinculadas al proyecto minero, incluso al personal directivo. Se hará riego de vías y minerales procesados que estén expuestos al viento, y de ser posible se adicionarán estabilizantes químicos (agentes humificadores y creadores de costra superficial y sales higroscópicas) o se colocarán láminas filtrantes sintéticas (geotextiles). La tabla 7.1 presenta la síntesis de algunas medidas de prevención contra la emisión de polvo según su fuente.
4. Las emisiones fugitivas de polvo se pueden controlar mediante encerramientos, ciclones, precipitación electrostática o diseños de sistemas de filtro, que permiten colectorlo y reciclarlo en el proceso que viene.
5. Los óxidos de nitrógeno y de azufre requieren control para evitar su oxidación y posterior producción de lluvia ácida.



FUENTE	MEDIDAS
Pilas de minerales provenientes del beneficio y transformación	<ul style="list-style-type: none"> • Humectación de pilas • Cubrimiento de pilas • Instalación de barreras rompevientos para patios de acopio • Aplicación de agentes químicos que forman costras superficiales
Puntos de transferencia y manipulación de minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de barrera mecánica/física o presión negativa de cierre • Implementación de inyectores de agua con o sin espuma • Instalación de captadores de polvo (ciclones, filtros y precipitadores electrostáticos)
Disposición de Colas y Escorias	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de pantallas rompevientos • Implantación de vegetación • Empleo de estabilizadores
Vías	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimentación de los accesos permanentes del proyecto • Mantenimiento continuo de las vías para retirar el polvo acumulado sobre estas • Regulación de la velocidad de circulación de vehículos • Revegetación de áreas adyacentes a las vías de transporte • Limitación de los cruces de vías • Sustitución de los camiones por bandas transportadoras • Riego
Fundición	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de sistemas de extracción de polvo, gas y rocios ácidos.

Tabla 7.1 Medidas de prevención y de control según fuentes de emisión.

BTM - 07 - 05

Manejo del Ruido



Para el manejo de ruidos provenientes de las plantas de Beneficio y Transformación de Minerales se busca su reducción en la fuente (rediseño o reemplazo), la modificación de la ruta de propagación (uso de encerramiento, pantallas, etc.) o el aislamiento del receptor. Generalmente, la reducción de la fuente de ruido es el método más usado y más efectivo de los tres.

El manejo de ruido en los procesos industriales de beneficio y transformación se debe realizar desde la planeación con la consecución de materiales acústicos apropiados para sus maquinarias e instalaciones, tales como absorbentes (transformadores de la energía sonora en energía térmica), de barrera (materiales de masa densa, que



proporcionan aislamiento) y de amortiguación (se adhieren a placas de metal para reducir la radiación del ruido).

La tabla 7.2 presenta un listado de los tipos de materiales para manejo del ruido, que deben tenerse en cuenta en las maquinarias y otros componentes generadores de ruido.

Tipo de Material	Ejemplos típicos del material
Absorbentes	Lana de vidrio, espumas de poliuretano, espumas con películas protectoras
De barrera	Naturales (arborización, materiales de acopio), planchas de acero (1mm-2,5mm), vidrio (6mm), concreto (100mm)
Amortiguación	Sustancias viscosas o elásticas (caucho y plástico)

Tabla 7.2. Algunos ejemplos de materiales atenuantes de ruido.

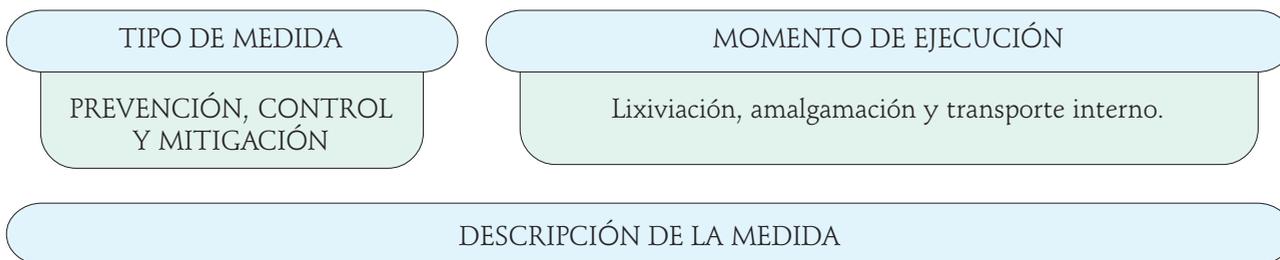
Los encerramientos acústicos son eficaces en la reducción del ruido, tanto en el interior y exterior de las plantas de beneficio y transformación como en los demás lugares de generación de ruido; pero no son del todo recomendable porque reducen la ventilación e iluminación necesarias para la realización de los procesos industriales.

Otras medidas de atenuación del ruido son:

- Adecuar los horarios de trabajo para no interferir con las horas nocturnas de descanso.
- Manejar responsablemente el tráfico vehicular dentro y fuera del proyecto, para evitar ruidos como pitos, frenos, motores desajustados.
- Implementar un sistema de monitoreo de ruidos, teniendo en cuenta lo siguiente:
- Tomar en cuenta los ruidos ambientales externos a la planta.
- El registro de datos de medición del sonido debe ser preciso y completo.

BTM - 07 - 06

Manejo de Combustibles



Los combustibles son sustancias derivadas del petróleo como aceites, lubricantes, gasolina, petróleo, kerosene, grasas, etc., que se utilizan para el funcionamiento y el mantenimiento de vehículos, maquinaria y equipos mineros en general. Para el manejo de combustibles se consideran las siguientes aspectos:

- Limitar la aplicación y el uso de sustancias químicas derivadas del petróleo en sectores cercanos a cursos de agua y campamentos.



- Asegurar el almacenamiento, transporte y adecuada disposición de los combustibles. El almacenamiento deberá realizarse en bodegas que se ubicarán a distancias adecuadas, para no alterar los cursos de agua y los campamentos; se hará en áreas confinadas y cubiertas, para evitar que se presenten derrames o fugas que puedan contaminar el suelo. Se debe contar con trampa de grasas.
- Se hará prevención y control de derrames durante el transporte y llenado de los tanques de combustibles, utilizando un sistema adecuado de bombeo y áreas impermeabilizadas. En caso de derrames de algún producto líquido, evite su escurrimiento haciendo canaletas alrededor y recójalo con aserrín, tierra o arena. Posteriormente disponga el material en un relleno de seguridad apropiado con alta capacidad de impermeabilización a más de un metro de profundidad y lejos de los cursos de agua.
- Los cambios de aceite de los motores se harán preferiblemente en el campamento, evitando los derrames en tierra. Se utilizará una bomba de accionamiento manual.
- El aceite usado deberá almacenarse de manera adecuada, devolverse a proveedores, o disponerse de acuerdo a las normas vigentes.

BTM - 07 - 07

Manejo de Residuos Sólidos Industriales (Colas)

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN CORRECCIÓN Y COMPENSACIÓN	Conminución, homogenización, concentración, separación sólidos-líquidos y en operaciones auxiliares.
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

La separación de minerales de su roca madre, requiere de procesos físico – químicos, que involucran el uso de agua y dan paso a los procesos de aislamiento del mineral mediante flotación, deshidratación, espesamiento, filtración, evaporación, lavado o floculación, entre otros, originando desechos residuales líquidos que contienen restos del mineral separado y sustancias químicas empleadas como solventes. Estos procesos pueden ser bajo mecanismos químicos o apoyados en microorganismos. Los lodos provenientes de los procesos de separación de minerales serán tratados según los siguiente aspectos:

- Se realizará una caracterización química y geoquímica de los lodos y las colas (mineralogía, contaminantes lixiviables, generación de ácidos potenciales, gravedad específica, capacidad de floculación y precipitación, plasticidad frente a cambios climáticos) lo cual permitirá minimizar y prevenir problemas de diseño y a largo plazo.
- El tratamiento de colas se realizará en sitios alejados de cuerpos de aguas naturales y en estructuras especiales que eviten su infiltración al suelo y a aguas subterráneas. La elección de los sitios implica además las consideraciones paisajistas, de uso de suelo, sísmicas y de opinión pública.
- En los casos donde sea posible, se implementarán mecanismos de recobro in situ en lugar de la extracción seguida del beneficio en superficie a fin de reducir los impactos ambientales (lixiviación in situ vs lixiviación de cuba, lixiviación de desechos, flotación de espuma).
- Canalizar.
- Utilizar materiales impermeables que eviten escapes en las lagunas, plataformas y estructuras de las tuberías y canales, por las cuales circulará el agua de las colas.
- Las colas de sulfuro de más alto grado se pueden depositar por separado en ambientes de poco oxígeno para minimizar la oxidación.



- Los lodos densos no se dispondrán a la intemperie, ya que se podrán lixiviar a sustratos más profundos del suelo, o producir erosión con el viento o con el agua lluvia, que se depositan en cuerpos de aguas superficiales y subterráneas y por lo tanto ingresa en las cadenas alimenticias.
- Se requieren encerramientos a largo plazo (de 100 a 200 o más años), por la gran cantidad de metales que puede contener; estos encerramientos serán totales y de forma hermética al público.
- Las piscinas de colas tendrán estructuras de rebose alto para evitar el desborde por lluvias y derrames de las sustancias almacenadas. También se adecuarán drenajes y trabajos de decantación para controlar la liberación de agua y los desprendimientos por exceso. En zonas donde exista actividad sísmica, se adoptarán medidas de estabilidad.
- El plan de manejo para las piscinas de colas, contendrá, entre otros aspectos, el encapsulamiento de los desechos que generan ácidos con materiales que tengan potencial de neutralización, la adición de álcalis (limestone) dentro de las colas para proveer carbonatos y prevenir la acidificación excesiva, y la reducción de disminuciones de pH por adición de tiosales.
- Implementación de sistemas como detoxificación de cianuro con el objeto de hacer una deposición final de aguas y cobertura de las piscinas de colas con placas o barreras visuales de vegetación, para prevenir la erosión y lixiviación.
- Se contemplarán programas de análisis y creación de respuestas inmediatas frente a los riesgos que puede ocasionar una piscina de colas; así mismo un sistema de control y vigilancia durante y después del funcionamiento de la piscina de colas.
- Las colas son un pasivo potencial; algunos remanentes químicos pueden reutilizarse y aprovecharse en un nuevo proceso industrial de separación. Hasta donde sea posible deben de reutilizarse, ya que su deposición en piscinas de colas puede tardar muchos años para su degradación completa.

BTM - 07 - 08

Manejo de Residuos Sólidos Industriales (Escorias)

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN CORRECCIÓN Y COMPENSACIÓN	Conminución, homogenización, fundición, coquización y operaciones auxiliares como transporte interno y manejo de escorias, colas y residuos peligrosos.
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Los procesos industriales de transformación de metales bajo formas pirometalúrgicas, como los efectuados para hierro, níquel, aluminio, cobre, cinc y estaño, entre otros, generan escorias y desechos sólidos que deben ser tratados en medidas de manejo ambiental específicas, que incluyan la evaluación y el monitoreo continuo de sus características, su disposición y su posible dispersión ambiental. Las escorias pueden generar lodos ácidos y alcalinos como sulfatos e hidróxidos.

Las medidas específicas de manejo son:

- Realizar una caracterización físico química de los minerales que están presentes en las escorias para determinar su peligrosidad, predecir los efectos de su almacenamiento y hacer el diseño de los lugares apropiados donde se dispondrán (rellenos de seguridad), reduciendo así el potencial de liberación de constituyentes químicos.



micos, tanto en los desechos finales como en los cuerpos de agua subterráneos y superficiales localizados en el área de influencia de las pilas de escorias.

- Realizar un manejo especial de las escorias evitando la deposición sobre cuerpos de agua natural. Las pilas de escorias de fundición estarán alejadas de las cuencas de drenaje. Analizar la posibilidad de recuperar, reciclar y reusar el material de las escorias.
- Durante el almacenamiento temporal se cubrirán las escorias con material de polietileno o con plásticos y se hará un encerramiento con barreras para evitar el acceso público. La superficie de almacenamiento de las pilas de escorias estará cubierta con materiales geosintéticos impermeables, que eviten lixiviados provenientes de las escorias.
- A las aguas de drenaje provenientes de los sitios de acumulación de escorias se les realizarán los análisis físico-químicos y el monitoreo respectivo, para controlar los límites permitidos de metales y otras sustancias químicas. También se hará monitoreo de los cuerpos de agua subterráneos, ya que es muy posible que ocurra infiltración de lixiviados provenientes de las pilas de escorias.
- Asegurar los recursos financieros para el adecuado cierre y abandono de las actividades de beneficio y transformación de minerales, a fin de que no queden a la intemperie, o sin control, depósitos de escorias o sustancias de desecho industrial minero. Tener en cuenta que con el cierre de las actividades industriales, el suelo será utilizado en otros usos públicos tales como zonas naturales para recuperar sus atributos ecológicos o paisajísticos.
- Adecuar un plan de respuesta ante las eventuales emergencias ocurridas por la manipulación y almacenamiento de escorias.

BTM - 07 - 09

Manejo de Sustancias y Residuos Sólidos Peligrosos

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, CONTROL, Y MITIGACIÓN,	Conminución, Homogenización y Operaciones auxiliares como transporte interno y manejo de escorias, colas y residuos peligrosos
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

En el proceso industrial de Beneficio y Transformación de Minerales se utilizan y se producen diversos residuos sólidos, propios o del procesamiento de minerales (material estéril, neumáticos, envases, baterías, filtros, plásticos, chatarra, residuos orgánicos, entre otros) que se podrían clasificar en reciclables, reutilizables, desechos orgánicos, materiales tóxicos comerciables, materiales tóxicos no comerciables, y un pequeño remanente por clasificar .

En cuanto al uso y la generación de residuos sólidos, el manejo es prioritariamente preventivo y de control, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Antes de iniciar las labores industriales, el concesionario deberá coordinar con la empresa de servicios públicos local, lo relacionado con el manejo, recolección y disposición final de residuos sólidos, tanto domésticos como peligrosos.
- Mediante planes estructurados de educación ambiental, se indicará al personal que labora en las actividades de Beneficio y Transformación, y a toda persona que tenga relación, con la misma importancia que tiene para el medio ambiente y para la salud de la población, el adecuado manejo de los residuos sólidos.
- Como resultado de la aplicación de planes de educación ambiental y sensibilización debe minimizarse la producción de residuos sólidos y realizar su separación en la fuente.



- Disponer de recipientes señalados para la separación en la fuente.
- Reciclar y transportar los residuos hasta sitios de acopio más cercanos.
- Los residuos orgánicos podrán ser dispuestos en el Relleno Sanitario más cercano al área del proyecto, ser entregados para compostaje o ser utilizados como alimento de animales de la comunidad local.
- Se debe evitar la disposición de material sobrante en áreas de importancia ambiental como humedales o zonas de productividad agrícola.
- Los residuos sólidos producidos en los campamentos pueden ser: Residuos sólidos ordinarios o domésticos, los cuales, desde el punto de vista físico, se clasifican en: Desechos de alimentos, papel y cartones, plásticos, textiles, caucho, madera, vidrio, metales y llantas. El otro tipo son los Residuos peligrosos: que son las grasas y lubricantes (semisólidos), filtros de combustibles, baterías de los vehículos empleados en la ejecución de la obra, residuos sólidos del beneficio y transformación.
- La correcta disposición de los residuos se inicia con un almacenamiento en la fuente de generación. Los residuos sólidos ordinarios se deben almacenar en recipientes de plástico reutilizables y bolsas plásticas desechables que facilitan la manipulación de los residuos.
- Para los residuos sólidos peligrosos se deben diseñar sitios con base sintética sobre arcilla compacta, impermeabilizados con sistemas integrados de colección de lixiviados, y áreas neutralizadas alrededor, controles de aguas superficiales y gases. Para un monitoreo anual se debe mantener un registro diario del ingreso de desechos al sitio y sus componentes.
- El personal que maneja las sustancias y residuos peligrosos, debe tener guantes de látex, caretas y ropas adecuadas. No se permitirá el acceso de personal no autorizado.
- Las áreas designadas para almacenamiento de sustancias y residuos sólidos ordinarios y especiales, deben ubicarse en lugares visibles y ser fácilmente identificables por las personas vinculadas al proyecto.
- El tiempo de almacenamiento debe ser tal, que los residuos –ya sean ordinarios o especiales– no presenten ningún tipo de descomposición.
- Se debe recuperar la mayor cantidad de residuos sólidos posible y disponer solamente lo que no es reutilizable, para alargar así la vida útil del relleno sanitario.
- Se debe delimitar el área del relleno sanitario y construir canales y diques contenedores, con el fin de impedir que las aguas de escorrentía sean afectadas por aguas contaminadas provenientes de estas disposiciones.
- Realizar un manejo técnico de gases en el área de rellenos sanitarios, para evitar acumulaciones que pongan en riesgo al personal del proyecto.
- Planificación de la disposición final de los desechos provenientes del desmantelamiento. Los materiales reutilizables serán retirados por el concesionario y dispuestos, según su interés, en otro sitio u obra que esté adelantando. Los escombros generados en el desmantelamiento de campamentos y centros de acopio deben ser dispuestos de manera que no afecten los ecosistemas circulares.

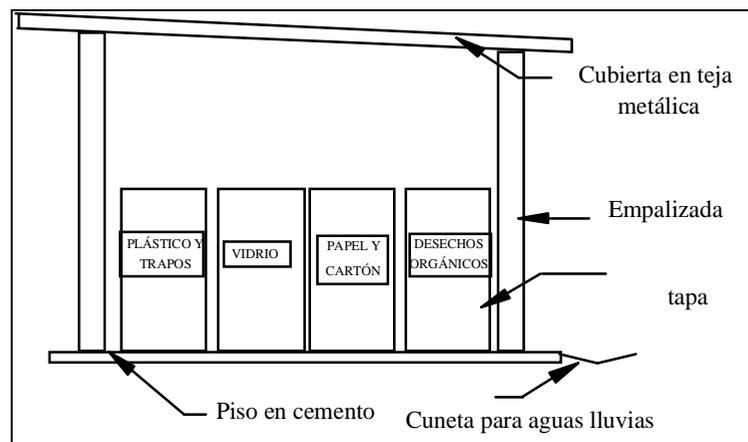


Figura. 7.8 Disposición de Residuos Sólidos. Fuente: Guía Ambiental para redes de Distribución.



BTM - 07 - 10

Plan de Gestión Social



Es importante que el concesionario minero interactúe con los dueños de predios, comunidades, ONG's, y autoridades locales, ambientales y mineras; para lo cual debe diseñarse un plan de Gestión Social que promueva las relaciones armónicas. Este Programa es el eje conductor de toda la Gestión Ambiental, se basa en el principio de responsabilidad social empresarial y tiene como objetivo construir la sostenibilidad integral del proyecto. Se sugiere consultar los lineamientos estratégicos sobre participación ciudadana y comunitaria del sector minero-energético. Las medidas contempladas para el plan de gestión social son:

1. Programa de Información y participación comunitaria:

Se fundamenta en el compromiso constitucional de informar a las comunidades localizadas en el área de influencia directa del proyecto, sobre la naturaleza del mismo, los impactos ambientales identificados y las medidas previstas. Una vez iniciadas las actividades licenciadas, deberán periódicamente ser informadas y participar de los resultados de la implementación del manejo ambiental y de las medidas correctivas que de éste se deriven. Todo lo anterior, conforme al Artículo 30 del 1728/02 del Minambiente.

Para el desarrollo del programa es necesario tener en cuenta el reconocimiento de la diversidad social y cultural de las comunidades localizadas en la zona del proyecto.

En la planeación específica para las actividades de beneficio y transformación, se deben realizar reuniones con la comunidad. En las que se exponen algunos detalles pertinentes y de interés comunitario, las características de las obras, los procesos constructivos y operativos, las posibles afectaciones en los predios, y las posibilidades reales de empleo local.

Para la realización de reuniones, se sugiere realizarlas en escuelas o sitios de congregación usual en la zona. La participación de los grupos étnicos en la gestión ambiental se debe realizar de acuerdo con la legislación vigente.

La información que se brinde a las comunidades y a las autoridades debe ser clara, accesible y actualizada.

Para una mejor coordinación de los aspectos sociales y comunitarios, es importante que el concesionario minero organice un vínculo permanente con la comunidad, mantenga una constante comunicación con las autoridades ambientales y cuente con una persona que atienda las quejas, sugerencias y reclamos, y se encargue de registrar y resolver esos asuntos.

2. Programa de Educación Ambiental:

La educación ambiental en el proceso de beneficio y transformación es la base de una buena gestión ambiental, ya que facilita la planeación y ejecución del manejo ambiental y posibilita la disminución de los efectos negativos que puede generar el proyecto, desde la construcción y montaje de la obra, hasta su cierre y abandono. Por lo tanto, todo proyecto minero debe incluir un programa de educación ambiental, dirigido a dos públicos: a las comunidades asentadas en la zona del proyecto y al personal vinculado al proyecto (incluida



la dirección de la empresa).

La educación ambiental para las comunidades se realiza a partir del diálogo de saberes, y se orienta hacia el diseño y la ejecución de las acciones pedagógicas y participativas, que contribuyan al manejo sostenible del ambiente y al establecimiento de pautas para la convivencia armónica entre el proyecto, la comunidad y el entorno natural, así como al fortalecimiento de la capacidad de autogestión comunitaria.

La participación del personal vinculado al proyecto dentro de los programas de educación ambiental, tiene varios objetivos, entre los cuales está la promoción del respeto por los recursos naturales renovables de influencia del proyecto minero. Algunos de los temas sugeridos para realizar el programa de educación ambiental minero son:

- Concientización ambiental de todos los empleados relacionados directa o indirectamente con el proyecto
- Normatividad legal regional y nacional sobre la protección ambiental, entidades encargadas de su regulación.
- Funciones y responsabilidades sobre la Gestión Ambiental para el proyecto minero.
- Importancia de los recursos naturales renovables sobre el paisaje regional y sus funciones ecológicas de beneficio humano directo e indirecto.
- Discusión de las alternativas ambientales de producción minera más limpia.
- Importancia de una buena gestión y desempeño minero.
- Importancia del cumplimiento ambiental.
- Consecuencias del incumplimiento ambiental y de una gestión y desempeño deficientes.

Se deben diseñar cursos de educación ambiental y de capacitación para todo el personal que se relacione con el proyecto minero y se deben ajustar a la realidad del proyecto. Además se deben tener en cuenta los siguientes aspectos logísticos y de funcionamiento:

- Se deben seleccionar sitios adecuados para presentar los talleres, seminarios, charlas técnicas y otro material de capacitación ambiental.
- Se pueden establecer algunos incentivos académicos al personal de la empresa, para que con sus ideas, se mejoren los controles ambientales de emisiones, vertimientos y manejo de residuos sólidos, tanto de los procesos como de las actividades de las fichas del plan de manejo ambiental.
- Es importante para la eficiencia del programa de educación ambiental efectuar un seguimiento a su calidad y resultados, mediante evaluación al personal que la recibe, a los docentes que la imparten y a su contribución al mejoramiento del cumplimiento y desempeño ambiental.

La aplicación del programa de educación ambiental se realizará durante toda la vida útil del proyecto de exploración y explotación de la concesión minera, durante las actividades extractivas y durante el cierre y abandono de las actividades mineras e industriales.

3. Programa de Fortalecimiento Institucional:

Es muy importante para el proyecto minero mantener una buena imagen que le permita mejorar la coordinación con las autoridades municipales, departamentales, ambientales, mineras y las demás que se encuentren presentes en el área de influencia del proyecto minero. El fortalecimiento institucional para la empresa minera debe estar contemplado durante toda su vida útil.

Las medidas recomendadas para el fortalecimiento institucional contemplan;

- Armonizar las relaciones internas, al igual que las externas con Alcaldías municipales en su área de influencia, los departamentos, las Corporaciones Autónomas Regionales competentes, las autoridades mineras y otras entidades del sector público de interés.
- Buscar mecanismos de concertación entre la administración municipal, la comunidad y el proyecto minero; de tal forma que se aclaren las participaciones económicas, las responsabilidades, los deberes y los derechos.
- Participación del concesionario minero y su institución en aquellas actividades que considere importantes en su área de influencia y que tengan relación con su objeto social.
- Reconocimiento de la organización minera como único interlocutor válido.
- Selección de los proyectos o actividades, en los cuales participará la empresa.

4. Programa de Contratación de Mano de Obra:

En el desarrollo de las actividades de beneficio y transformación se requiere contratar personal de apoyo,



tanto calificado como no calificado. Esta situación puede ser positiva, si es vista como generación de empleo para la zona; pero también puede ser negativa, porque puede generar problemas de inequidad social y de inducción de migraciones humanas, acarreado otros conflictos sociales. La oferta de mano de obra no calificada, en la mayoría de las áreas donde se encuentran las minas y los sitios de almacenamiento y procesamiento, es bastante importante, por lo cual deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- La oficina de Recursos Humanos de la empresa, o la que cumpla estas funciones determinará las necesidades de mano de obra, con base en las solicitudes de las diferentes dependencias.
- Divulgación de las necesidades de mano de obra que puedan ser cubiertas por personal de la zona. Se recomienda tratar el tema de contratación de personal, en reuniones con la comunidad y con sectores organizados de la misma (Juntas de Acción Comunal, Cooperativas y otro tipo de organización local comunitaria). También es recomendable asesorarse de las autoridades locales y de la personería municipal.
- Incentivar los grupos asociativos que puedan servir de contratistas a la empresa o a otras instituciones de la región.
- La contratación de personal no calificado para la realización de las diversas labores de apoyo, debe darse prioritariamente con personal local.
- Debe establecerse claramente el perfil de las personas que se requieren para la obra y, hacer una selección objetiva de los solicitantes.

BTM - 07 - 11

Manejo Paisajístico

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL MITIGACIÓN CORRECCIÓN	Conminución, Homogenización, Operaciones auxiliares como transporte interno y manejo de escorias, colas y residuos peligrosos
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Las plantas de beneficio y transformación de minerales realizarán sus procesos industriales en armonía con el paisaje, adaptando barreras visuales que eviten el contraste de las pilas de mineral, piscinas, canales, grandes construcciones y maquinarias, con el paisaje natural predominante. El paisaje se armonizará desde lo visual, lo sonoro y lo olfativo para que las comunidades humanas cercanas y los sistemas naturales no se vean alterados por el proyecto.

Las medidas de manejo paisajístico reducirán su degradación al máximo y planearán actividades para su recuperación durante y después del proceso industrial. Las obras de formas geométricas o muy extendidas crean contrastes antiestéticos con las formas y líneas naturales del paisaje; por esta razón, se implementarán diseños y medidas de manejo productivo concordantes con la fisionomía del que es considerado como recurso visual y patrimonio colectivo. Para el manejo paisajístico se tendrán en cuenta los siguiente criterios:

- Armonizar el área de trabajo con el medio circundante, de forma que el observador ajeno a los proyectos mineros no tenga un impacto visual negativo o este sea mínimo.
- Las pilas de mineral, escorias y estériles se deben ubicar de tal forma que sean estructuras armonizadas al paisaje.



- Se buscará la integración al paisaje de las pilas de acumulación.
- Se deben establecer pantallas visuales que pueden ser de materiales estériles, de vegetación o mixtas. En las figuras 7.9. y 7.10 se describen los sistemas más empleados y tipos de pantallas visuales.
- Al final de la actividad industrial, la readecuación de los sitios usados en el apilamiento se realizará de acuerdo con las formas del terreno y las pendientes de las laderas.

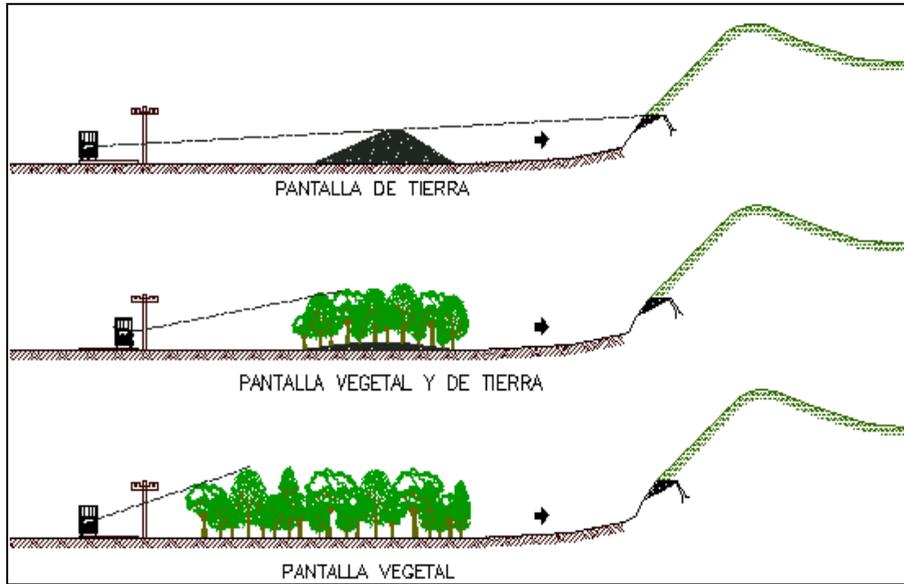


Figura 7.9 Tipos de pantallas visuales
Fuente : Adaptado de Guías Ambientales, Subsector Carbón. Ministerio del Medio Ambiente y Minercol Ltda., 2001.

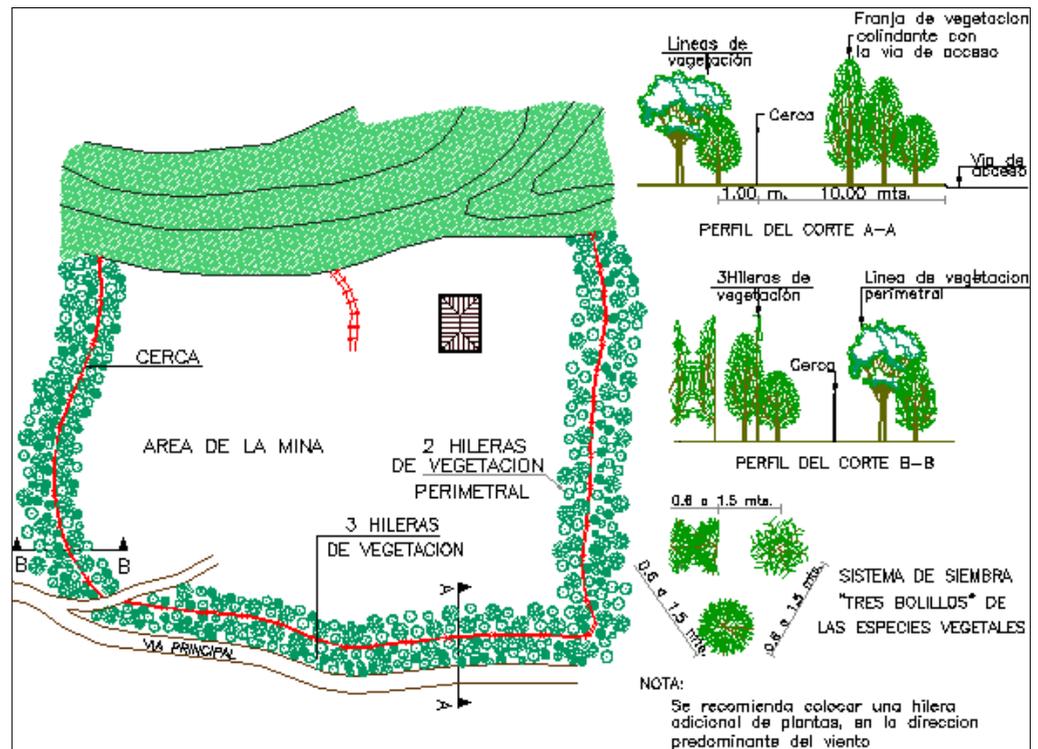


Figura 7.10 Tipos y ubicación de barreras vivas
Fuente : Guías Ambientales, Subsector Carbón. Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Minas y Energía 2001.



Utilizar geformas preexistentes como laderas, valles u otras depresiones naturales, con el fin de propiciar el ocultamiento de las escombreras.

- La construcción de edificaciones de los proyectos mineros, deberá realizarse en diseños concordantes con las características propias del entorno, utilizando materiales y arquitectura poco contrastante con el entorno biofísico y cultural. Un buen criterio que puede utilizarse con estos fines, está relacionado con el aprovechamiento de las geformas naturales.

Acciones para el modelado de las pilas de almacenamiento

1. Teniendo en cuenta que el ojo humano percibe más las dimensiones verticales que las horizontales, es aconsejable darle a las pilas de almacenamiento una forma alargada y de poca altura.
2. La distribución del material sobre una ladera en pendiente hace que en la parte más alejada del observador se aprecie una menor masa aparente.
3. La altura de las pilas de almacenamiento no deberá sobrepasar la cota altitudinal del entorno para que así no se destaque en la línea del horizonte.
4. Las líneas curvas sobre superficies suaves producen una intrusión visual menor que las líneas y cortes rectos sobre superficies planas, que acentúan formas y volúmenes.
5. Las litologías con colores fuertes y llamativos intensifican y agravan las sensaciones ópticas de los observadores, al contrastar con el colorido suave y vistosidad natural de suelos y vegetación.

La figura 7.11 muestra un esquema general de manejo paisajístico en el que contempla varios de los aspectos anteriores,

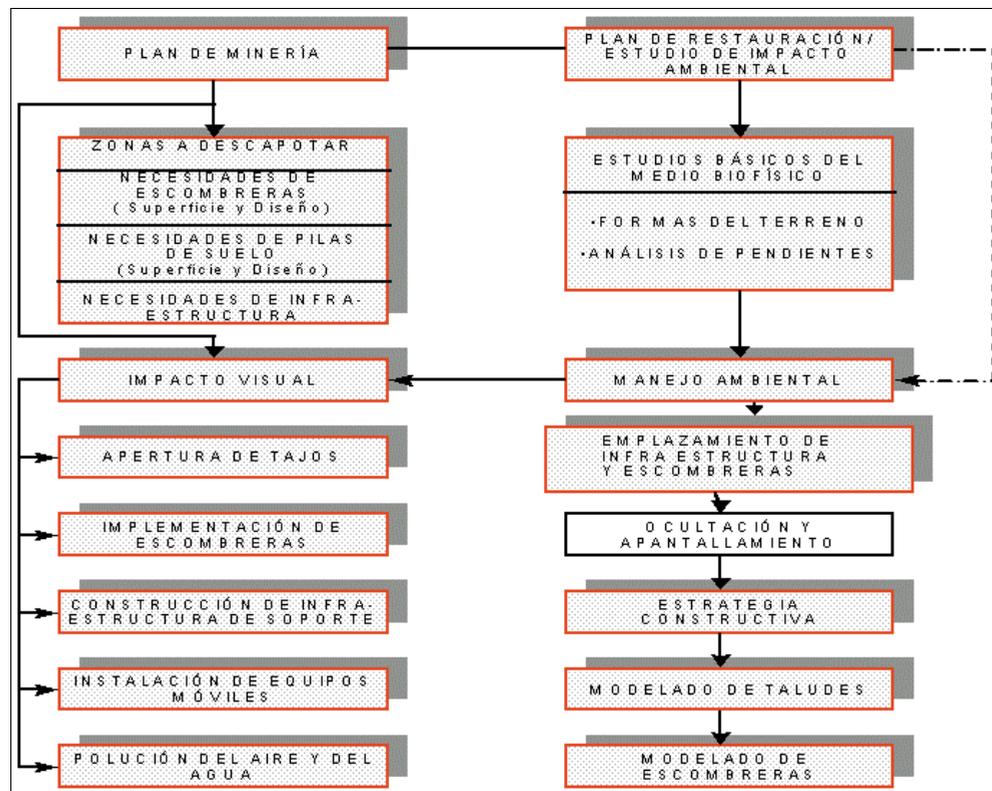


Figura 7.11. Procedimiento sugerido para el manejo del paisaje. Fuente: Guía Ambiental Carbón: Minería Cielo Abierto, MMA, 2001.



BTM 8

Seguimiento, Monitoreo y Evaluación

El monitoreo ambiental se hace después de que se establecen las medidas de manejo ambiental para el proyecto minero. Es un procedimiento válido para verificar la eficacia de la ejecución de dichas medidas. Para realizar el monitoreo se seleccionan indicadores específicos, por medio de los cuales se pueden identificar los cambios que está generando el proyecto. Los datos obtenidos en el monitoreo permiten reevaluar acciones con el fin de corregir, minimizar o mitigar las posibles afectaciones.

Objetivos

- Realizar mediciones sistemáticas y hacerle seguimiento a cada uno de los componentes, en los cuales, sus actividades produzcan impactos y frente a los que se implementan medidas de manejo
- Confrontar los resultados del monitoreo con los criterios de calidad establecidos por la normatividad ambiental vigente, o por los estándares de calidad que hayan sido adoptados por cada proyecto minero, con el fin de establecer la eficiencia y eficacia de las medidas de control y de manejo implementados. Esta evaluación deberá consignarse en informes que se rendirán

periódicamente tanto a nivel interno como externo.

Temporalidad

Durante los procesos industriales de beneficio y transformación de minerales.

Actividades a desarrollar

Las actividades a desarrollar están representadas en el diseño de un programa integral de monitoreo y, en la ejecución del mismo. Generalmente, los Estudios de Impacto Ambiental y, los Planes de Manejo Ambiental traen consigo el diseño de un Programa de Monitoreo y, en ocasiones, su implementación se presenta de manera temprana dentro de los estudios básicos de éstos. Estas primeras mediciones son de gran importancia, por cuanto pueden constituirse en niveles de referencia del comportamiento ambiental del área del proyecto antes de su instalación, o como mínimo, servirán de base para la reestructuración del programa de monitoreo, una vez se haya instalado el proyecto minero. En este capítulo se presentará un esbozo de la estructura general del programa de monitoreo, integrando los elementos ambientales objeto de medición.



Diseño del Programa de Monitoreo

Se sugiere considerar por lo menos, los aspectos referenciados en la tabla 8.1 para el diseño del programa de monitoreo ambiental.

ASPECTO	DESCRIPCION
Sitios de Muestreo	<p>En función de las características del componente o elemento ambiental a ser monitoreado, deberán seleccionarse los sitios de muestreo con un nivel de detalle acorde con el mismo, para obtener información idónea acerca de las fuentes de contaminación y/o alteración ambiental, así como de los niveles de afectación del medio, causados por las operaciones de beneficio y transformación de minerales. Un análisis cuidadoso de las fuentes de contaminación y/o alteración ambiental, sumado a las características del entorno ambiental y las transformaciones inducidas por el desarrollo de las actividades mineras, facilitará el proceso de selección de los sitios de muestreo. Los sitios deben ser de fácil acceso e identificación.</p>
Parámetros de Medición	<p>La selección de los parámetros de medición está determinada por las formas de contaminación y/o alteración ambiental (v.gr.parámetros físico-químicos para el caso de aguas), así como por la normatividad ambiental vigente. Los parámetros de medición para proyectos no están contenidos en las normas ambientales vigentes ni se encuentran estandarizados, por tal razón deben referirse de acuerdo a las características particulares del proyecto.</p>
Frecuencia de Muestreo	<p>La frecuencia de muestreo está relacionada con los ciclos de producción de agentes contaminantes, los cuales, a su vez, están determinados por los ciclos de operación de la actividad-fuente. La frecuencia de muestreo para proyectos estará determinada adicionalmente, por el régimen climático y, por la variación estacional de los períodos lluviosos. En algunos casos, las normas ambientales establecen de manera directa, la frecuencia con que deben hacerse las mediciones.</p>
Tipo de Muestras	<p>Para el caso de muestreos estandarizados, como los establecidos para calidad del aire o del agua, será necesario determinar el tipo de muestras que se van a tomar para su posterior análisis. Si se trata de vertimiento de aguas, las muestras podrán ser simples o compuestas, dependiendo de las características de la descarga, del régimen del flujo del vertimiento y del cuerpo de agua receptor. De todas maneras, independientemente del tipo de muestra seleccionado, se deberá garantizar que éstas sean representativas de las condiciones de alteración presentes en el momento de la descarga.</p> <p>Para la definición del tipo de muestra que se va a adoptar para el monitoreo de los componentes ambientales, deberán revisarse procedimientos estandarizados o que hayan sido aplicados en procesos similares. En todo caso, deben implementarse muestreos que provean información fidedigna sobre los procesos de alteración o contaminación ambiental.</p>



ASPECTO	DESCRIPCION
Equipo de Muestreo	El equipo de muestreo, deberá corresponder en la medida de lo posible a aquellos de utilización universal que proveen datos homologados a estándares. Los parámetros a monitorear, así como las características de los agentes que contaminan o alteran el medio ambiente, son determinantes en la selección de los equipos de medición.
Muestreo y Análisis	Deberá establecerse el tipo de parámetros que pueden ser medidos en los lugares de interés, tanto para garantizar la validez de las muestras, como para determinar, los requerimientos de equipos, materiales y dotación del laboratorio necesarios.
Aseguramiento de la Calidad de las Muestras	Con el fin de garantizar la calidad de las muestras y y su representatividad de las condiciones del terreno, deberá incluirse una rutina que deberá ejecutarse con una periodicidad adecuada, generalmente indicada por los fabricantes de equipos, constructores de estructuras, unidades de control, o por recomendaciones de carácter empírico, derivadas de experiencias similares. Las rutinas deberán considerar como mínimo la siguiente información: descripción del equipo, descripción del sistema de calibración de los equipos, frecuencia de calibración, procedimiento de control de calidad, precisión de datos y procedimientos de cálculo de la exactitud de los equipos.
Análisis de Laboratorio	Los parámetros seleccionados, así como las características de los factores de contaminación y/o alteración ambiental, determinarán el grado de equipamiento del laboratorio y los métodos de análisis que deberán utilizarse para el examen de las muestras. En todo caso, deberán emplearse métodos de utilización generalizada, cuando no estandarizados.
Registro e Informe de Resultados	Los resultados de las mediciones deberán consignarse en formatos debidamente diseñados para el efecto, en los cuales se controlen los resultados con estándares de calidad preestablecidos (legales, convencionales o corporativos) y se incluya la correspondiente interpretación. Este registro deberá llevarse de forma sistemática y rigurosa, de acuerdo con la frecuencia establecida para las mediciones y, deberá ser reportada, en períodos de tiempo adecuados, a las autoridades ambientales correspondientes y a las demás instancias internas que conforman el sistema de gestión ambiental corporativo.

Tabla 8.1 Aspectos para el diseño del programa de monitoreo ambiental.

Especificaciones del Programa de Monitoreo

En el Estudio de Impacto Ambiental de cada proyecto se definirán los parámetros a medir, los sitios de muestreo, los métodos de medición y la frecuencia del monitoreo. La autoridad ambiental se pronunciará para acogerlo o ajustarlo.

La Tabla 8.2 presenta una serie de parámetros ambientales que podrían conformar el programa para el desarrollo de esta actividad.



RECURSO	COMPONENTE	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTREO	FRECUENCIA
HÍDRICO	Agua potable	Color, olor y sabor, turbiedad, sólidos totales, nitritos, nitratos	En el sistema de distribución.	Mensual
	Agua residual doméstica	PH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos, DBO5	En el efluente final.	Trimestral
	Agua residual de la industria	PH, temperatura, material flotante, sólidos disueltos y suspendidos, metales pesados	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Mensual
	Agua residual de minería	PH, temperatura, DQO, DBO5	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Mensual
	Lixiviados del relleno sanitario	PH, Temperatura, DQO y DBO5	En el efluente final.	Mensual
ATMOSFÉRICO	Calidad del aire	Partículas suspendidas totales	Es necesario efectuar mediciones atmosféricas dentro y fuera de la explotación minera	Sistemas de disposición de residuos Observación y evaluación del funcionamiento del sistema elegido. Mensual
SUELO	Suelos	Características químicas y biológicas	En las pilas de suelo.	Semestral, una vez alcanzada su capacidad de diseño.
	Estériles	Características químicas y físicas	En los depósitos minerales.	De acuerdo con el modelo geológico y el Plan minero de corto plazo.
	Escombreras	Desprendimientos, desplomes, procesos erosivos, estabilidad de taludes.	Escombreras	De acuerdo con la capacidad de diseño y el desarrollo de la escombrera.
	Residuos sólidos domésticos	Recolección, transporte y disposición final de RSD. Manejo del Relleno Sanitario y manejo de lixiviados.	Áreas ocupadas del Proyecto y Relleno Sanitario.	Mensual
VEGETACIÓN	Area protegida	Perímetro de reserva e Inventario Forestal	Áreas boscosas sustraídas de la operación minera.	Semestral
	Deforestación	Inventario forestal detallado	En las áreas que van a ser descapotadas.	Antes de iniciarse cualquier descapote dentro del proyecto.
	Reforestación	Producción de plántulas y superficie plantada	Vivero, parcelas de experimentación y áreas a reforestar.	De acuerdo con la producción en vivero; calendario de siembra y/o transplante y período de estabilización.
PAISAJE	Intervención de áreas sensibles	Descapote, deforestación, construcciones, movimientos de tierra.	Áreas intervenidas para operaciones mineras o infraestructura de soporte.	De acuerdo con el desarrollo del Plan de Minería.
	Manejo integral del paisaje	Descapote, deforestación, construcciones, movimientos de tierra.	Áreas intervenidas para operaciones mineras o infraestructura de soporte.	De acuerdo con el desarrollo del Plan de Minería.
SOCIAL	Gestión Comunitaria	Actividades de apoyo a comunidades y proyectos interinstitucionales	Comunidades ubicadas en el área de influencia inmediata del proyecto minero, municipios y entidades regionales.	De acuerdo con la dinámica de la implementación del Plan de Gestión Social.

Tabla 8.2 Parámetros de seguimiento y monitoreo como referente para el Estudio de Impacto Ambiental

8.1 Informes de Avance y Cumplimiento

El concesionario minero presentará informes de avance y cumplimiento a las autoridades ambientales con el fin de dar a conocer el estado de ejecución y efectividad de las medidas que hacen parte del Plan de Manejo Ambiental; así como para verificar lo referente a los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales otorgadas para el uso y/o aprovechamiento de los



GUÍA MINERO AMBIENTAL DE BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

REVISION DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS DE AGUAS										FORMATO: IC-2a Hga de		
1. USO DEL RECURSO												
TIPO DE VERTIMIENTO		CAUDAL			DISPOSICION FINAL							PMA RELACIONADO
DOMESTICAS	INDUSTRIAL	AUTORIZADO	UTILIZADO	TIPO DE DISPOSICION FINAL	NOMBRE DE LA FUENTE RECEPTORA	COORDENADAS / ORIGEN	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS					
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA												
2. OTORGADO				3. EN TRAMITE								
No. Y FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO	AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE	VIGENCIA	TIPO		FECHA DE RADICACION	AUTORIDAD COMPETENTE						
			NUEVO	RENOVACION O MODIFICACION								
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO										5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL	6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL	7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL												
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR			
OBSERVACIONES GENERALES							NOMBRE: <u>PROFESIONAL RESPONSABLE</u> FIRMA:					

Tabla 8.4. Revisión del permiso de vertimientos de aguas.
Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.



GUÍA MINERO AMBIENTAL DE BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

REVISION DE LA CONCESION DE AGUAS											FORMATO: IC-2b Hoja ___ de ___	
1. USO DEL RECURSO												
FUENTE DE AGUA		CANTIDADES			CAPTACION						PMA RELACIONADO	
SUPERFICIA L	SUBTERRANEA	AUTORIZADO	UTILIZADO	TIPO DE CAPTACION	NOMBRE DE LA FUENTE	COORDENADAS / ORIGEN	VALOR DE LA	VALOR 1 %	TASA POR USO			
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA												
2. OTORGADO					3. EN TRAMITE							
No. Y FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO	AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA	TIPO		FECHA DE RADICACION	AUTORIDAD COMPETENTE				
					NUEVO	RENOVACION O MODIFICACION						
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO												
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL							5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL	7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS		
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR			
OBSERVACIONES GENERALES							PROFESIONAL RESPONSABLE					
							NOMBRE:					
							FIRMA:					

Tabla 8.5. Revisión de concesión de aguas

Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002. Tabla 8.6. Revisión de aprovechamiento forestal



REVISION DEL PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL								FORMATO: IC-2c Hoja de			
1. USO DEL RECURSO											
AUTORIZADO			APROVECHADA			LOCALIZACION	AREA TOTAL AFECTADA POR EL CAMBIO DE USO	NOMBRE DE LAS ESPECIES	PMA RELACIONADOS		
No.	AREA AFECTADA	VOLUMEN	AREA AFECTADA	VOLUMEN							
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA											
2. OTORGADO					3. EN TRAMITE						
No. Y FECHA ACTO ADMINISTRATIVO		AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA		TIPO		FECHA DE RADICACION		
							NUEVO RENOVACION O MODIFICACION				
									AUTORIDAD COMPETENTE		
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO											
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL								5. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL		6. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS	
No.	PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO				
OBSERVACIONES GENERALES								PROFESIONAL RESPONSABLE			
								NOMBRE:			
								FIRMA:			

Tabla 8.6. Revisión de aprovechamiento forestal
Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.



GUÍA MINERO AMBIENTAL DE BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

REVISION DEL PERMISO DE OCUPACION DE CAUCES										FORMATO: IC-2d Hoja ___ de ___	
1. USO DEL RECURSO											
TEMPORAL	PERMANENTE	OCUPACION		ACTIVIDADES QUE CAUSAN LA OCUPACION	NOMBRE DE LA FUENTE	COORDENADAS / ORIGEN	PMA RELACIONADO				
		DURACION DE LA OCUPACION	FECHA DE INICIO DE LA OCUPACION								
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA											
2. OTORGADO						3. EN TRAMITE					
No. Y FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO	AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA	TIPO		FECHA DE RADICACION	AUTORIDAD COMPETENTE			
					NUEVO			RENOVACION O MODIFICACION			
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO											
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL							5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL	7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS	
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR		
OBSERVACIONES GENERALES							PROFESIONAL RESPONSABLE				
							NOMBRE:				
							FIRMA:				

Tabla 8.7. Revisión de ocupación de cauces

Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.



GUÍA MINERO AMBIENTAL DE BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

REVISION DEL PERMISO DE EMISIONES ATMOSFERICAS											FORMATO: IC-2e Hoja ___ de ___		
1. USO DEL RECURSO													
TIPO DE EMISION			TIPO DE COMBUSTIBLE				DESCARGA		PRESION BAROMETRICA mm Hg		PMA RELACIONADOS		
No.	FUJA	MOVIL					ALTURA DE LA CHIMENEA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)					
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA													
2. OTORGADO						3. EN TRAMITE							
No. Y FECHA ACTO ADMINISTRATIVO		AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE				VIGENCIA		TIPO		FECHA DE RADICACION		AUTORIDAD COMPETENTE	
								NUEVO		RENOVACION O MODIFICACION			
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO													
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL								5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL		7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS	
No.	PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR			
OBSERVACIONES GENERALES								NOMBRE: <u>PROFESIONAL RESPONSABLE</u> FIRMA:					

Tabla 8.8. Revisión de Emisiones Atmosféricas
Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.



8.2 Indicadores de Gestión Ambiental

Para la evaluación de la gestión ambiental de un proyecto minero se necesita la determinación de indicadores ambientales que dependen del tipo de minería. Estos deben ser identificados y evaluados entre las entidades del gobierno y los gremios mineros.

A manera de ejemplo y como referente técnico, se presentan en esta sección los indicadores de Gestión Ambiental, tomados de las Guías elaboradas por MMA y MINERCOL en el año 2001. Cada uno de los indicadores se concertó con autoridades y gremios ambientales y mineros; se hace alusión a ellos, por cuanto evalúan la Gestión Ambiental de la planificación ambiental realizada.

La evaluación de la Gestión Ambiental del proyecto minero, basada en indicadores ajustados a una realidad ambiental, permite mayor seguridad en la inversión, y más efectividad en las actividades industriales de beneficio.

Objetivos

Los objetivos fundamentales de esta etapa se pueden resumir así:

- Realizar una evaluación de la Gestión Ambiental en cuanto a la efectividad y eficacia de manejo propuestos inicialmente.
- Identificar las estrategias preventivas o correctivas y modificar, si es permitente, el Plan de Manejo Ambiental.
- Obtener un indicador general de gestión ambiental que permita evaluar fácil y rápidamente el nivel de la empresa, posicionarse en el sector de acuerdo con el avance en el tratamiento e internalización de la dimensión ambiental y establecer las

bases para la continuación del ciclo, en el sentido de lograr el mejoramiento continuo de las condiciones ambientales en las que se desarrolla la actividad.

Tipo y Aplicación de Indicadores Ambientales

La aplicación de indicadores permite la integración de resultados del examen de una situación en particular, simplifican la presentación de la información y facilitan su interpretación y confrontación con información derivada de otros proyectos o actividades que impactan el entorno medioambiental o parte de sus componentes.

Los indicadores pueden ser simples o compuestos. Los primeros de ellos pueden estar representados por el valor de una medición (p.e, concentración de sólidos en suspensión), en tanto que los segundos están conformados por dos o más medidas que pueden representar condiciones de calidad o presencia de agentes contaminantes.

La utilización de indicadores ambientales ofrece ventajas por cuanto permite comparar la calidad ambiental de un parámetro medible, de un componente ambiental en función de uno o más agentes contaminantes o de un proyecto en general. A continuación se hace un recuento de los principales indicadores ambientales para la Gestión Ambiental.

El Indicador De Gestión Ambiental (IGA)

El indicador de gestión ambiental que se presenta en esta guía es una expresión que permite integrar el nivel de desempeño de la



empresa en relación con tres aspectos que se consideran vitales para determinar la respuesta de las entidades ante sus responsabilidades ambientales, ellos son:

- El grado de ejecución y cumplimiento del plan de manejo ambiental que hace parte de los trabajos de beneficio y transformación.
- El estado de legalidad ambiental de las actividades de la empresa, en cuanto a la obtención de permisos y autorizaciones requeridas para el desarrollo de los proyectos.
- El nivel de control de los impactos ambientales derivables de sus actividades.

Es necesario definir un indicador para cada uno de los aspectos mencionados e integrarlos en una sola expresión cuyo resultado refleje el nivel de gestión ambiental de la empresa, como se muestra en la figura 8.1.

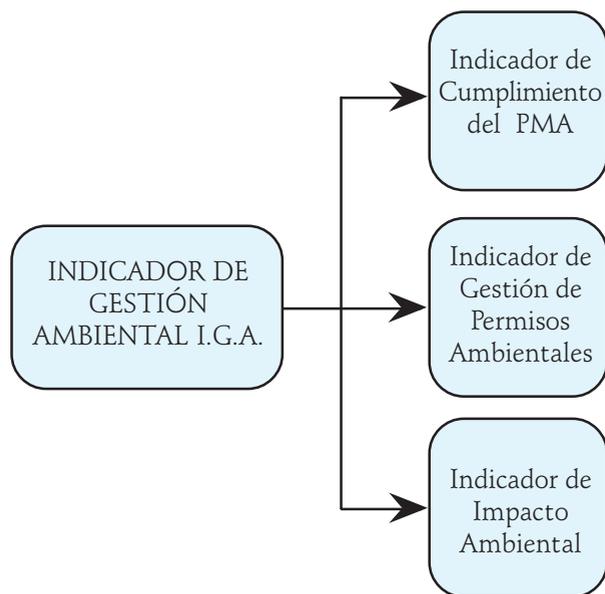


Figura 8.1. Indicadores de Gestión Ambiental (MMA & MINERCOL, Guías Ambientales Carbón. 2001)

Matemáticamente la expresión que se propone para el cálculo del I.G.A es:

- $I GA = I PMA * Fp PMA + I Permisos * Fp Perm. + I IA * Fp IA$
- I GA: Indicador de Gestión Ambiental: valor entre 0 y 100.
- I PMA: Indicador de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental: valor entre 0 y 100.
- Fp PMA: Factor de Ponderación del Plan de Manejo Ambiental
- I Permisos: Indicador de gestión de Permisos ambientales: valor entre 0 y 100.
- Fp Perm: Factor de ponderación permisos ambientales
- I IA: Indicador de impacto ambiental: valor entre 0 y 100.
- Fp IA: Factor de ponderación del impacto ambiental

La distribución de 100 unidades entre los Factores de Ponderación (Fp) corresponde a la importancia relativa inherente a cada uno de los componentes del IGA. Por ejemplo, se recomienda que al indicador de impacto ambiental se le asigne siempre el mayor factor de ponderación, puesto que en últimas el beneficio ambiental se obtiene, no tanto como resultado, de la obtención de todos los permisos sino por el control efectivo y la minimización del impacto sobre el ambiente.

En las secciones siguientes se presenta una discusión detallada de los conceptos básicos y la metodología sugerida para el cálculo de



los componentes del Indicador de Gestión Ambiental – IGA, cuya estructura aparece en la Tabla 8.9 a manera de ejemplo.

En el caso de indicadores de impacto ambiental I_k es necesario tener en cuenta que el beneficio y transformación de los diferentes grupos de minerales presentan impactos específicos que es necesario considerar dentro de los componentes secundarios.

Como parte del proceso de SGA es necesario evaluar la gestión realizada en la aplicación del Plan de Manejo Ambiental, para determinar las medidas correctivas y asegurar el cumplimiento del principal objetivo de la Gestión Ambiental, que es mejorar las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la actividad. Lo anterior deriva en la necesidad de formular un indicador que represente el grado de cumplimiento del Plan

COMPONENTES PRINCIPALES	COMPONENTES SECUNDARIOS	SÍMBOLO
Indicador del Plan de Manejo Ambiental (I_{PMA})	Indicador del plan de manejo biofísico Indicador del plan de gestión social Indicador del plan de monitoreo Indicador plan de contingencia	I_{PMB} I_{PCS} I_{PM} I_{PC}
Indicador de Permisos Ambientales (I_{PERM})	Permisos obtenidos Permisos requeridos	I_{perm} $I_{requerido}$
Indicador de Impacto Ambiental (I_{IA})	Indicador de impacto por vertimientos de aguas residuales de minería Indicador de impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas Indicador de impacto por manejo de escombreras Indicador de impacto por nivel de empleo	$I_{vert\ ARD}$ $I_{Vert.ARD}$ $I_{Deforestación}$ I_{Empleo}

Tabla 8.9 Ejemplo de la estructura del Indicador de Gestión Ambiental (IGA) para proyectos de explotación minera

8.2.1 Indicador de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental - I PMA

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es, el instrumento operativo para la planeación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA). En él se describen y se dan las especificaciones de las obras y acciones que se deben realizar para controlar, mitigar, o compensar los impactos generados por una actividad.

de Manejo Ambiental y permita determinar las causas que influyen en su desarrollo.

- *Componentes del PMA*

El Plan de Manejo Ambiental involucra cuatro componentes principales, a saber:

- *Plan de manejo del medio biofísico:* Incluye las obras y acciones dirigidas a controlar,



mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el medio biofísico: agua, aire, suelo, fauna, vegetación.

- *Plan de gestión social:* Contiene las especificaciones de las obras y acciones dirigidas a controlar, mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el ser humano y su entorno socioeconómico y cultural.
 - *Plan de monitoreo:* Contempla la definición de los parámetros del medio biofísico y social que deben ser evaluados periódicamente para verificar el comportamiento de los elementos ambientales y el cumplimiento de la normatividad.
 - *Plan de contingencia:* Se refiere a las estrategias y acciones de prevención y control de los eventos contingentes que puedan afectar a las personas, el ambiente o los bienes materiales.
- *Descripción del indicador*

El indicador propuesto para evaluar el nivel de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental considera cada uno de los componentes del manejo ambiental, como se indica enseguida:

$$I\text{ PMA} = [(I\text{ PMB} + I\text{ PGS} + I\text{ PM} + I\text{ PC})/4] * 100$$

En donde:

- I PMA: Indicador de cumplimiento del PMA, valor entre 0 y 100.
- I PMB: Indicador del plan de manejo biofísico, valor entre 0 y 1.
- I PGS: Indicador del plan de gestión social, valor entre 0 y 1.
- I PM: Indicador del plan de monitoreo, valor entre 0 y 1.
- I PC: Indicador del plan de contingencia, valor entre 0 y 1.

Ahora, para evaluar cada uno de los indicadores que conforman el I PMA se consideran dos aspectos básicos:

Grado de ejecución: Se refiere al nivel de ejecución del Plan de Manejo Ambiental, compara el número de obras terminadas, el número de equipos o sistemas adquiridos hasta el momento de la evaluación (NOAE) contra el número total de obras y equipos o sistemas contemplados en el Plan de Manejo Ambiental (NTOT).

Ejecución presupuestal: Compara el dinero invertido hasta el momento (R GAST) contra el dinero total presupuestado en el Plan de Manejo Ambiental (R PROG).

La evaluación de estos aspectos aplicada a cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental resulta en una expresión como la siguiente:

$$I\text{p-i} = [(N\text{ OAE}/N\text{ TOT}) + (R\text{GAST} / R\text{PROG})]/2$$

En donde:

- I p-i Indicador de cumplimiento del plan de manejo ambiental-i, en donde «i» se refiere a cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental; valor entre 0 y 1.
- N OAE Número de obras o acciones ejecutadas y equipo adquirido hasta el momento de la evaluación de acuerdo con el Manejo Ambiental.
- N TOT Número de total de obras, acciones o equipo programado según el Plan de Manejo Ambiental.
- R GAST Recursos gastados hasta el momento de la evaluación; valor en \$.
- R PROG Recursos totales presupuestados en el Plan de Manejo Ambiental; valor en \$.



Después de obtener el indicador para cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental, se calcula el promedio aritmético con el cual se definió el Indicador del Plan de Manejo Ambiental (I PMA). Se sugiere el promedio aritmético para darle una importancia igual a cada componente del Plan de Manejo Ambiental; sin embargo, se podrá analizar la posibilidad de incluir factores de ponderación a cada componente o establecer otro tipo de promedio.

8.2.2 *Indicador de Gestión de Permisos Ambientales - I. Permisos*

La legislación ambiental colombiana exige la obtención de licencia ambiental y de los correspondientes permisos y autorizaciones para la utilización y aprovechamiento de los recursos naturales que se requieran o puedan ser afectados en el desarrollo de un proyecto minero abierto. En consecuencia, la empresa interesada en ejecutar un proyecto de este tipo, o la que ya se encuentre en operación, debe mantener al día las obligaciones pertinentes para asegurar su legalidad ambiental.

- *Permisos ambientales requeridos en proyectos de exploración minera*

El número y la clase de permisos ambientales que se requieren para el desarrollo de un proyecto minero depende fundamentalmente de su localización geográfica y del tamaño de la operación. En virtud de estos factores, la autoridad ambiental determinará las exigencias particulares para:

- Intervenir ecosistemas sensibles o de alta fragilidad ambiental.
- Intervenir áreas en donde existan minorías étnicas.

- Efectuar apertura o rehabilitación de vías de acceso.
- Remover vegetación.
- Captar aguas superficiales o subterráneas
- Descargar vertimientos líquidos a cuerpos de agua.

- *Descripción del indicador*

Se propone un indicador sencillo que compara el número de permisos obtenidos con el número de permisos que se deben obtener. El valor será máximo cuando la cantidad sea igual, lo cual indicaría una buena gestión de la empresa.

$$I_{\text{Permisos}} = \left[\frac{\text{Permisos. Obtenidos}}{\text{Permisos. requeridos}} \right] * 100$$

En donde:

- I. Permisos: Indicador de gestión de Permisos Ambientales: valor entre 0 y 100.
- Permisos Obtenidos: Número de resoluciones o actos administrativos que respaldan los permisos obtenidos.
- Permisos Requeridos: Número de permisos requeridos para la actividad.

Todos los permisos ambientales se respaldarán con una resolución o acto administrativo emanado de la autoridad ambiental competente, en donde se señala, entre otros aspectos, el nombre del beneficiario, las condiciones sobre las cuales se considera válido, y su fecha de expiración.



8.2.3 *Indicador de Impacto Ambiental – IIA*

El indicador de impacto ambiental derivable de las actividades de un proyecto de minería a cielo abierto deberá expresar la eficiencia de la empresa en la mitigación y el control de las posibles alteraciones ambientales que se pueden causar. Se intenta relacionar, por ejemplo, el efecto de la liberación de las cargas contaminantes sobre las características ambientales en el área de influencia de la actividad teniendo en cuenta la capacidad asimilativa de los sistemas o elementos receptores de esas cargas.

- *Descripción del indicador*

El indicador del impacto ambiental de la minería a cielo abierto resulta del cálculo del promedio aritmético ponderado de cada uno de los indicadores de impacto identificados y sometidos a evaluación.

$$I_{IA} = [\sum I_i * UI_i] / 100 * n$$

En donde:

- I_{IA} Indicador global de impacto ambiental.: valor entre 0 y 100.
- I_i Indicador de impacto ambiental generado por el impacto i : valor entre 0 y 100.
- UI_i Unidades de importancia para el impacto i : valor entre 0 y 1.000
- n Número de parámetros evaluados

Las Unidades de Importancia (UI) tienen por objeto diferenciar la relevancia de un impacto con respecto a los demás. En la literatura se recomienda que sobre una base

de 1.000 puntos se asignen las UI a los diferentes impactos. A continuación se plantea un ejemplo para mostrar el proceso de cálculo del Indicador de Gestión Ambiental y de sus diferentes componentes.

8.2.4 *Ejemplo Ilustrativo para el Cálculo del Indicador de Gestión Ambiental - IGA*

Se presenta en esta sección el planteamiento hipotético de una empresa que maneja una explotación de minería a cielo abierto y precisa calcular el IGA. A partir de la identificación de la información necesaria en cada caso, se muestra el procedimiento de cálculo de cada uno de los componentes del Indicador de Gestión Ambiental y la integración de los mismos en un solo valor.

- *Cálculo del indicador del Plan de Manejo Ambiental*

Una empresa que realiza la explotación presenta la situación que se describe en la tabla 8.10 en relación con su gestión ambiental (Página siguiente).

Para calcular el indicador de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental se determina el indicador para cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental mediante la siguiente expresión:

$$I_{pma-i} = [(N_{OAE}/N_{TOT})PHP] + (RGAST / RPROG)]/2$$

Posteriormente se integran estos valores en el indicador global del PMA, así:

$$I_{PMA} = [(I_{PMB} + I_{PGS} + I_{PM} + I_{PC})/4] * 100$$



ACCIONES PROGRAMADAS REQUERIMIENTOS NORMATIVOS	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL
Plan de Manejo Biofísico: · Construcción de un canal perimetral al botadero · Construcción de una laguna para retención de sólidos · Construcción de una trampa de grasas · Charlas a personal para prohibición de caza en el área · Presupuesto: \$ 12.000.000	Realizado Realizado No se realizó No se realizó Inversión: \$ 10.000.000
Plan de Gestión Social: · Desarrollo de una estrategia de capacitación ambiental para los empleados de la empresa · Realización de un taller con personal vinculado al proyecto para informar sobre normas y requisitos ambientales del proyecto · Elaboración del programa de salud ocupacional · Presupuesto: \$ 2.000.000	Realizado Realizado No se realizó Inversión: \$ 500.000
Plan de Monitoreo: · Dos jornadas de muestreo y análisis de las características fisicoquímicas de las aguas de bombeo de la mina hacia las lagunas de retención · Presupuesto: \$ 4.500.000	Realizado Presupuesto: \$ 4.500.000
Plan de Contingencia: Divulgación de las medidas preventivas y de control en caso de emergencias Presupuesto: \$ 500.000	Realizado Presupuesto: \$ 500.000

Tabla 8.10. Ejemplo Gestión ambiental

El resultado de estos cálculos, para las condiciones del ejemplo, es el siguiente:

	N_{OAE}/N_{TOT}	R_{GAST} / R_{PROG}	I_{p-i}
I_{PMB}	2/4	10.000.000/12.000.000	0.66
I_{PGS}	2/3	500.000/2.000.000	0.46
I_{PM}	1/1	4.500.000/4.500.000	1.00
I_{PC}	1/1	500.000/500.000	1.00
$I_{PMA} = [(0.66+0.46+1.00+1.00)/4] * 100$			78

El I_{PMA} en este caso es de 78 unidades



• *Indicador de permisos ambientales*

La situación para el ejemplo es:

PERMISOS/AUTORIZACIONES REQUERIDAS	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE PERMISOS
Licencia ambiental	Se obtuvo
Permiso de vertimientos	Se obtuvo
Permiso de aprovechamiento forestal	Se obtuvo
Permiso de emisiones atmosféricas	No se tramitó
Concesión de aguas	No se tramitó

De conformidad con lo expuesto anteriormente, el indicador de permisos será:

$$I_{\text{Permisos}} = \left[\frac{\text{Permisos. Obtenidos}}{\text{Permisos. requeridos}} \right] * 100$$

$$I_{\text{Permisos}} = \frac{3}{5} * 100 = 60$$

El I_{Permisos} en este caso es de 60 unidades

• *Indicador de impacto ambiental*

La metodología de cálculo del IIA. se aplicará, de manera ilustrativa, para algunos de los impactos potenciales, seleccionados con base en la identificación y análisis de impactos previamente realizada.

Deterioro de calidad del agua por vertimiento de aguas residuales de minería, manejo de escombreras y generación de empleo.

Indicador de impacto de aguas residuales de minería.

Se supone que como resultado de las mediciones efectuadas se obtuvo la siguiente información:

pH	SDT (mg/l)	SST (mg/l)	Fe (mg/l)	SO4 (mg/l)
5.0	953	25	10.8	215

Los niveles de calidad ambiental correspondientes a estos datos se obtienen de la lectura de las funciones de transformación que presentan las fig. 8.2 a 8.6.

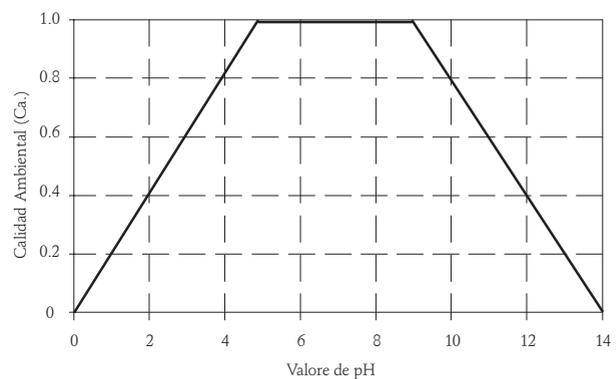


Fig. 8.2 pH vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

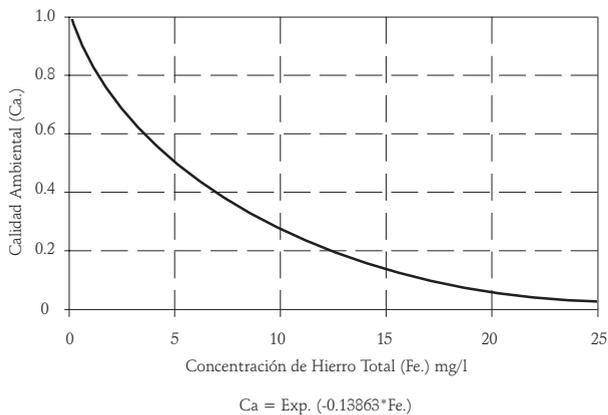


Fig 8.3. Concentración de Hierro Total vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

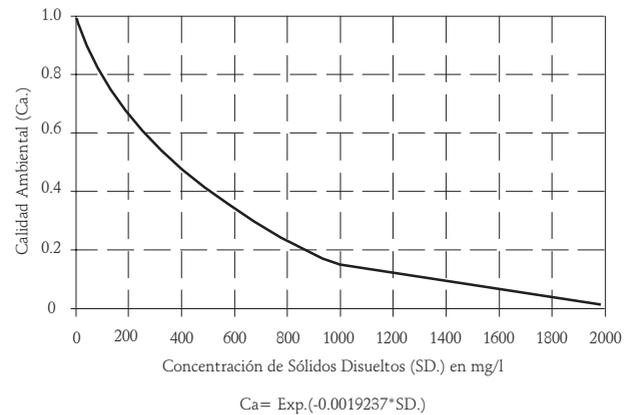


Fig 8.4. Concentración de Sólidos Disueltos vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

Se obtienen los siguientes valores en términos de Calidad Ambiental:

pH	SDT (mg/l)	SST (mg/l)	Fe (mg/l)	SO4 (mg/l)	Ca
1.0	0.15	07	0.2	0.7	2.75

Reemplazando el valor de Ca y aplicando la información relacionada con el caudal del vertimiento y el caudal del cuerpo receptor, se obtiene el valor del indicador por vertimiento de aguas residuales de minería (I vert. A M) el cual resulta ser de 0.54.

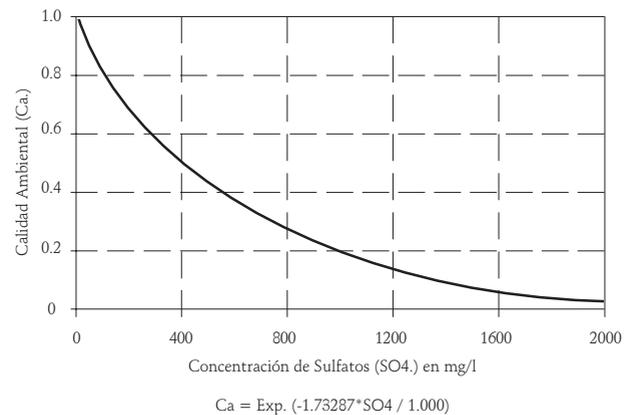


Fig 8.5. Sulfatos vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

Número de parámetros físico químicos del indicador	n	5
Promedio de calidad ambiental	(Ca.)/n	0.55
Promedio de caudal vertido (l/s)	Qvertido	100
Caudal cauce permanente donde se vierte (l/s)	Q ca	10000
Indicador de Impacto por Aguas Residuales de Minería: $I_{\text{vert. AM}} = [(Ca.) / n] * [1 - \{Q \text{ vertido} / Q \text{ ca}\}]$	$I_{\text{vert. AM}}$	0.54



- *Indicador de impacto por manejo de escombreras*

La información asumida para calcular este indicador es la siguiente:

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR/TIPO
Distancia pata botadero a cauce de agua	X	10 m
Tipo de cauce de agua	TC	Secundario
Altura del botadero (m)	H	8 m
Talud promedio del botadero (m/m)	T	1:1
Area de botadero reforestada (m ²)	Ar	200
Area total del botadero (m ²)	At	500

Los niveles de calidad ambiental correspondientes a estos datos se obtienen de la lectura de las Fig. 8.6 a 8.8.

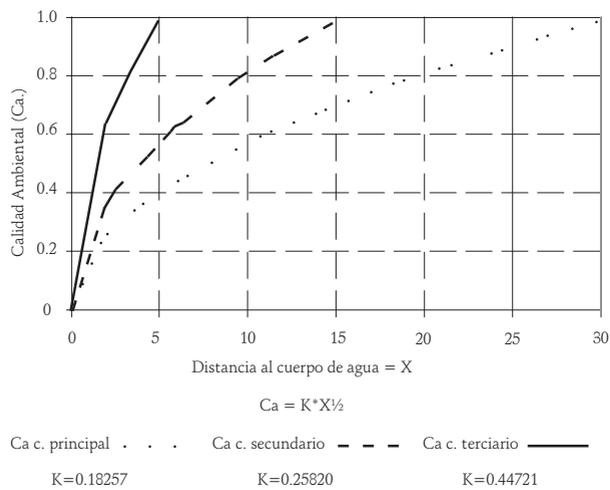


Fig 8.6. Distancia a cuerpo de agua vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

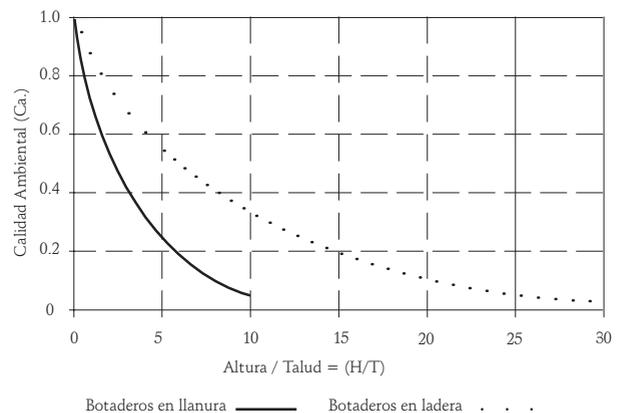


Fig 8.7. Geometría botadero vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

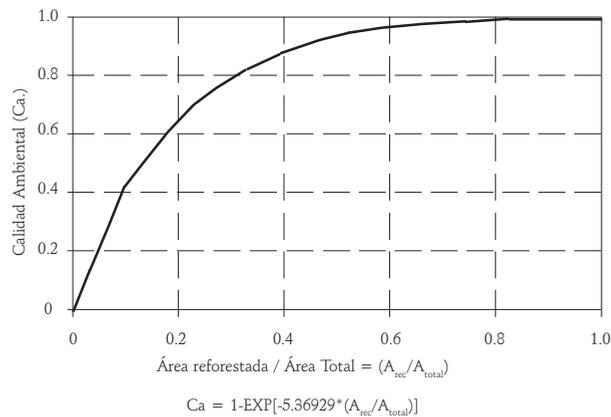


Fig 8.8. Area reforestada vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

La lectura de los valores de Ca provee el indicador de impacto ambiental por manejo de escombreras que resulta en un valor de 0.7, como se indica a continuación:

Calidad ambiental por distancia de la pata del botadero al cauce de agua (m) - Ca dca	0.8
Calidad ambiental por geometría del botadero - Ca gb	0.4
Calidad ambiental por reforestación - Ca ref	0.9
INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL POR MANEJO DE ESCOMBRERAS $Imb = [(Ca\ dca + Ca\ gb + Ca\ ref) / 3] * 100$	$0.7 * 100 = 70$

• *Indicador de impacto por nivel de ingresos*

Para calcular el valor de este indicador se supondrá la información relacionada a continuación:

PARÁMETRO	SIMBOLO	VALOR/TIPO
No. de empleados que ganan entre 1 y 2 salarios mínimos	a	35
No. de empleados que ganan entre 2 y 3 salarios mínimos	b	8
No. de empleados que ganan entre 3 y 4 salarios mínimos	c	4
No. de empleados que ganan entre 4 y 5 salarios mínimos	d	2
No. de empleados que ganan mas de 5 salarios mínimos	e	1
No. total de empleados	Nt	50



Ahora, se calcula el valor del Salario ponderado aplicando la ecuación:

$$\text{Salario ponderado: } Sp = (a+b*2+c*3+d*4+e*5) / Nt$$

y en la Fig. 8.9 se lee el valor correspondiente a la calidad ambiental – Ca:

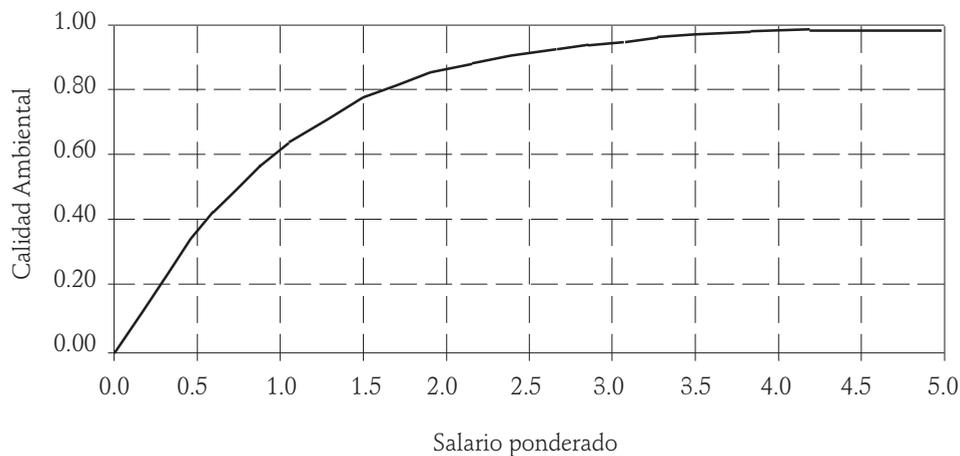


Fig 8.9 Salario ponderado vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

Calidad ambiental por nivel de ingresos: 0.75

Indicador de impacto ambiental por nivel de ingresos: $I.\text{ingresos} = Ca * 100$

$$I.\text{ingresos} = 75$$

• Valor del indicador de impacto ambiental

El cálculo del valor del indicador de impacto ambiental se efectúa mediante la siguiente ecuación:

$$I\ IA = [(I\ i * UI\ I) / 100 * n]$$

En donde:

- I IA Indicador global de impacto ambiental: valor entre 0 y 100.
- I i Indicador de impacto ambiental generado por el impacto i: valor entre 0 y 100.
- UI i Unidades de importancia para el impacto i: valor entre 0 y 1.000
- n Número de parámetros evaluados

La asignación de las Unidades de Importancia se basa, como se mencionó anteriormente, en la distribución de 1000 puntos entre los impactos identificados. Para el ejercicio ilustrativo se suponen los valores relacionados a continuación, sobre la base de un puntaje equitativo (500 puntos) tanto para el componente biofísico como para el socioeconómico:



COMPONENTE	IMPACTO POTENCIAL	UI
BIOFÍSICO (500)	Deterioro de calidad del agua por vertimiento de aguas residuales de minería Manejo de escombreras	100 50
SOCIAL(500)	Nivel de Ingreso	150

En el cuadro anterior la suma de las Unidades de Importancia no totalizan 1000 porque no se están teniendo en cuenta la totalidad de los impactos potenciales identificados.

Como resultado del cálculo citado, se obtiene que el valor de I_{IA} es de 28,5.

INDICADOR	VALOR I_i	UI	$I_i * UI$
I Vert.ARM	54	100	54
IMB	70	50	35
I.ingresos	75	150	112.5
SUMATORIA			201.5
I_{IA}			67,1

- *Indicador de gestión ambiental*

El valor del I_{GA} será de 42,2 unidades, el cual se obtiene aplicando la ecuación:

$$I_{GA} = I_{PMA} * Fp_{PMA} + I_{Permisos} * Fp_{Perm.} + I_{IA} * Fp_{IA}$$

INDICADOR	VALOR I_i	Fp_{PMA}	$I_i * Fp_{PMA}$
I_{PMA}	78	0,2	15.6
$I_{Permisos}$	60	0,1	6.0
I_{IA}	67.1	0,7	47
I_{GA}			68.6

El resultado indica que esta empresa podría mejorar su desempeño ambiental en cerca de un 32%.



BTM 9

Evaluación de Riesgos

9.1 Objetivos y Alcances

El plan de contingencia es el instrumento estratégico que identifica las situaciones de riesgo que puedan ocurrir por fuera de las condiciones normales de operación y define las acciones para su prevención y control. Asimismo, determina los recursos físicos y humanos, y la metodología necesaria para responder oportuna y eficazmente ante una emergencia.

Objetivos Específicos

Identificar las amenazas de los procesos o actividades de orden técnico, natural o antrópico, que puedan materializarse sobre los recursos empresariales, comunitarios y del medio ambiente para lo cual es necesario:

- Identificar los escenarios de riesgo en las diferentes etapas del proyecto y elaborar el mapa de riesgos.
- Estimar los riesgos y evaluar la vulnerabilidad de los recursos empresariales, comunitarios y del medio ambiente, ante las amenazas identificadas
- Formular un plan de emergencia que articule estrategias (procedimientos, recursos

e instrumentos) para la prevención, control y atención de los riesgos evaluados para las actividades del proyecto.

- Contribuir a la consolidación de una cultura de administración de riesgos, para asegurar los recursos empresariales, humanos, físicos y financieros, así como la información y la política empresarial.
- Capacitar y concientizar sobre posibles riesgos, al personal que participa en todas las actividades del proyecto, los grupos comunitarios y la población del área, para lograr el desarrollo de respuestas inmediatas, eficientes y coordinadas.
- Establecer los procedimientos, recursos y apoyos interinstitucionales necesarios para activar el plan de contingencia.
- Establecer un Banco de Información para la administración de riesgos e implementación del plan de contingencia (plan estratégico y plan operativo)

9.2 Lineamientos Generales

La estructura del plan de contingencia contempla los siguientes aspectos básicos: Plan estratégico, panorama de riesgos, definición de recursos para aplicación del plan de contingencia, plan operativo y plan informativo.



- *Plan estratégico:*

En este se describirá la operación del proyecto, los escenarios de riesgo asociados a su desarrollo, los alcances del plan, la cobertura, el organigrama operacional, la relación de las autoridades que se deben involucrar en una situación de emergencia y los mecanismos de comunicación.

- *El panorama de riesgos:*

Permite evaluar las posibles consecuencias y efectos de una contingencia y proponer soluciones selectivas, razonables y eficientes para atender una emergencia.

- *El recurso humano:*

Está representado usualmente por la brigada de control, que se despliega ante la ocurrencia de una emergencia. Cada uno de los integrantes de la brigada de control, debe estar capacitado y entrenado para su labor y cumplir con las funciones y responsabilidades asignadas. Los equipos son el segundo recurso más importante para el control de emergencias.

- *Plan operativo:*

Se formula de acuerdo con los escenarios de riesgos. Debe contemplar los mecanismos para la toma de decisiones en caso de emergencia, las acciones operativas, los procedimientos administrativos y la forma como se debe declarar la terminación de la emergencia.

- *Plan informativo:*

Contendrá la base de datos con la información básica que apoya los planes estratégico y operativo. Esta sección del plan de contingencia, debe contener al menos, la siguiente información:

- Cartografía (mapa de riesgos)
- Lista de equipos requeridos
- Lista de equipo auxiliar
- Lista de equipos de apoyo
- Lista de entidades de apoyo externo
- Directorio telefónico del grupo de control de emergencias

9.3 Plan Operativo

- Comunicaciones: Flujo de información entre los responsables del manejo y control de los riesgos.
- Acciones preventivas para evitar la emergencia.
- Acciones de control: Procedimientos específicos a seguir durante una emergencia. Incluye el listado de equipos para el control de emergencias.
- Información de apoyo: entidades del área de influencia del proyecto que pueden apoyar, en caso de emergencia, cartografía y rutas hacia centros de atención.



Figura 9.1 Procedimientos típicos en caso de emergencia. (Guía Ambiental Carbón: Exploración, MMA, 2001).



BTM 10

Bibliografía

AGGREGATE OPERATORS BEST MANAGEMENT PRACTICES HANDBOOK, Part II, Chapter 5-2: Planning Modules, Processing Module - PM

ANDREWS, P.R.A., 1991, Summary Report No. 14: Salt and Potash, Project 30.13.12 Summary Reports - Industrial Minerals, CANMET, Mineral Sciences Laboratories Division Report MSL 91-106 (R)

ANDREWS, P.R.A., VAGT O., 1993, Summary Report No. 20: Limestone, Calcite and Lime, Project 30.13.12 Summary Reports - Industrial Minerals, CANMET, Mineral Sciences Laboratories Division Report MSL 93-53 (R)

CANTER, Larry W. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. McGraw Hill. Madrid.

COLLINGS, R.K. ANDREWS, P.R.A., 1990, Summary Report No. 8: Talc and Pyrophyllite Project 30.13.12 Summary Reports - Industrial Minerals, CANMET, Mineral Sciences Laboratories Division Report MSL 90-18 (R)

COLLINGS, R.K. ANDREWS, P.R.A., 1989, Summary Report No. 7: Gypsum and Anhydrite, Summary Reports - Industrial Minerals, CANMET, Mineral Sciences Laboratories Division Report MSL 89-78 (R)

COLLINGS, R.K., 1991, Summary Report No. 12: Phosphate, Project 30.12.12 Summary Reports - Industrial Minerals, CANMET, Mineral Sciences Laboratories Division Report MSL 91-35 (R)

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - C.A.R., 2001- Guía de Presentación de Estudios de Impacto Ambiental en Minería a Cielo Abierto.

CUMMINS, A., GIVEN, I., 1973, SME Mining Engineering. Handbook, In Two Volumes, Volume 2. Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, New York

DAMAN, A.C., Modern Mineral Processing Flowsheets; Denver Equipment Company, Denver, Colorado



ECOCARBOÓN. 1995. Control de la Contaminación del Agua en la pequeña minería subterránea del Carbón. Informe de Diagnóstico, versión preliminar, Alvaro Orozco Asociados Ingenieros. Bogotá

ECOCARBOÓN. 1997. Minería Subterránea del Carbón. Bogotá

ENVIRONMENT CANADA, 1987, Mine and Mill Wastewater Treatment, Report EPS 2/MM/3, Ottawa, Ontario

ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY, 1995. Environmental Monitoring and Performance. De la serie Best Practice environmental Management in Mining. Australia.

GAUDIN A.M., 1939, Principals of Mineral Dressing, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York

GAYOSO, j. y ACUÑA, m. 1999. Guía de Campo. "Mejores Prácticas de Manejo Forestal". Universidad Austral de Chile. Valdivia. pp. 139.

GAYOSO, j., BASTIENNE, S. y ACUÑA, m. 2000. Guía de Conservación del Agua. Universidad Austral de Chile. Valdivia. pp. 139.

GHH - Fahrzeuge. We Carry all Loads.

HAHN, LEMBERG, DEKSNIS, Designing An Asbestos Mill; Canadian Mining Journal

HAWLEY J.R., 1977, The Use, Characteristics and Toxicity of Mine-Mill Reagents in the Province of Ontario, Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch, Toronto, Ontario

ICONTEC. 2002. Catálogo Normas Técnicas Colombianas. 356 pp.

INGEOMINAS, 1997, Colombia Mineral & Geological Potential Scenario 97

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía de Manejo Ambiental para el Sector Cementero,

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. 1989. Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería, 2ª edición. Madrid.

JENNINGS, I.L., 1964, Sand and Gravel - A Substitute for Gold?, Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Montreal, Quebec

KULA J., WISER, J.P., 1970, Msauli's New Asbestos Mill Recovers Fibers of 4 International Grades, World Mining

KENNEDY, B. 1990., Metallurgy and Exploration, Surface Mining. Society for Mining Inc. Littleton, Colorado, ". 2 ed.

LAKEFIELD RESEARCH LIMITED, SENES CONSULTANTS LIMITED, for DEPARTMENT OF INDIAN AND NORTHERN AFFAIRS CANADA, Applicable Technologies for the Management of Mining Effluents in the Northwest Territories

LARSON H.P., ROSS, L.W., 1976, Two-Stage Process Chemically Treats Mine Drainage to Remove Dissolved Metals, E/MJ Operating Handbook of Mineral Processing.



LEONARD G., AUSTIN y otro. "Diseño y Simulación de Circuitos de Molienda y Clasificación". Universidad de Concepción de Chile.

LI, T.M., 1975, Environmental Compliance Assures Future Production at Jaquays Asbestos Operation, Mining Engineers

MESA S., LUIS ALBERTO. "Aspectos fundamentales de los procesos hidrometalúrgicos e hidrometalurgia de los metales preciosos. Universidad Nacional, seccional Medellín, 1981.

MINERALCO S.A.; 1998, Mining in Colombia Gold, Emerald & Other Business

MINERCOL LTDA., UPME, INGEOMINAS, MEDC 2000, Minerales Estratégicos Para El Desarrollo De Colombia

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, SUBSECTOR MINERIA, 1998. Guía Ambiental para el Manejo de Cianuro. Dirección General de Asuntos Ambientales. Lima - Perú. 288 pp.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, SUBSECTOR MINERIA, 1998. Guía Ambiental para el Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera. Dirección General de Asuntos Ambientales. Lima - Perú. 90 pp.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Términos de referencia - Los trabajos de exploración (LTE) y programa de trabajos y obras (PTO) para minerales y rocas distintos a materiales de arrastre y de minería marina. Documento Provisional de Revisión y Discusión. Bogotá, abril 18 de 2002

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, MINERCOL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Guía Ambiental: Exploración. Bogotá, 2001.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, MINERCOL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Guía Ambiental: Carbón Minería a Cielo Abierto. Bogotá, 2001.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, MINERCOL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Guía Ambiental: Carbón Minería Subterránea. Bogotá, 2001.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 1998. Términos de Referencia para el Estudio de Impacto Ambiental para Exploración Minera. Bogotá.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 1995. Guía Técnica para el Manejo de Escombros en las Obras de Construcción. Unidad de Soporte para el Control de la Contaminación Industrial. Bogotá. 32 pp.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Términos de Referencia MIN 010. Plan de Manejo Ambiental para Exploración de Yacimientos Minerales. Santa fe de Bogotá.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía Ambiental para Proyectos de Transmisión de Energía Eléctrica. Bogotá.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica. Versión 02. Bogotá.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2000. Guía ambiental para las estaciones de servicio. Bogotá.



MULAR, A., Anderson, M., 1986, Design and Installation of Concentration and Dewatering Circuits. Society of Mining Engineers, Inc., Littleton, Colorado.

MULAR, A., BHAPPU R., 1978, Mineral Processing Plant Design, Published by Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, New York.

MURRAY H.H., 1965, Kaolin Mining and Processing, Society of Mining Engineers of AIME, Preprint 65H41, New York, New York

ORTIZ de U, F.1994. Fundamento de Laboreo de Minas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de minas. Fundación Gómez Pardo. pp 383

PLACER DOME INC. Proceso de Desarrollo de una Mina.

PRESCOTT P.I., PRUETT R.M., 1995, Ground Calcium Carbonate: Ore Mineralogy, Processing, and Markets, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Preprint 95-67, Littleton, Colorado

QUINN J.E., FRYE, G.C., Wyoming-Gulf Sulphur Corporation, Denver Equipment Division, Joy Manufacturing Company, Denver, Colorado

REPUBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL, 2001. Código de Minas (Ley 685 de agosto 15 de 2001). Edición UPME, Bogotá.

SALAMANCA, B y CAMARGO, G. 2000. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la Restauración de Ecosistemas Nativos en la Áreas Rurales de Santa Fe de Bogotá. Convenio. DAMA-FEBB.

SÁNCHEZ Z., LUIS EMILIO. "Operaciones unitarias en preparación de minerales". Universidad Nacional, seccional Medellín, 1984.

THOMAS, R., 1977, E/MJ Operating Handbook of Mineral Processing, Volume 1 - E/MJ Library of Operating Handbooks; E/MJ Journal Mining Informational Services, New York.

TONEY, T.A., FISH, L.R., BETHELL P.J., 1998, Increase Your Plant Recovery: More Efficient Spiral Circuits, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Preprint 98-84, Littleton, Colorado

WHITTAKER, B. N. and REDDISH, D. J., 1975. Manual para el Control de los Factores de Degradación Ambiental en la Minería Subterránea de Carbón,

WILLS, B.A., 1981, Mineral Processing Technology, Second Edition, An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery, Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW, England.