



Energía



Ambiente

GUÍA MINERO AMBIENTAL DE BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Omar Andrés Camacho Morales
Ministro de Minas y Energía

Kelly Johana Rocha Gómez
Viceministro de Minas

Violeta María Aguilar Abaunza
Directora de Formalización Minera

Pablo Yesid Fajardo Benítez
Director de Minería Empresarial

Luz Dary Carmona Moreno
Jefe de Oficina de Asuntos Ambientales
y Sociales

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

María Susana Muhamad González
Ministra de Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Sandra Patricia Vilarde Quiroga
Viceministra de Políticas y Normalización
Ambiental

Andrea Corzo Álvarez
Directora de Asuntos Ambientales,
Sectorial y Urbana

AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA

Luis Álvaro Pardo Becerra
Presidente

Jimena Patricia Roa López
Vicepresidente de Seguimiento, Control y
Seguridad Minera

María Piedad Bayter Horta
Vicepresidente de Promoción y Fomento

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ)

Agradecimientos

La Guía se actualizó con el apoyo de la Cooperación del Gobierno de Alemania, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en el marco del Proyecto Materias Primas y Clima "Instrumentos de política climática y medioambiental para promover la extracción de materias primas con bajas emisiones y un uso eficiente de los recursos en los países en desarrollo y emergentes" (MaPriC), en apoyo técnico al gobierno colombiano. Hubo participación del Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia Nacional de Minería y la Unidad de Planeación Minero-Energética, con quienes se coordinó y orientó la revisión y actualización de la Guía Minero Ambiental de Exploración, en concordancia con la legislación minera y ambiental vigente.

Los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, agradecen al consultor de Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Elías Pinto Martínez y los aportes técnicos recibidos. Al doctor Sergio Ruiz Coordinador del Programa Materias Primas y Clima y a Patricia Dávila Pinzón asesora de este programa que durante el año 2020 hasta el 2022 propiciaron y acompañaron esta cooperación.

Aportes Técnicos

2020-2022

Ministerio de Minas y Energía - Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales, Dirección de Minería Empresarial

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana

Agencia Nacional de Minería

Unidad de Planeación Minero-Energética

2023

Ministerio de Minas y Energía

Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales

Oficina Asesora Jurídica

Dirección de Minería Empresarial

Dirección de Formalización Minera

Agencia Nacional de Minería

Unidad de Planeación Minero-Energética

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Diagramación y diseño

GIZ - Puntoaparte

Oficina de Comunicaciones y Equipo Pedagógico Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales Ministerio de Minas y Energía

Oficina de Comunicaciones ANM

Bogotá, 2023

Tabla de Contenido

_Toc149030509

1	<i>Introducción</i>	6
2	<i>Antecedentes</i>	8
3	<i>Ámbito de aplicación de la Guía Minero Ambiental de Beneficio y Transformación</i>	8
3.1.	Uso de la Guía.....	9
4	<i>Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales renovables</i>	10
5	<i>Procesos de beneficio</i>	12
5.1	Lavado.....	13
5.2	Conminución.....	13
5.2.1	Trituración	13
5.2.2	Molienda.....	13
5.3	Homogenización	13
5.3.1	Prehomogenización.....	13
5.3.2	Homogenización	13
5.4	Clasificación.....	14
5.4.1	Clasificación en fluido	14
5.5	Concentración	14
5.5.1	Gravimétrica.....	14
5.5.2	Por flotación.....	15
5.5.3	Separación magnética	15
6	<i>Procesos de transformación</i>	15
6.1	Hidrometalurgia.....	16
6.2	Pirometalurgia	16
6.2.1	Lixiviación.....	17
6.2.2	Separación líquido-sólido	17
6.2.3	Purificación.....	17
6.2.4	Clarificación	18
6.2.5	Precipitación	18
6.2.6	Aglomeración.....	18
6.2.7	Deshidratación.....	18
6.2.8	Secado.....	19
6.2.9	Calcinación y tostación	19
6.2.10	Fundición	19
6.2.11	Refinado y electro-refinado.....	19

6.2.12	Extracción eléctrica	19
6.2.13	Coquización.....	20
7	<i>Procesos de Beneficio y Transformación</i>	<i>20</i>
7.1	Metales preciosos.....	20
7.2	Metales básicos.....	23
7.3	Materiales industriales	23
7.4	Materiales de construcción.....	25
7.5	Dragado (aluvión)	25
7.6	Minerales energéticos	26
8	<i>Identificación y evaluación de posibles impactos que pueden presentarse en el desarrollo del Beneficio y la Transformación– A cargo de MinAmbiente.....</i>	<i>26</i>
9	<i>Fichas de manejo ambiental.....</i>	<i>32</i>
10	<i>Seguimiento Ambiental.....</i>	<i>47</i>
11	<i>Seguimiento y fiscalización de títulos mineros.....</i>	<i>48</i>
12	<i>Anexos.....</i>	<i>50</i>
12.1	<i>Normatividad minera y ambiental.....</i>	<i>50</i>
12.2	<i>Impactos, medidas de manejo, indicadores y ejemplos fichas ambientales</i>	<i>50</i>
12.3	<i>Glosario y otros.....</i>	<i>50</i>
13	<i>Apéndice.....</i>	<i>50</i>
13.1	<i>Determinantes Ambientales - a cargo de MinAmbiente.....</i>	<i>50</i>
14	<i>Bibliografía.....</i>	<i>50</i>

1 Introducción

La presente Guía Minero Ambiental de Beneficio y Transformación, a diferencia de otras guías ambientales¹, fue creada con fuerza de ley a través del Código de Minas en 2001, adoptadas en el 2002 mediante la Resolución 180861 de los Ministerios de Minas y Energía y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Así, se articularon normas, gestiones y medidas que apoyan el desarrollo de la minería, aplicables a cualquier mineral de cualquier tamaño. Esta guía tiene un enfoque orientador que busca introducir al concesionario en los aspectos pertinentes al desarrollo de un proyecto minero según sus características específicas y condiciones del área minera contratada, incorporando las mejores técnicas disponibles, las mejores prácticas ambientales y los conceptos de economía circular, entre otros.

Esta guía se establece como un instrumento adicional a los términos de referencia de tipo minero para el beneficio y transformación; es decir que tiene finalidades complementarias para la elaboración y ejecución del manejo ambiental en la propuesta de los trabajos de beneficio y transformación. Estas deben ser adaptadas a las particularidades del tipo de proyecto minero, a la clase de mineral, al método de beneficio y transformación y a su clasificación, aplicables independiente de la magnitud de la minera objeto de exploración (pequeña, mediana, gran minería o las demás clasificaciones establecidas por la autoridad competente). La Guía es útil para llevar a cabo las operaciones de beneficio y transformación 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; esta se suma a otros instrumentos mineros como los términos de referencia y manuales, establecidos por el Ministerio de Minas y Energía, la Agencia Nacional Minera y el Servicio Geológico Colombiano.

Es importante resaltar que la aplicación de esta guía contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) entre los cuales se destacan fin de la pobreza, trabajo decente y crecimiento económico, industria, innovación e infraestructura, reducción de las desigualdades y producción y consumo responsable, entre otros². De igual forma, contribuye a la aplicación de los principios mineros orientadores como las Prácticas Éticas de Negocios, Gestión del Riesgo, Desempeño Ambiental, Conservación de la Biodiversidad y Desempeño Social, entre otros³.

Es importante resaltar que la actualización de esta guía se sustenta en los avances técnicos y normativos que desde el año 2002 hasta la fecha han adelantado los sectores minero y ambiental para el mejoramiento del desempeño de la actividad minera en el país y se afianza en el marco del cumplimiento de la sentencia del Consejo de Estado proferida el pasado 4 de agosto de 2022, asimismo se basa en las transformaciones del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”.

La mencionada decisión judicial, se sustenta en una visión sistémica, estructural y amparando los derechos colectivos al ambiente sano, el equilibrio ecológico, la defensa del patrimonio público, el aprovechamiento racional de los recursos naturales, la conservación de las especies animales y vegetales, y la protección de áreas de especial importancia

¹ Guías ambientales para sectores de industria, agropecuarios, entre otras.

² Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

³ Como los del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) que es una organización internacional dedicada a promover una industria minera y metalúrgica segura, justa y sostenible.

ecológica. Esta sentencia establece: “*ORDENAR al Ministerio de Minas y Energía y al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que, en el término de (1) año, contado a partir de la ejecutoria de esta providencia, actualicen las guías minero-ambientales y los términos de referencia con el propósito de ajustarlos a lo dispuesto en el artículo 19 de la ley 1753 de 2015. Estos documentos incluirán un apéndice en el que se definirán determinantes ambientales por tipo de extracción, según sus impactos ambientales específicos.*”, con el propósito de atender los problemas relacionados con: “*(i) el insuficiente ordenamiento territorial minero-ambiental; (ii) la desarticulación institucional, y (iii) las debilidades del modelo de control y fiscalización de los títulos mineros*”. (Acción Popular 2013-02459-01, 2022)

En esta actualización se evidenció la necesidad de redoblar esfuerzos por parte del sector para atender retos de gran envergadura relacionados con la efectiva prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos sociales y ambientales, con el enfoque de una minería responsable; por tanto, resulta indispensable contemplar acciones para prevenir y manejar los impactos de la intervención humana sobre los ecosistemas, mitigar los efectos sobre la pervivencia étnica, física y cultural de las comunidades y la prevención de los conflictos sociales y culturales. Es así como esta guía se armoniza con los enfoques de la Política Minera Nacional y los lineamientos sectoriales en materia de derechos humanos, género, la estrategia de relacionamiento territorial para una participación significativa y adecuada de las partes interesadas, así como con las políticas de cambio climático y gestión del riesgo.

2 Antecedentes

Desde la adopción de las Guías Minero Ambientales del 2001 a través de la Resolución 180861 de 2002, expedida por el Ministerio de Minas y Energía, a la fecha, se han creado o actualizado instrumentos jurídicos y técnicos desde el sector minero y ambiental que apoyan el desarrollo de la minería aplicables a cualquier mineral de cualquier tamaño y buscan mejorar la planificación y proyección de las actividades mineras durante la exploración incorporando mejores técnicas disponibles las mejores prácticas ambientales y los conceptos de economía circular, entre otros.

En las ilustraciones 1 y 2 se muestran los principales hitos en el desarrollo de instrumentos mineros posteriores a la emisión de la Resolución 180861/02.

Ilustración 1. Instrumentos mineros posteriores a la Resolución 180861/02

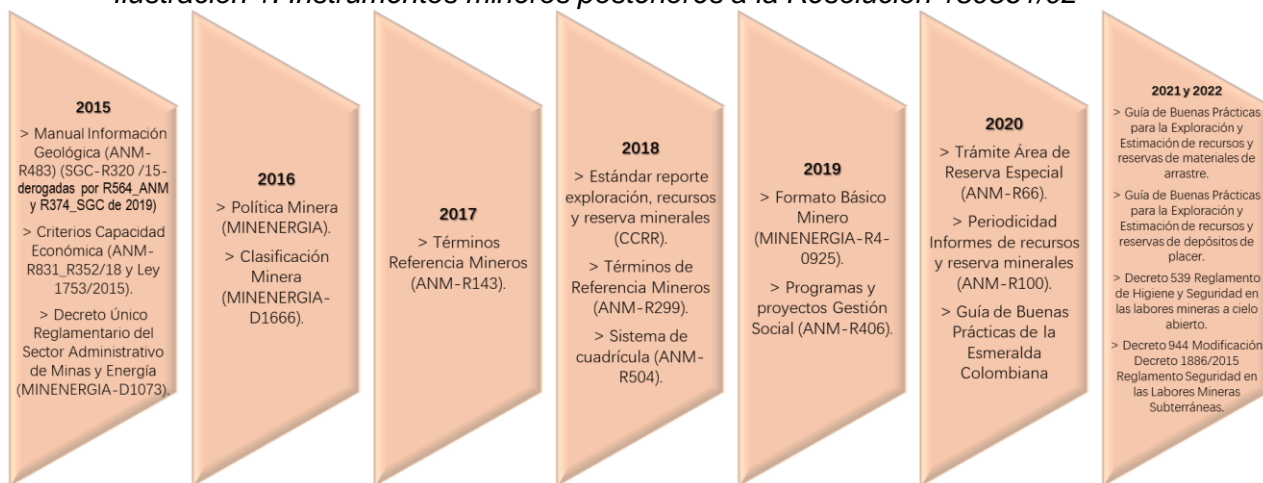


Ilustración 2. Instrumentos ambientales posteriores a la Resolución 180861/02

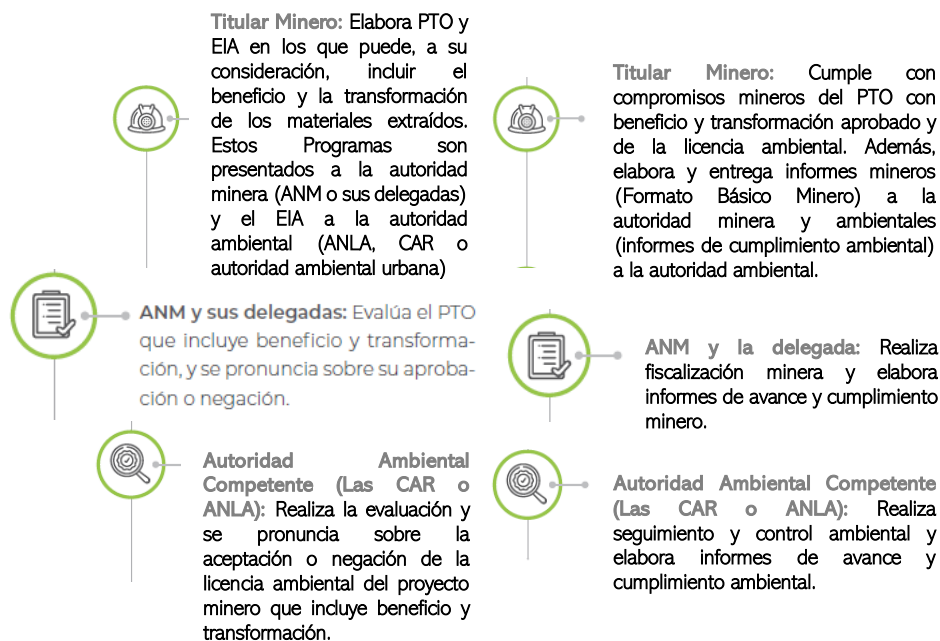


3 Ámbito de aplicación de la Guía Minero Ambiental de Beneficio y Transformación

La Guía de Beneficio y Transformación es una herramienta de obligatoria consulta y aplicación para los titulares mineros inscritos en el Registro Minero Nacional, puesto que

dentro del Programa de Trabajos y Obras (PTO) y el estudio de impacto ambiental (EIA) se puede incluir el beneficio y la transformación de minerales, de acuerdo con lo considerado desde la planeación del proyecto para su posterior implementación.

Ilustración 3. Roles asociados al uso de la Guía Minero Ambiental de Beneficio y Transformación



Fuente: elaboración propia con base en la Ley 685/01 y el Decreto 1076/15.

3.1. Uso de la Guía

La guía Minero Ambiental de Beneficio y Transformación aplica a los proyectos mineros en los cuales el concesionario minero⁴ o interesado incluye estos procesos. Por lo tanto, es un instrumento complementario a los términos de referencia mineros y ambientales — elaborados y establecidos oficialmente por la ANM y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible— que sirven para orientar la elaboración del PTO y EIA por parte del minero, además de la posterior aprobación o negación del PTO y el otorgamiento o la negación de la licencia ambiental. De hecho, el Código de Minas contempla las guías minero ambientales como un instrumento obligatorio de consulta y orientación de carácter conceptual, metodológico y procedimental para la planeación, ejecución y el seguimiento de diversos procesos, entre ellos el beneficio y la transformación de los minerales.

Se precisa que el contenido y los procedimientos contenidos en esta Guía tendrán como objeto facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades y de los particulares, aclarando que la no sujeción a ellos, en cuestiones simplemente formales, no dará lugar al rechazo o dilación de la correspondiente solicitud, estudio o decisión.

Esta Guía de Beneficio y Transformación tiene un enfoque orientador y de carácter conceptual y metodológico para mejorar la gestión, manejo y desempeño minero-ambiental

⁴ Es necesario precisar conceptual y legalmente este sujeto

por medio de mejores prácticas ambientales y mejores técnicas disponibles aplicables para el desarrollo de las actividades de beneficio y transformación de minerales, la cual debe ser adaptada a las particularidades del tipo de proyecto minero, a la clase de mineral, al método de beneficio y transformación; y a su clasificación objeto de exploración, es decir, a la pequeña, mediana, gran escala o las demás clasificaciones establecidas por la autoridad competente⁵.

Esta Guía minero –ambiental para beneficio y transformación debe ser tenida en cuenta junto a otros instrumentos mineros como los términos de referencia y manuales, establecidos por el Ministerio de Minas y Energía, la Agencia Nacional Minera, el Servicio Geológico Colombiano y la autoridad ambiental competente en el área del proyecto.

4 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales renovables

En cuanto a permisos, concesiones y autorizaciones para el aprovechamiento de los recursos naturales, estos se incluyen en el EIA y, por lo tanto, van a quedar autorizados en la licencia ambiental. En consecuencia, en la elaboración del EIA se debe presentar como mínimo la información requerida en los Formularios Únicos Nacionales existentes para tal fin, para aquellos casos que el proyecto incluye la extracción, el beneficio y la transformación.

Si fuere el caso que solo se va a desarrollar la transformación y no le aplica licencia ambiental, de acuerdo con el Decreto 1076/15, se deberá obtener los permisos de uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables. En la Ilustración 4 se indica cómo acceder al procedimiento específico que aplique.

De acuerdo con la Ley 373 de 1997, “Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico”, y a la Política de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), se debe presentar el programa de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas, al igual que el programa para el uso eficiente de la energía.

Video ANLA:

<http://www.anla.gov.co/permiso-y-autorizacion-construccion-obras-cauce-o-deposito-agua>

La gestión minera progresivamente ha venido impulsando el fortalecimiento de la minería, para lo cual ha formulado documentos técnicos orientadores que complementan y precisan detalles, opciones y recomendaciones. Estos pueden ser consultados a través de la web, y entre ellos están los siguientes:

Ilustración 4 Permisos de uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables

⁵ De acuerdo con lo establecido en la Resolución 1666 de 2016 o aquella que la modifique o sustituya.



Concesión de agua superficial

Es el Permiso que otorga la Autoridad Ambiental para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas superficiales para fines de:

Abastecimiento en los casos que requiera derivación • Riego y silvicultura • Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera de derivación • Uso industrial • Generación térmica o nuclear de electricidad • Explotación minera y tratamiento de minerales • Explotación petrolera • Inyección para generación geotérmica • Generación hidroeléctrica • Generación cinética directa • Flotación de madera • Transporte de minerales y sustancias tóxicas • Agricultura y pesca • Recreación y deportes • Usos medicinales • Otros usos similares



Permiso de Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas

Es la Actividad de Prospección y Exploración que incluye perforaciones de prueba en busca de agua subterránea con miras a su posterior aprovechamiento. Los permisos de exploración de aguas subterráneas no confieren concesión para el aprovechamiento de las aguas, pero darán prioridad al titular del permiso de exploración para el otorgamiento de la concesión en la forma prevista en el Decreto Único 1076 de 2015.



Permiso de Emisiones Atmosféricas para Fuentes Fijas

El permiso de emisión atmosférica para fuente fija es el que concede la Autoridad ambiental competente, mediante acto administrativo, para que una persona natural o jurídica, pública o privada, dentro de los límites permisibles establecidos en las normas ambientales respectivas, pueda realizar emisiones al aire. El permiso sólo se otorgará al propietario de la obra, empresa, actividad, industria o establecimiento que origina las emisiones.

Los permisos de emisión por estar relacionados con el ejercicio de actividades registradas por razones de orden público no crean derechos adquiridos en cabeza de su respectivo titular, de modo que su modificación o suspensión, podrá ser ordenada por las Autoridades ambientales competentes cuando surjan circunstancias que alteren sustancialmente aquellas que fueron tenidas en cuenta para otorgarlo, o que ameriten la declaración de los niveles de prevención, alerta o emergencia.



Permiso de vertimiento

Es el permiso para realizar la disposición final de los residuos líquidos, generados en desarrollo de una actividad o servicio, los cuales generan un vertimiento a las aguas superficiales, marinas o al suelo, previo tratamiento y cumplimiento de las normas de vertimientos contempladas en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental 1076 de 2015.



Ocupación de cauces

La construcción de obras hidráulicas, que ocupen el cauce de una corriente o depósito de agua requiere tramitar una solicitud de Permiso de Ocupación de Cauces. Igualmente se requerirá permiso cuando se trate de la ocupación permanente o transitoria de playas.



Aprovechamiento forestal

Es el permiso que se otorga para que se realice la extracción de productos maderables de un y comprende desde la obtención hasta el momento de su transformación. De acuerdo con el Artículo 2.2.11.3.1. del Decreto 1076 de 2015, las clases de aprovechamiento forestal son:

Únicos. Los que se realizan por una sola vez, áreas en donde con base en estudios técnicos se demuestre mejor aptitud de uso del suelo diferente al forestal o cuando existan razones de utilidad pública e interés social, los aprovechamientos forestales únicos pueden contener la obligación de dejar limpio el terreno, al término del aprovechamiento, pero no la de renovar o conservar el bosque.

Persistentes. Los que se efectúan con criterios de sostenibilidad y con la obligación de conservar el rendimiento normal del bosque con técnicas silvícolas, que permitan su renovación. Por rendimiento normal del bosque se entiende De su desarrollo o producción sostenible, de manera tal que se garantice la permanencia del bosque;

Domésticos. Los que se efectúan exclusivamente para satisfacer necesidades vitales domésticas sin que se puedan comercializar sus productos.

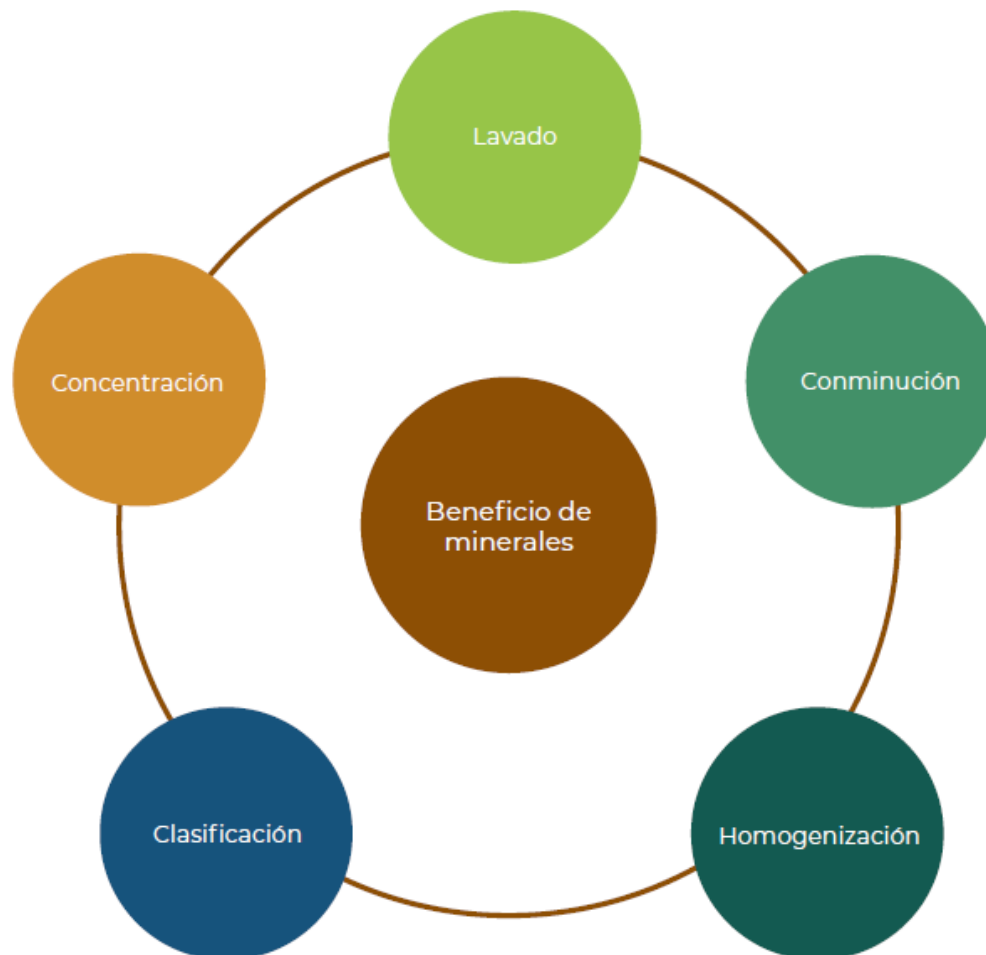
Actualmente la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, no realiza trámites de aprovechamiento forestal doméstico, los cuales se deben solicitar ante la Autoridad Ambiental competente de su jurisdicción.

5 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.

Ilustración 5 Beneficio de minerales



Fuente: elaboración propia con base en la normatividad minera.

Es común que el beneficio de minerales incluya lavado, conminución, homogenización,

clasificación y concentración, de acuerdo con el origen aluvial o filoniano de los minerales o materiales y a los requerimientos del mercado, como lo muestra la Ilustración 5.

5.1 Lavado

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

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.

5.2 Conminución

5.2.1 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).

5.2.2 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 pisones.
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.

5.3 Homogenización

5.3.1 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.

5.3.2 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.

5.4 Clasificación

Es la separación de los componentes de una mezcla de partículas en dos o más fracciones de acuerdo con 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.

5.4.1 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.

5.5 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:

5.5.1 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 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.

5.5.2 Por flotación

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

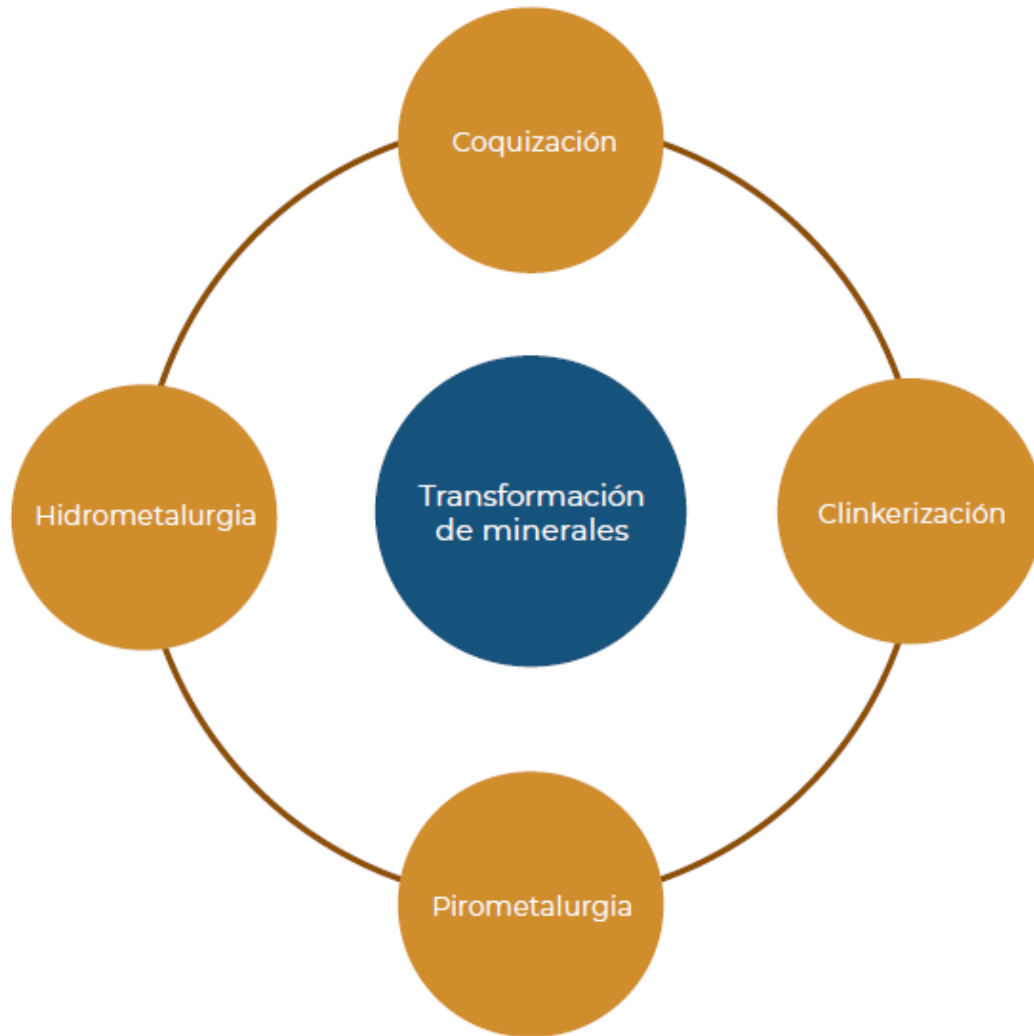
Entre las variables más importantes de la flotación están: Granulometría, tipo de reactivos, dosificación de los reactivos, densidad de la pulpa, aireación y acondicionamiento, regulación del pH, tiempo de residencia, temperatura, calidad del agua, envejecimiento de pulpa, envejecimiento de muestras, etc.

5.5.3 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.

6 Procesos de transformación

Ilustración 6 Transformación de minerales



Fuente: elaboración propia con base en la normatividad minera.

La transformación de minerales puede, entre otros, incluir procesos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos, de clinkerización y de coquización.

6.1 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.)

6.2 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.

6.2.1 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 pretratamiento usando técnicas pirometalúrgicas para minerales y concentrados que son refractarios a la lixiviación convencional.

6.2.2 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.

6.2.3 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.

6.2.4 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).

6.2.5 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.

6.2.6 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.

6.2.7 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.

6.2.8 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.

6.2.9 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.

6.2.10 Fundición

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

6.2.11 Refinado y electro-refinado

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.

6.2.12 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.

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 semisecos y semihúmedos.

6.2.13 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.

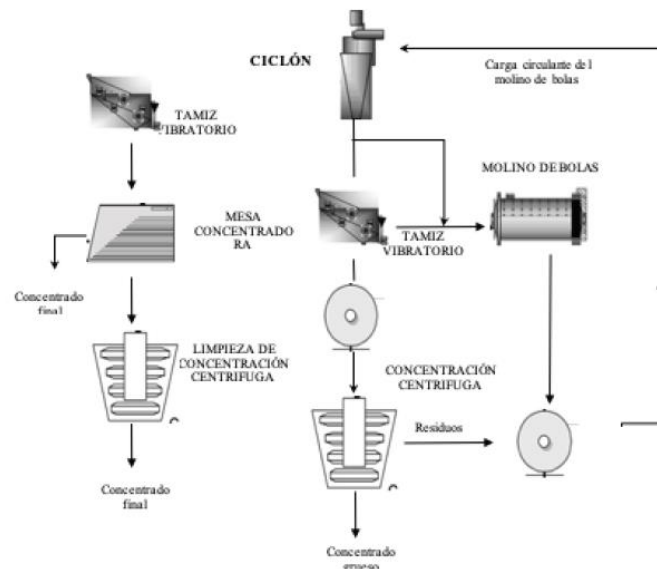
7 Procesos de Beneficio y Transformación

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.

A continuación, se presentan algunos procesos de beneficio y transformación que sirven de referencia, relacionados con metales preciosos, metales básicos, materiales de construcción, materiales de origen aluvial y minerales energéticos.

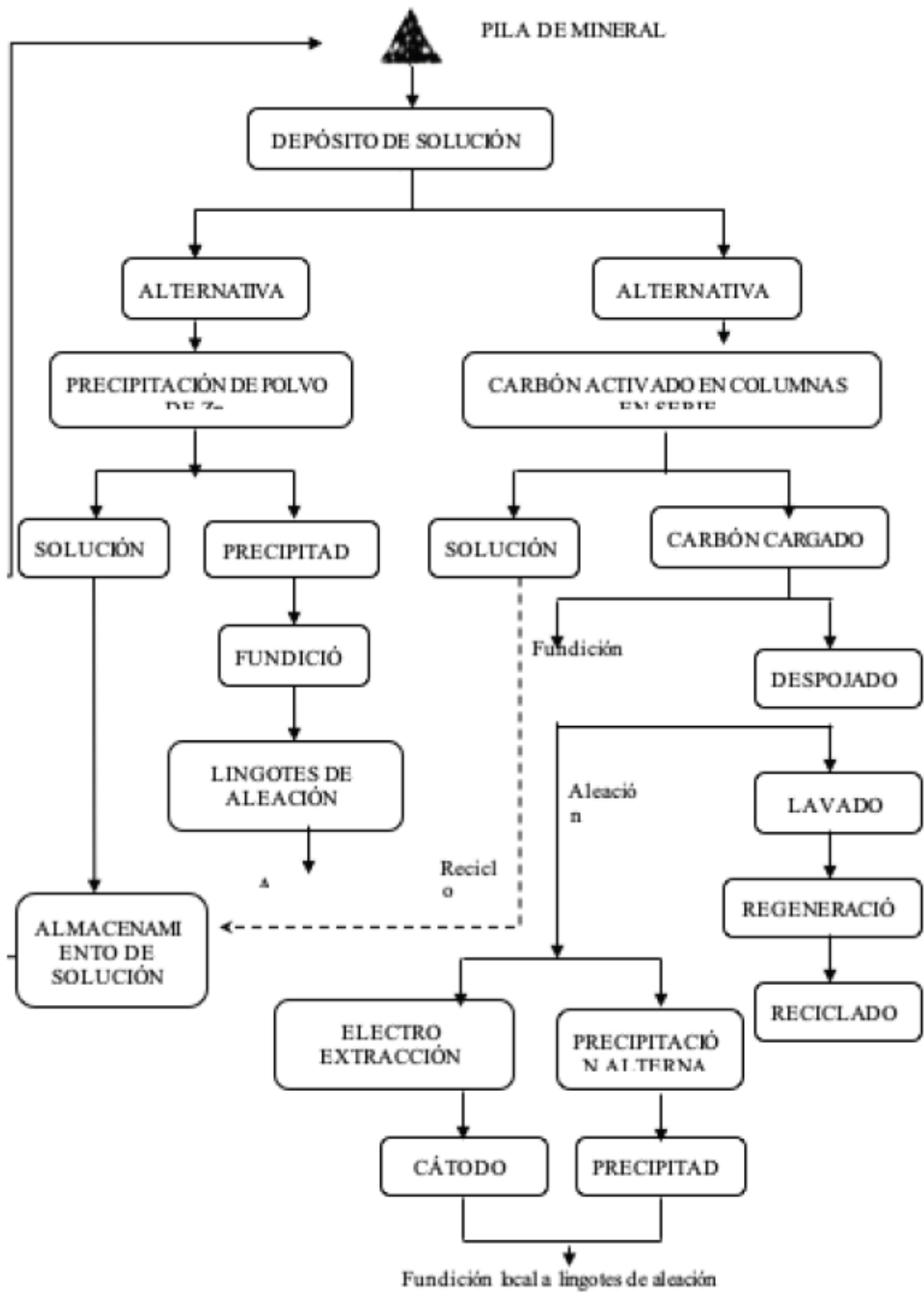
7.1 Metales preciosos

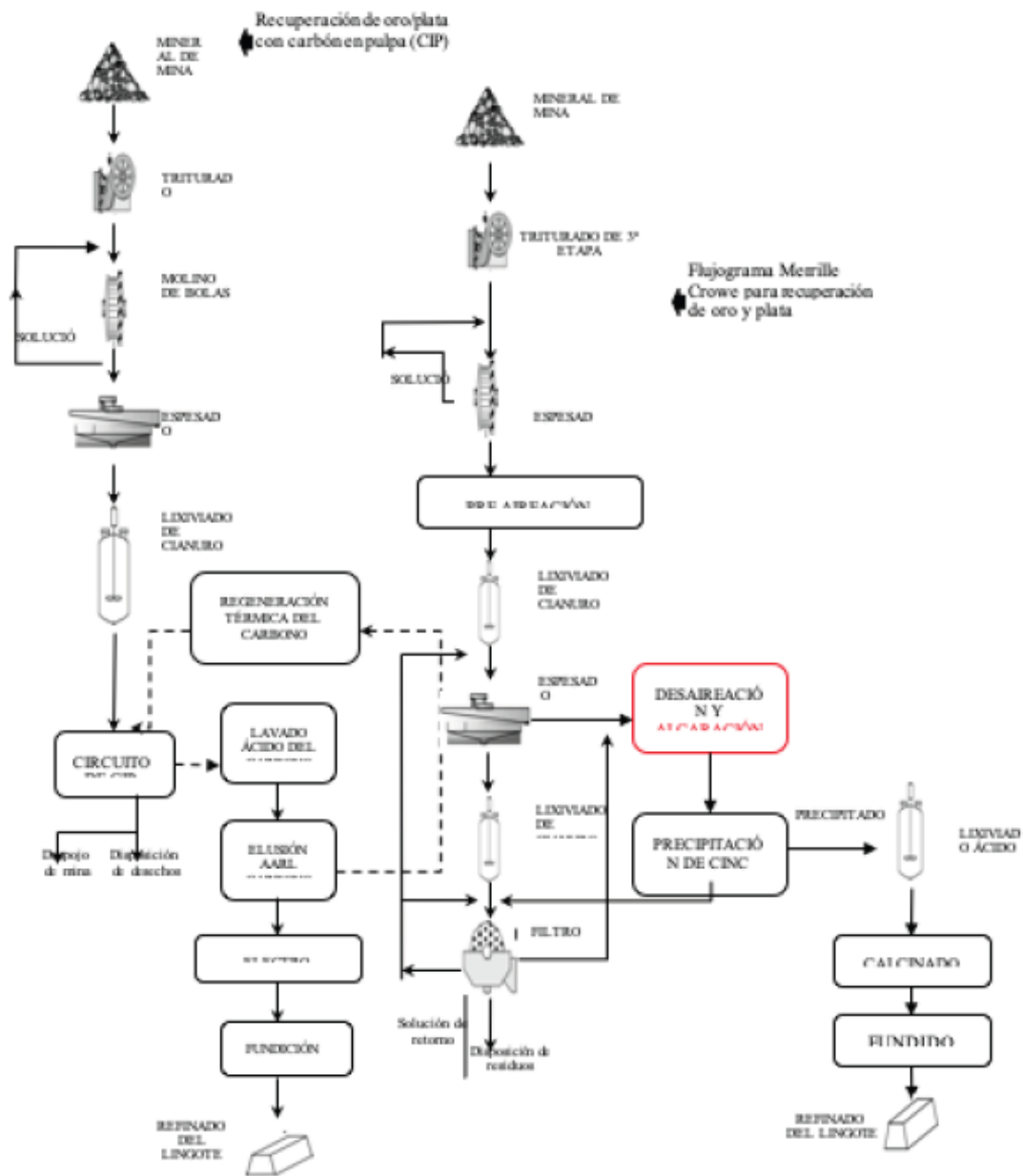
Ilustración 7 Circuito de recuperación por gravedad



Fuente: Bombilla V.C, Muñoz, O.A. (2002). 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.

Ilustración 8 Esquema simplificado de lixiviación en pilas

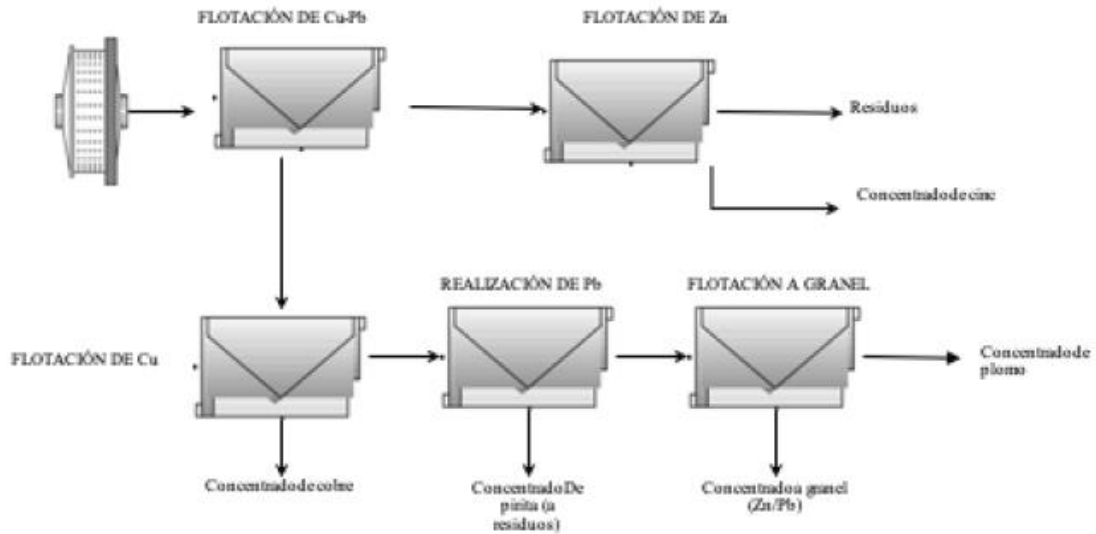




Fuente: Bombilla V.C, Muñoz, O.A. (2002). Recuperación de oro por gravedad en circuitos de cobre en BHP Tintaya, Artículo 6, Proceedings 2002, XXXIV Reunión Anual de Procesadores de Minerales del Canadá.

7.2 Metales básicos

Ilustración 9 Separación por flotación de Cu, Pb, Zn



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

7.3 Materiales industriales

Ilustración 10 Beneficio Simplificado del azufre

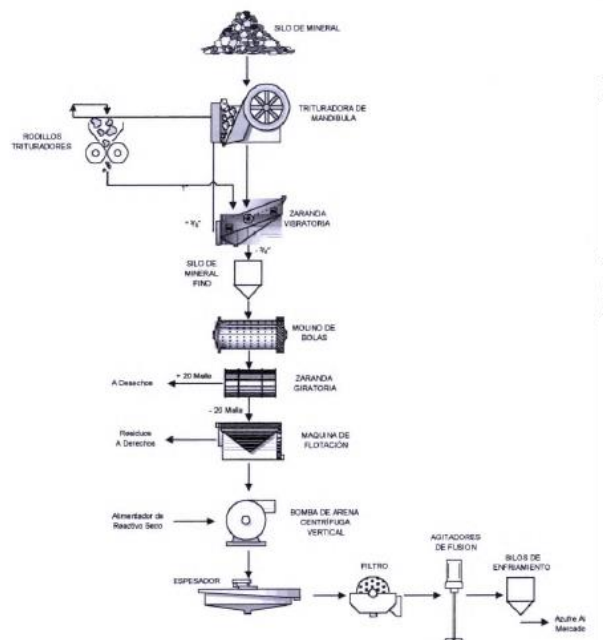


Ilustración 11 Procesamiento para la fabricación de cemento

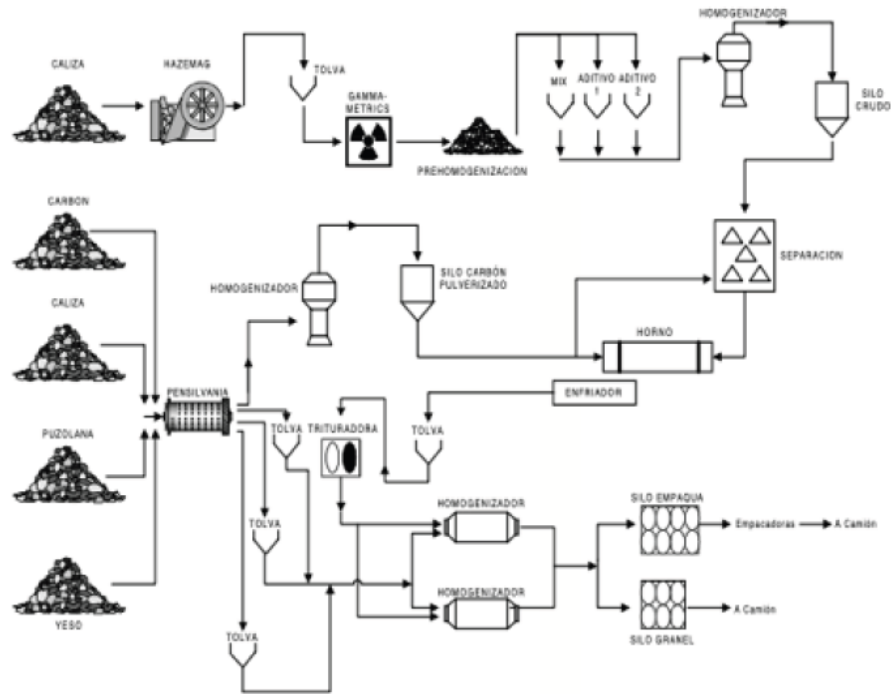
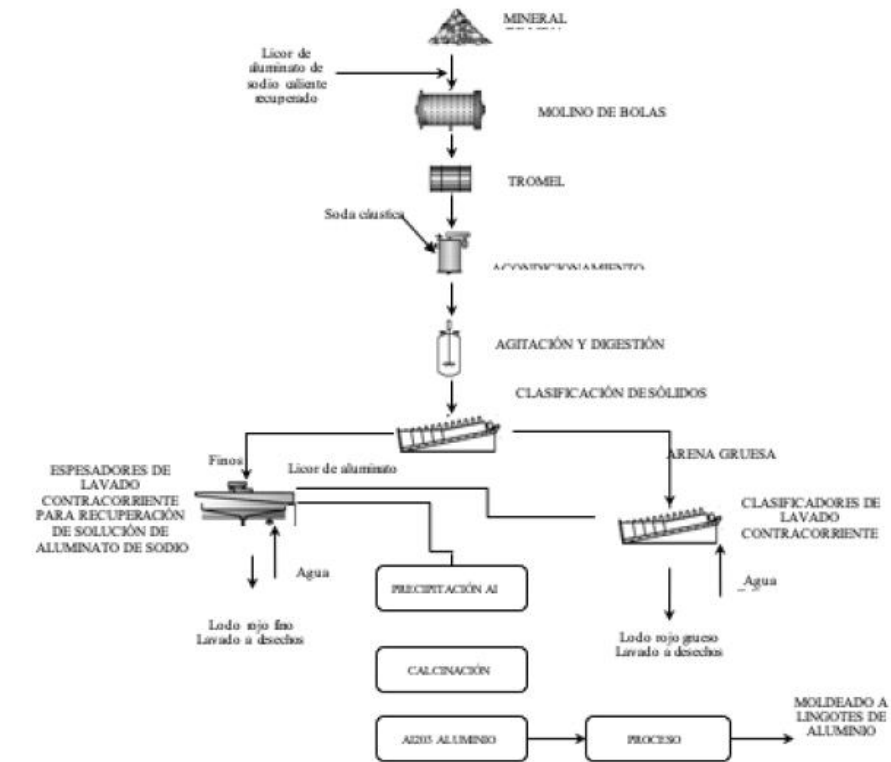
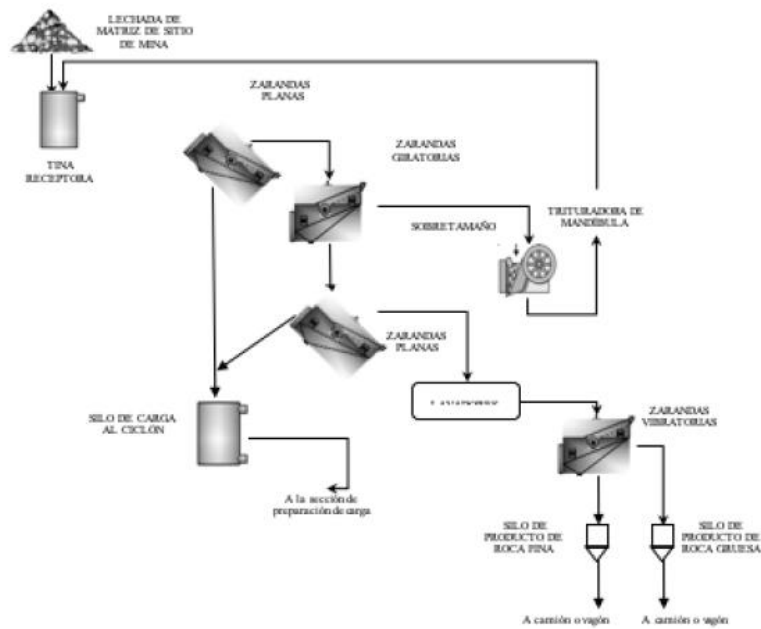


Ilustración 12 Flujograma para obtener aluminio a partir de bauxita



7.4 Materiales de construcción

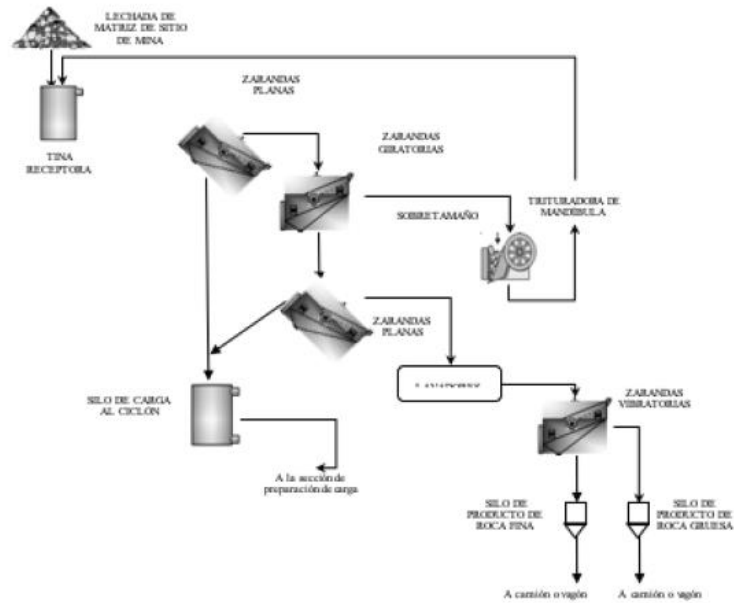
Ilustración 13 Lavado de mineral



Adaptado de: Hoppe, R. (1977). *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.

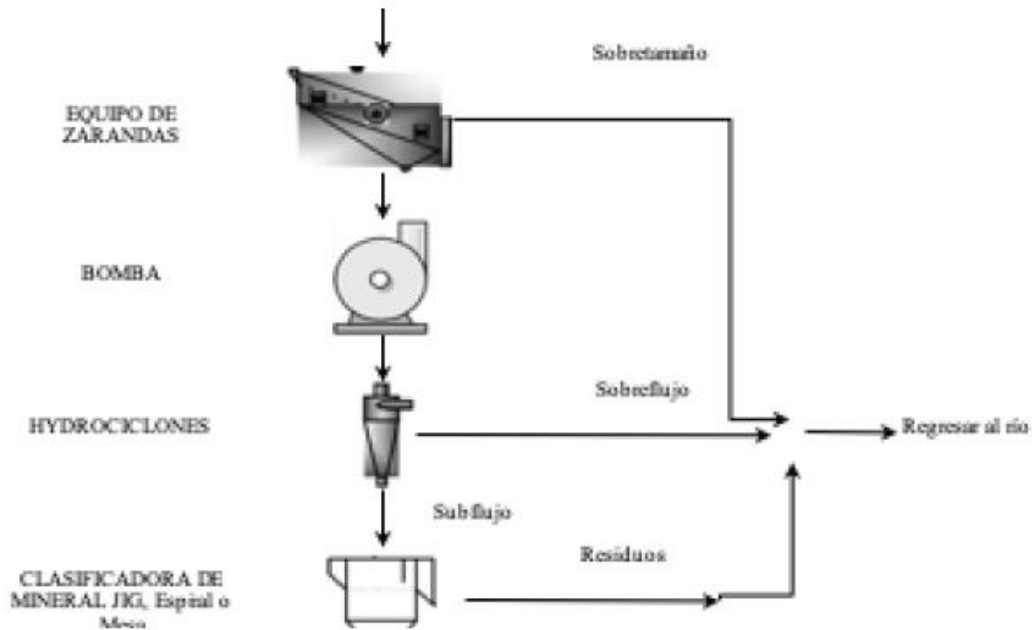
7.5 Dragado (aluvión)

Ilustración 14 Flujograma de dragado simplificado de aluvión con línea de cucharones



7.6 Minerales energéticos

Ilustración 15 Flujograma de coquización



8 Identificación y evaluación de posibles impactos que pueden presentarse en el desarrollo del Beneficio y la Transformación– A cargo de MinAmbiente

La evaluación de impactos ambientales comprende la identificación de posibles cambios que pueden causar las obras y actividades en la etapa de beneficio y transformación minera, sobre el medio donde se presentan, es decir, el medio físico, biótico o social. Pueden ser positivos o negativos, directos o indirectos. Estos impactos deben ser identificados por el concesionario minero como base para identificar las medidas de manejo ambiental para el desarrollo de las actividades de beneficio y transformación, de forma que su valoración y jerarquización permiten la prevención, mitigación, corrección y compensación de dichos impactos, independiente del tipo de mineral, la dimensión de la actividad minera y del lugar dónde se desarrolle.

Se recomienda seguir pasos básicos para la identificación y evaluación de impactos ambientales, los cuales son:

1. Establezca el área de estudio en donde se van a desarrollar las actividades de beneficio y transformación.
2. Determine las actividades de la beneficio y transformación minera susceptibles de producir un impacto ambiental sobre algunos de los medios (físico, biótico y socioeconómico)
3. Identifique los factores ambientales de cada uno de los medios (ej.: aire, agua, suelo, paisaje, flora, fauna, demografía, organización social, cultural, entre otros) susceptibles de recibir los impactos.
4. Identifique si se superponen otros proyectos con el área de estudio donde se van a desarrollar las actividades de beneficio y transformación.

5. Identifique si el área de estudio se superpone con áreas protegidas o con alguna restricción ambiental, áreas de comunidades étnicas reconocidas, áreas de interés cultural y de patrimonio arqueológico.
6. Identifique los impactos ambientales que generan las actividades (cambios ambientales en los factores identificados)
7. Identifique si para realizar sus actividades de beneficio y transformación requieren ocupar ríos, descargar aguas residuales domésticas y/o no domésticas a un río o al suelo, talar árboles y/o construir instalaciones provisionales que generen ruido y emisiones atmosféricas. (En caso de ser afirmativo realice la consulta a la Autoridad Ambiental en territorio)
8. Realice la valoración (positiva o negativa) de los impactos ambientales para su jerarquización y determinación de las medidas de manejo. Para la valoración de los impactos ambientales se puede utilizar cualquier metodología disponible, pero se sugiere utilizar la establecida por el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible (ver: [Manual de Evaluación de Estudios Ambientales - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \(minambiente.gov.co\)](http://minambiente.gov.co))
9. Formule las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir, mitigar, corregir, y compensar los impactos ambientales.
10. Establezca si se requiere realizar el trámite de permisos y/o autorizaciones ante entidades municipales, ambientales, comunidades étnicas y autoridad de patrimonio arqueológico y cultural.

En la literatura técnica, existen muchos métodos de identificación y valoración de impactos ambientales. De acuerdo con los términos de referencia de la Resolución 2206 de 2016, para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA):

“En el estudio se deben detallar las metodologías de evaluación empleadas, los criterios de valoración y la escala espacial y temporal de la valoración. Dicha evaluación debe contar con sus respectivas categorías, de manera que facilite la ponderación cualitativa y cuantitativa de los impactos. La metodología utilizada debe facilitar un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario, y la evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre las relaciones causales.

Los criterios a considerar para la evaluación cuantitativa y cualitativa pueden ser entre otros: carácter, cobertura, magnitud, duración, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, tendencia, tipo y posibilidad de ocurrencia.

Para valorar y jerarquizar los impactos, se deben tomar como referencia, según aplique, el riesgo de la construcción y operación del proyecto sobre los diferentes medios y los límites permisibles de los contaminantes definidos en la legislación ambiental; en caso de que no exista regulación nacional para algún parámetro, se debe emplear como referencia legislación internacional.”

Por lo tanto, es el titular quien decide, bajo las particularidades del proyecto, que metodologías aplica.

Ejemplos de métodos utilizables en la identificación y valoración predictiva de los impactos ambientales:

- a. **Método *ad hoc* o de expertos.** Conocido como panel o reunión de especialistas, se refiere a un grupo de trabajo conformado por profesionales y científicos de diferentes disciplinas, que se escogen de acuerdo con las características del proyecto a ser

evaluado. Ellos, realizan reuniones técnicas con el fin de, en un tiempo reducido, obtener información sobre los posibles impactos ambientales que produzca el proyecto, basándose en la experiencia profesional de cada experto.

- b. Listas de chequeo o *checklist*.** Es una relación de factores y parámetros ambientales destinada a servir de guía para quienes elaboran un estudio de impacto ambiental. Hay listas de controles simples que listan los factores ambientales y, algunas veces, los parámetros de medida que se deben utilizar para el cálculo cuantitativo o cualitativo de la magnitud de los impactos. También, las listas de Control Descriptivas ofrecen una orientación para el análisis de los impactos ambientales.
- c. Redes de interacción.** Se crean para posibilitar la identificación de impactos indirectos y sus interacciones, que son representadas por medio de gráficos o diagramas. En la mayoría de los casos, cada acción de un proyecto genera más de un impacto, que a su vez provoca una cadena de impactos.
- d. Matrices de interacción.** Funcionan como listas de chequeo bidimensionales, colocando en las columnas las acciones del proyecto y en las filas los componentes ambientales que pudieran ser afectados por el proyecto. Visualizan la interacción entre actividades e impactos, mostrando cuáles acciones del proyecto podrían producir más impactos.
- e. Superposición de gráficos.** Cruce de mapas temáticos de áreas que puedan ser afectadas. Se representan individualmente los componentes ambientales, entre otros, los usos del suelo, la geología y la cobertura vegetal.
- f. Métodos de simulación.** Se desarrollaron bajo la concepción de que los ecosistemas e impactos no son estáticos en el tiempo, así, introducen la variable temporal en el análisis de los impactos. Son modelos matemáticos destinados a representar tanto como sea posible la estructura y el funcionamiento de los sistemas ambientales, explorando a partir de un conjunto de hipótesis y presupuestos los procesos y las relaciones entre los factores físicos, bióticos y culturales ante las alteraciones introducidas por las acciones del proyecto que se va a ejecutar.

Ejemplo de algunos métodos para la valoración de impactos ambientales:

- g. Matriz de Leopold.** Fue desarrollada en 1971 en el Geological Survey, Estados Unidos, especialmente para proyectos de construcción. Es un método de identificación y evaluación de impactos derivados de la interacción entre el proyecto y el ambiente; es una matriz de doble entrada que considera dentro de sus parámetros de evaluación la clase, la magnitud y la importancia en una escala de 1 a 10, siendo 1 insignificante y 10 la máxima significación. Permite conocer el número de factores afectados por cada una de las acciones (+ o -), el promedio aritmético de los efectos (+ o -), las acciones que causaron mayor impacto y de qué, para así ordenar las acciones. Igualmente, permite conocer el número de acciones que afectan cada factor (+ o -), el promedio aritmético de los efectos (+ o -) y los factores ambientales que recibieron mayor impacto y de qué forma, ya sean de carácter negativo o positivo.
- h. Método EPM o Arboleda.** Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1985, especialmente para proyectos hidroeléctricos, de todas formas, se utiliza para otro tipo de proyectos con

resultados favorables. Es un método mixto, pues permite la identificación y la evaluación de los impactos ambientales. Básicamente, se desarrolla desagregando el proyecto en componentes, identificando los impactos y evaluando los impactos por medio de criterios o factores de calificación, que luego se articulan por medio de un algoritmo. Luego se propone una expresión o índice denominado "Calificación ambiental" (Ca), en una escala de 0.1 a 1.0, que se clasifica en muy baja, baja, media, alta y muy alta. Esta se obtiene con base en cinco criterios o factores característicos de cada impacto: clase, presencia, duración, evolución y magnitud.

- i. **Método Conesa.** El ingeniero agrónomo español Vicente Conesa y otros colaboradores formularon en 1993 una metodología para la evaluación del impacto ambiental. Este también es un método mixto que usa una matriz con valoración; evalúa varios parámetros como naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad, recuperabilidad e importancia, con lo cual se calcula la importancia de los impactos entre irrelevantes, moderados, severos y críticos.

En el marco del nuevo modelo de licenciamiento, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA ha diseñado un Aplicativo para la presentación del PMA (APMA) en las solicitudes de licenciamiento ambiental de competencia de la ANLA, que asegura la necesaria coherencia entre impactos ambientales, medidas de manejo ambiental para controlarlos, actividades de seguimiento y monitoreo e indicadores de efectividad, así como hacer más eficiente y eficaz el proceso de evaluación y seguimiento por parte de esta Autoridad. Para efectos de la presente guía, se toman algunos elementos de dicho aplicativo como modelo sugerido para la identificación, categorización, manejo y seguimiento de los potenciales impactos ambientales de actividades mineras. Se aclara que en la etapa de beneficio y transformación minera NO se requiere solicitud de licencia ambiental adicional a la ya realizada en la etapa de explotación, este apartado se presenta como la guía para la identificación de los impactos ambientales y las medidas de manejo ambiental para las actividades de beneficio y transformación minera.

Como parte del aplicativo mencionado se desarrolló una clasificación de impactos, denominada Categorías Estandarizadas de Impactos Ambientales (CEI), las cuales sirven para homologar el nombre y la definición de los impactos identificados y evaluados en los Estudios de Impacto Ambiental - EIA y permiten no solo acotar, sino identificar con mayor facilidad las medidas de manejo que resultan más eficaces para el control de cada categoría, teniendo en cuenta los componentes, efectos y parámetros asociados.

Las CEI que pueden presentarse en el desarrollo de proyectos mineros, las Medidas de Manejo recomendadas para dar tratamiento a dichos impactos y los Indicadores de Efectividad asociados pueden ser consultados en el [Apéndice XX del presente documento](#), por otro lado, los detalles del aplicativo de presentación del PMA – APMA puede ser revisados a profundidad en el siguiente enlace: [Aplicativo APMA](#).

A continuación, se presenta un ejemplo práctico, donde identificando una Categoría Estandarizada de Impacto (CEI-07), se asocian las Medidas de Manejo e indicadores de Efectividad recomendados por el aplicativo APMA y que puede tomarse como guía por el concesionario minero para identificar los impactos y la medida de manejo correspondiente.

Tabla 1. Categoría Estandarizada de Impacto - CEI

ID CEI	CATEGORÍA ESTANDARIZADA DE IMPACTO	MEDIO	COMPONENTE	DEFINICIÓN	OBJETIVO
CEI_07	Alteración de la geoforma del terreno	Abiótico	Geomorfológico	Cambio en la forma del terreno continental y/o marino costero como consecuencia de un proyecto, obra o actividad que modifica la dinámica existente de los procesos geomorfológicos.	Mitigar y/o corregir los cambios en la forma del terreno continental y/o marino de las áreas intervenidas por las actividades del POA.

Tabla 2. Medidas de Manejo Opcionales para el CEI 7

CEI 7
ALTERACIÓN DE LA GEOFORMA DEL TERRENO
MEDIDAS DE MANEJO OPCIONALES
<p>Realizar las actividades de corte y relleno que sean necesarias durante las actividades constructivas del POA, mediante el sistema de corte y relleno compensado.</p> <p>Conformar y revegetalizar con especies nativas de la región todas las áreas intervenidas que queden expuestas (sin vegetación), incluyendo taludes de corte, ZODME's, entre otros.</p> <p>Realizar la restauración morfológica consistente en mejorar las pendientes, implementar obras de estabilización y realizar la reincorporación paisajística, de tal forma que las áreas intervenidas y objeto de restauración morfológica se reintegren al entorno paisajístico, incluyendo fisiografía, color y escenario.</p> <p>Desmantelar las instalaciones temporales y recuperar la zona intervenida por las obras de construcción. Estas, se deben dejar en iguales o mejores condiciones a las iniciales.</p>
DESCRIPCIÓN DEL SEGUIMIENTO (OPCIONAL)
<p>Realizar recorridos de inspección e identificación de áreas intervenidas que queden expuestas durante las actividades constructivas del POA y que requieran reconfiguración morfológica, restauración y/o revegetalización (márgenes de los cauces en los sitios autorizados para ocupaciones de cauce y aledañas, ZODME's, zonas de préstamo lateral, taludes de corte y relleno, entre otras) durante las actividades constructivas del POA.</p> <p>Realizar inspección y seguimiento del avance en la implementación técnica de obras de reconfiguración de las áreas intervenidas durante las obras constructivas del POA.</p> <p>Realizar recorridos de inspección y seguimiento a las obras de reconfiguración de las áreas intervenidas durante fase de operación del POA, con el fin de identificar posibles focos de procesos erosivos y/o pérdida de cobertura vegetal.</p>
PARÁMETROS CLAVE DE SEGUIMIENTO
Geoforma del terreno.

Tabla 3. Indicadores de efectividad para el CEI 7

NOMBRE DEL INDICADOR	Áreas reconvertidas y/o restauradas morfológicamente
Código indicador	CEI_7_IND_01
IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR	
Periodicidad	Cada periodo reportado en el Informe de Cumplimiento Ambiental – ICA.
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Definición	Este indicador representa del total de áreas intervenidas por las actividades del POA, el porcentaje de las que son reconvertidas y/o restauradas morfológicamente.
Fórmula de cálculo	$\%ARR = \left(\frac{ARR}{TAI} \right) * 100$ <p> %ARR: Áreas reconvertidas y/o restauradas morfológicamente. ARR: Áreas reconvertida y/o restaurada (ha) morfológicamente. TAI: Total de área (ha) intervenida por las actividades del POA viables de restauración y/o reconvertación morfológica. </p>
Meta	Reconvertir y/o restaurar el 100% de las áreas intervenidas por las actividades del POA viables de restauración y/o reconvertación morfológica.
Interpretación	Valores cercanos al 100% indican mayor cantidad de áreas reconvertidas y/o restauradas morfológicamente.
NOTAS	
Las obras de restauración y/o reconvertación deberán garantizar armonía con el ambiente morfogenético del área.	
La reconvertación y/o restauración debe garantizar niveles de amenaza baja por procesos de remoción en masa.	
BIBLIOGRAFÍA	
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2021.	

Fuente: Adaptado de APMA ANLA 2023

La identificación de impactos y la asignación de medidas de manejo es un ejercicio específico para cada proyecto, pues depende del tipo de actividades que éste desarrolle. Estos impactos y medidas de manejo se deben realizar de manera detallada y concienzuda para garantizar la inclusión de la totalidad de los impactos generados en todas las etapas del beneficio y la transformación minera. El listado completo de impactos se encuentra en el Apéndice **XX** Fichas Ambientales de Beneficio y Transformación.

Una vez evaluados y dimensionados los impactos ambientales, éstos permiten definir las medidas de manejo que el minero implementará en la etapa de beneficio y transformación.

A continuación, en el numeral 9, se presenta a modo de ejemplo la forma como se presentan las medidas de manejo ambiental.

9 Fichas de manejo ambiental

A continuación, se plantean fichas para describir las medidas de manejo ambiental que controlan, mitigan, previenen, corrigen o compensan los impactos ambientales de las actividades de beneficio y transformación minera, con múltiples opciones. Este precisa que, en la propuesta, el interesado deberá hacer la manifestación expresa de su compromiso de realizar los procesos de beneficio y transformación con estricta sujeción a la presente Guía Minero Ambiental, ajustada a las condiciones y características específicas del área solicitada descrita en la propuesta. Además, el artículo 273 del Código de Minas, expedido por la Ley 685 de 2001, indica que la propuesta se podrá corregir o adicionar, si no se ajusta a los términos de referencia de la autoridad minera o a la guía minero ambiental.

Tabla 4. Ficha Manejo de ruido

Programa de manejo de aire							
Ficha 1. Manejo de ruido							
OBJETIVO	Aplicar las medidas de manejo ambiental para reducir los niveles de ruido generado, buscando cumplir con lo estipulado en la reglamentación ambiental sobre emisión de ruido y ruido ambiental.						
METAS	Cumplir con los niveles máximos permisibles de ruido de acuerdo con la norma donde se establecen picos según las horas de exposición y la zona.						
ACTIVIDADES QUE OCASIONAN EL IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficio - Transformación - Operación - Disposición de sobrantes - Mantenimiento y uso de maquinaria 						
IMPACTO AMBIENTAL	Deterioro de la calidad del aire						
TIPO DE MEDIDA	Prevenición	x	Mitigación	x	Corrección	x	Compensación
LUGAR DE APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Planta de beneficio y transformación - Zona de disposición de sobrantes del beneficio y la transformación 						
ACCIONES POR DESARROLLAR							
<p>Las acciones por desarrollar se ejecutan en los lugares de aplicación. A continuación, se presentan algunas opciones para el manejo ambiental, las cuales se adaptarán al tipo de mineral beneficiado y transformado, a la dimensión de los impactos y a la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de los puntos críticos con altos niveles de ruido para establecer las medidas necesarias - Construcción o generación de barreras naturales o artificiales - Establecer medidas de manejo de ruido. 							

- Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos
- Capacitación a todo el personal sobre las medidas de manejo ambiental para la mitigación del ruido y uso de Elementos de protección Personal (EPPs)
- Mantener una distancia con áreas pobladas, escuelas, centros comunitarios y viviendas.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REALIZAR LAS ACCIONES PLANTEADAS

Entre otras tecnologías, se plantean las siguientes opciones para el manejo ambiental. Estas se adaptarán al tipo de mineral beneficiado y transformado, la dimensión de los impactos y la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.

- Utilización de equipos de baja generación de ruido
- Reductores de velocidad al interior de la planta y en sus alrededores
- Evitar ruidos producidos por pitos, bocinas, motores desajustados y frenos, entre otros.
- Utilizar absorbentes de diferentes materiales, entre ellos lana de vidrio, espumas de poliuretano, espumas con películas protectoras.
- Utilización de barreras naturales y artificiales (arborización, planchas de acero, vidrio, diques y muros)
- Utilización de amortiguadores de ruido, entre ellos, sustancias viscosas o elásticas (caucho y plástico)
- Encerramiento para equipos y procesos que generan altos niveles de presión sonora
- Capacitación del personal en manejo de ruido y uso de EPPs

PERSONAL TÉCNICO DE APOYO SUGERIDO

Persona con experiencia en gestión y manejo de impactos en el aire

SEGUIMIENTO Y MONITOREO

- Realizar la verificación de las medidas presentadas para manejo de ruido.
- Monitorear el cumplimiento de la normatividad ambiental en cuanto a límites permisibles sobre emisión de ruido y ruido ambiental. (Resolución 627 de 2006)
- Llevar registro administrativo (costos ambientales de implementación) y fotográfico de las actividades que se realicen.
- Establecer indicadores de verificación para la ejecución de las acciones de manejo ambiental y de logro de la meta y el objetivo de la ficha.
- Verificar la ejecución y el logro de medidas, acciones y tecnologías planteadas para el manejo ambiental del ruido.
- Verificar el cumplimiento de la meta y del objetivo con indicadores de gestión y de resultados.

INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	Excedencia de niveles de emisión de ruido
Código indicador	CEI_3_IND_02
IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR	
Periodicidad	Según lo establecido en la licencia ambiental.
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	

Definición	Este indicador representa la excedencia de las emisiones de ruido, calculada a partir del monitoreo y/o estimación de las emisiones de las fuentes con las que cuente el POA, y su comparación con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.
Fórmula de cálculo	$E_{FERI} = LRA_{eq,Ti} - Lim_{FERI}$ <p> E_{FERI}: Excedencia de la fuente de emisión de ruido para la jornada i. Lim_{FERI}: Limite norma sector normativo para la jornada i. LRA_{eq, Ti}: Nivel de emisión de ruido para la jornada i. i: Jornada diurna o nocturna. </p>
Meta	Garantizar aportes de ruido inferiores o iguales a cero.
Interpretación	Valores iguales o inferiores a cero indican que el nivel de emisión de ruido medido es inferior a los límites de la norma.
NOTAS	
Las reglas que aplican para la categorización del presente indicador son las siguientes:	
Si E _{FERI} <= 0	Aporte nulo
Si 0 < E _{FERI} <= 3	Aporte de ruido bajo
Si 3 < E _{FERI} <= 6	Aporte de ruido medio
Si E _{FERI} > 6	Aporte de ruido alto
Aplica para cualquier proyecto licenciado que cuente con fuentes de emisión de ruido, y requiera de su monitoreo en cualquiera de sus fases (construcción, operación y mantenimiento y/o desmantelamiento y abandono).	
BIBLIOGRAFÍA	
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2021.	
Nota: Para acceder a más indicadores de efectividad consultar: (anla.gov.co)	

Fuente: Adaptado de guías minero ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía de 2002 y 2015.

Tabla 5. Ficha Manejo de aguas residuales

Programa de manejo de agua	
Ficha 2. Manejo de aguas residuales	
OBJETIVO	Aplicar las medidas de manejo ambiental para la reducción de los efectos que tienen la aguas residuales del proceso de beneficio, transformación y lixiviación de sobrantes.
METAS	Cumplir con la normatividad ambiental, sin exceder los límites permisibles con respecto a los vertimientos a cuerpos de agua superficial o al alcantarillado publico (Resolución 0631 de 2015)

ACTIVIDADES QUE OCASIONAN EL IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficio - Transformación - Operación - Disposición de sobrantes mineros - Mantenimiento de maquinaria 							
IMPACTO AMBIENTAL	Deterioro de la calidad del agua							
TIPO DE MEDIDA	Prevenición	x	Mitigación	x	Corrección	x	Compensación	
LUGAR DE APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Planta de beneficio y transformación - Zona de disposición de vertimientos del beneficio y la transformación 							
ACCIONES POR DESARROLLAR								
<p>Las acciones por desarrollar se ejecutan en los lugares de aplicación. A continuación, se presentan algunas opciones para el manejo ambiental, las cuales se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, a la dimensión de los impactos y a la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manejo de vertimientos de beneficio y transformación - Manejo de vertimientos de aguas de oficinas y talleres - El sitio de disposición de sobrantes debe contar con un sistema de recolección y tratamiento de las aguas de escorrentía con sedimentación, antes de que estas sean vertidas a un cuerpo de agua o de su infiltración en el suelo. - Reúso de aguas tratadas y construcción de sistemas de manejo de aguas diferenciadas, de manera que no sea posible mezclar residuales con agua de escorrentía superficial, ni tampoco agua residuales tratadas con escorrentía superficial. - Estos sistemas de tratamiento deben tener revisión y mantenimiento periódicos para evitar fugas, infiltraciones o colmatación. - Se deben retirar frecuentemente los sedimentos de los sedimentadores para evitar su colmatación. - Debe tenerse en cuenta que el vertimiento no afecte las captaciones para consumo humano, riego o abrevaderos. - Se debe contar con bandejas de prevención de derrames para equipos que funcionen con combustibles y aceites. - Deben existir diques de contención de derrames en áreas de trabajo propensas a manejar derrames de hidrocarburos o líquidos contaminados. 								
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REALIZAR LAS ACCIONES PLANTEADAS								
<p>Entre otras tecnologías, se plantean las siguientes opciones para el manejo ambiental. Estas se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, la dimensión de los impactos y la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planta de tratamiento de aguas residuales del proceso de beneficio, transformación, oficinas y talleres - Tratamiento de lixiviados de zonas de disposición de sobrantes - Para el tratamiento de los sólidos en suspensión, se pueden utilizar sedimentadores a gravedad mediante el almacenamiento temporal del agua en pozos, tanques o lagunas de sedimentación. - El tratamiento de los sólidos disueltos y la estabilización del pH se obtiene con la aireación de las aguas para favorecer su oxidación, circulando el agua en pendientes con cascadas y 								

utilizando lechos de roca de diferentes tamaños. La estabilización del pH se realiza utilizando como lecho rocas calizas.

PERSONAL TÉCNICO DE APOYO SUGERIDO

Persona con experiencia en gestión y manejo de impactos en el agua

SEGUIMIENTO Y MONITOREO

- Realizar la verificación de las medidas presentadas para el manejo de aguas residuales.
- Monitorear el cumplimiento de la normatividad ambiental en cuanto a vertimientos, según la Resolución 631 de 2015.
- Llevar registro administrativo (costos ambientales de implementación) y fotográfico de las actividades que se realicen.
- Establecer indicadores para verificar la ejecución de las acciones de manejo ambiental y de logro de la meta y el objetivo de la ficha.
- Verificar la ejecución y el logro de medidas, acciones y tecnologías planteadas en el manejo ambiental de vertimientos.
- Verificar el cumplimiento de la meta y del objetivo con indicadores de gestión y de resultados.

INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	Calidad del recurso hídrico superficial asociado a los objetivos de calidad establecidos por la autoridad ambiental regional
Código indicador	CEI_12_IND_08
IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR	
Periodicidad	Según lo establecido en la licencia ambiental.
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Definición	Este indicador representa la calidad del recurso hídrico de los cuerpos de agua intervenidos por el POA, de acuerdo con los criterios de calidad definidos por la autoridad ambiental regional.
Fórmula de cálculo	$CUAE_{ni} = \left(\frac{CC_{mi}}{CC_{limi}} \right)$ <p> CUAE_{ni}: Calidad del recurso hídrico de acuerdo con el criterio de calidad n para la época i. CC_{mi}: Resultado del criterio de calidad n monitoreado en el periodo de reporte para la época i. CC_{limi}: Valor de referencia para del criterio de calidad n definido por la autoridad ambiental regional para la época i. n: Criterio de calidad. i: Época seca, húmeda o de transición. </p>
Meta	Garantizar resultados menores o iguales a 1.
Interpretación	Resultados menores o iguales a 1 indican cumplimiento de los criterios de calidad establecidos por la autoridad ambiental regional en los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH.
NOTAS	
Aplica para cualquier proyecto licenciado que requiera de monitoreo físico, químico, microbiológico y/o hidrobiológico de las aguas superficiales en cualquiera de sus fases (construcción, operación y mantenimiento y/o desmantelamiento y abandono).	
BIBLIOGRAFÍA	
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2021.	

Nota: Para acceder a más indicadores de efectividad consultar: (anla.gov.co)

Fuente: adaptado de guías minero ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía de 2002 y 2015.

Tabla 6. Ficha Manejo de sobrantes

Programa de manejo suelos								
Ficha 3. Manejo de sobrantes								
OBJETIVO	Aplicar las medidas de manejo ambiental para la minimización de los impactos ocasionados por la disposición y el manejo de sobrantes.							
METAS	Disposición técnica de sobrantes, estabilización, disposición segura, no intervención de cuerpos de agua, ni de zonas pobladas, ni de zonas de obras públicas.							
ACTIVIDADES QUE OCASIONAN EL IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficio - Transformación - Operación - Manejo, transporte y disposición de sobrantes 							
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio en el uso de suelo de zonas con disposición de sobrantes - Deterioro del suelo por lixiviación de sobrantes - Sedimentación por arrastre de zonas de disposición de sobrantes - Degradación estética del paisaje en zonas de disposición de sobrantes 							
TIPO DE MEDIDA	Prevenió n	x	Mitigación	x	Corrección	x	Compensaci ón	
LUGAR DE APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Planta de beneficio y transformación - Zona de disposición de sobrantes del beneficio y transformación 							
ACCIONES POR DESARROLLAR								
<p>Las acciones por desarrollar se ejecutan en los lugares de aplicación. A continuación, se presentan algunas opciones para el manejo ambiental, las cuales se adaptarán al tipo de mineral beneficiado y transformado, a la dimensión de los impactos y a la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar el sitio de disposición de sobrantes con estabilidad geotécnica, de baja fertilidad agropecuaria y de bajo potencial de conflictos. - Predeterminar el uso del suelo de las zonas de disposición de sobrantes una vez cumplan su vida útil. - Construir drenajes internos que recojan las aguas infiltradas en zonas de disposición de sobrantes, sin mezclar las aguas de escorrentía con las que entran en contacto con la masa del depósito. - Conformar zonas de disposición de sobrantes de acuerdo con la topografía. - Construir canales de recolección y conducción de aguas de escorrentía en coronas y patas de zonas de disposición de sobrantes. - Disponer escombros y materiales sobrantes no contaminados en escombreras certificadas, realizando control de volúmenes y entregas a gestores certificados. - Hacer mantenimiento continuo de las zonas de disposición de sobrantes, detectando y reparando las grietas que se presenten. - Incluir protección externa, estableciendo barreras vivas y revegetalizando la zona contigua. Es importante considerar si existe para la zona el Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca (POMCA) y realizar la recuperación de la zona considerando los lineamientos del instrumento establecido. - Establecer cobertura vegetal en zonas de disposición de sobrantes con periodicidad 								

anualizada.

- La ubicación debe ser lejos de núcleos poblacionales, bocatomas de acueductos y otras obras públicas.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REALIZAR LAS ACCIONES PLANTEADAS

Entre otras tecnologías, se plantean las siguientes opciones para el manejo ambiental. Estas se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, la dimensión de los impactos y la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.

- Considerar varios tipos de conformación de disposición de sobrantes (fases adosadas, dique de pie o de pata y fases superpuestas) de acuerdo con las condiciones de estabilización del terreno.

- Fases adosadas: proporcionan factores de seguridad mayores, al conformarse con taludes medios finales más bajos. La altura media total puede suponer una limitación, por consideraciones prácticas de acceso a los niveles inferiores.

- Dique de pie o de pata: se utiliza cuando los sobrantes presentan características litológicas y geotécnicas diversas. Consiste en la construcción de un dique en el pie o pata de la escombrera con los materiales más gruesos y resistentes, para que actúen como un muro de contención.

- Fases superpuestas: con este sistema se logra disminuir los taludes finales y se consigue mayor compactación de los materiales, otorgándoles más estabilidad.

PERSONAL TÉCNICO DE APOYO SUGERIDO

Persona con experiencia en gestión y manejo de impactos en el suelo

SEGUIMIENTO Y MONITOREO

- Realizar la verificación de las medidas presentadas para manejo de sobrantes.

- Llevar registro administrativo (costos ambientales de implementación) y fotográfico de las actividades que se realicen.

- Establecer indicadores de verificación de la ejecución de las acciones de manejo ambiental y de logro de la meta y el objetivo de la ficha.

- Verificar la ejecución y el logro de medidas, acciones y tecnologías planteadas en el manejo ambiental de sobrantes.

- Verificar el cumplimiento de la meta y del objetivo con indicadores de gestión y de resultados.

INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	Suelos contaminados restaurados
Código indicador	CEI_16_IND_02
IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR	
Periodicidad	Según lo establecido en la licencia ambiental.
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Definición	Este indicador representa el volumen de suelos contaminados por el POA restaurados.
Fórmula de cálculo	$SCR = \left(\frac{SCR_p}{SI} \right)$ <p>SCR: Volumen de suelos contaminados restaurados. SCR_p: Volumen de suelos contaminados restaurados por el periodo reportado. SI: Volumen de suelos intervenidos por el POA que requieren de restauración.</p>
Meta	Garantizar resultados iguales a 1.
Interpretación	Resultados cercanos a 1 indican mayor restauración del total de los suelos intervenidos por el POA.
NOTAS	
Aplica para cualquier proyecto licenciado que implique un cambio en las características físicas, químicas y biológicas del suelo y requiera de restauración por contaminación en cualquiera de sus fases (construcción, operación y mantenimiento y/o desmantelamiento y abandono).	
BIBLIOGRAFÍA	
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2021.	

Nota: Para acceder a más indicadores de efectividad consultar: (anla.gov.co)

Fuente: adaptado de guías minero ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía de 2002 y 2015.

Tabla 7. Ficha Manejo de flora y fauna

Programa de manejo de flora y fauna	
Ficha 4. Manejo de flora y fauna	
OBJETIVO	Aplicar las medidas de manejo ambiental para la minimización de los impactos ambientales que ocasionan el beneficio y la transformación minera sobre las comunidades de fauna silvestre y flora.

METAS	Rehabilitación de zonas intervenidas para el retorno de fauna y manejo de flora							
ACTIVIDADES QUE OCASIONAN EL IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficio - Transformación - Operación - Disposición de sobrantes mineros - Mantenimiento de maquinaria 							
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de la cobertura vegetal en zonas de intervención de beneficio, transformación y disposición de sobrantes - Desplazamiento de fauna - Cambios en la composición de la fauna silvestre y la flora 							
TIPO DE MEDIDA	Prevenio n		Mitigación	x	Corrección		Compensación	x
LUGAR DE APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Planta de beneficio y transformación - Zona de disposición de sobrantes del beneficio y transformación 							
ACCIONES POR DESARROLLAR								
<p>Las acciones por desarrollar se ejecutan en los lugares de aplicación. A continuación, se presentan algunas opciones para el manejo ambiental, las cuales se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, a la dimensión de los impactos y a la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducir la intervención del bosque. - Realizar podas en vez de talas de árboles. - Realizar la revegetalización y reforestación de zonas intervenidas. - Rescatar individuos vegetales (semillas y plántulas) y animales (aves, anfibios, reptiles y mamíferos) para llevar a cabo los procesos de recuperación de la flora y fauna. - Manejo de suelos con revegetalización, con énfasis en especies nativas tanto herbáceas como arbustivas y arbóreas. Es importante considerar si para la zona de beneficio, transformación y disposición de sobrantes existe un el Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca (POMCA), y realizar la recuperación de la zona considerando los lineamientos en el instrumento establecido. - Las charcas y pozos que puedan presentarse deben retrollenarse y nivelarse para evitar la presencia de plagas. 								
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REALIZAR LAS ACCIONES PLANTEADAS								
<p>Entre otras tecnologías, se plantean las siguientes opciones para el manejo ambiental. Estas se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, la dimensión de los impactos y la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar la zonificación de las áreas de protección, como bosques y refugios de fauna. - Identificar las especies de flora y fauna propias del área de influencia del proyecto y otras existentes. - Realizar un programa de educación ambiental con respecto al conocimiento y la importancia de protección de la flora y la fauna. 								
PERSONAL TÉCNICO DE APOYO SUGERIDO								
Personal con conocimientos y experiencia en manejo de flora y fauna								
SEGUIMIENTO Y MONITOREO								

- Realizar la verificación de las medidas presentadas para manejo de fauna y flora.
- Llevar registro administrativo (costos ambientales de implementación) y fotográfico de las actividades que se realicen.
- Establecer indicadores de verificación de la ejecución de las acciones de manejo ambiental y de logro de la meta y el objetivo de la ficha.
- Verificar la ejecución y el logro de medidas, acciones y tecnologías planteadas en el manejo ambiental de fauna y flora.
- Verificar el cumplimiento de la meta y del objetivo con indicadores de gestión y de resultados.

INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	Riqueza de especies amenazadas y/o endémicas
Código indicador	CEI_19_IND_01
IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR	
Periodicidad	Bienal o lo establecido en el IMC
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Definición	<p>La riqueza ha sido, posiblemente, el indicador más común para referirse a la biodiversidad, ya que tiene en considera únicamente las especies presentes o registradas en un espacio (Moreno, 2001). Si bien, la riqueza de especies por sí sola no abarca los diversos aspectos de la biodiversidad, esta ha sido utilizada para referirse indirectamente a los procesos ecosistémicos (Hooper et al. 2005).</p> <p>En el caso de grupos taxonómicos o ecológicos (e.g. grupos funcionales) particulares, cambios en su riqueza podrían sugerir alteraciones en procesos ecológicos (e.g. aumento de regeneración natural de especies leñosas de densidad de madera alta), generando alertas tempranas de posibles transformaciones en los ecosistemas (<i>The World Bank</i>, 1998).</p> <p>Según SER (2004) se hace necesario la comparación con un escenario de referencia natural para evidenciar si se han alcanzado estados similares de</p>

	<p>sucesión. Para este fin se recomienda usar como escenario de referencia ya sea el ecosistema afectado por el proyecto, o uno en estado natural cerca o dentro del área de compensación.</p> <p>Las especies amenazadas se identificarán con base en las categorías EN, VU y CR de la IUCN tomando en consideración la categorización nacional para Colombia. Como especies endémicas se tomarán aquellas que tienen una distribución restringida a Colombia.</p>																														
<p>Fórmula de cálculo</p>	<p>Las especies claves que se usan para el cálculo de la riqueza son:</p> <p>S_{pA} = Especies amenazadas S_{pE} = Especies endémicas</p> <p>A partir de los muestreos en las áreas evaluadas se hace la sumatoria para las especies amenazadas y endémicas, donde:</p> <p style="text-align: center;">ΣSpA = sumatoria de las especies amenazadas encontradas en el área evaluada</p> <p style="text-align: center;">ΣSpE = sumatoria de las especies endémicas encontradas en el área evaluada</p> <p>Entonces:</p> <p style="text-align: center;">$Scob = \Sigma \Sigma SpA, \Sigma SpE$</p> <p>Donde:</p> <p style="text-align: center;">$Stot = \Sigma Scob1, Scob2, Scob3, \dots$</p> <p style="text-align: center;">$Scob = Riqueza de especies por cobertura$</p> <p style="text-align: center;">$Stot = Riqueza de especies clave total$</p> <p>Según el tipo de muestreo (punto o transecto), identificar para cada cobertura, las especies clave (amenazadas, endémicas y migratorias).</p> <table border="1" data-bbox="560 1144 1221 1344"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cobertura 1</th> <th>Cobertura 2</th> <th>Cobertura 3</th> <th>Cobertura n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto/</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Punto/</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Punto/Transecto 3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Cobertura 1	Cobertura 2	Cobertura 3	Cobertura n	Punto/					Punto/					Punto/Transecto 3									Total				
	Cobertura 1	Cobertura 2	Cobertura 3	Cobertura n																											
Punto/																															
Punto/																															
Punto/Transecto 3																															
.....																															
Total																															
<p>Meta</p>	<p>Mantener ΔS_{total} igual o mayor que cero</p>																														

Interpretación	<p>$S_{total} > 1$; hay presencia de al menos una especie clave de alguna de las categorías dentro del área del proyecto (alto grado de precaución)</p> <p>A medida que el número de especies claves aumenta dentro del área del proyecto aumentará el grado de precaución.</p> <p>En fase de Seguimiento:</p> <p>$\Delta S_{total} < 0$ La presencia de especies clave disminuyó respecto al ICA previo</p> <p>$\Delta S_{total} = 0$ La presencia de especies clave se mantuvo respecto al ICA previo</p> <p>$\Delta S_{total} > 0$ La presencia de especies clave aumentó respecto al ICA previo</p>
NOTAS	
<p>Es importante que el solicitante cuente con una metodología para la selección de puntos para el inventario dentro del área que diferencia las diferentes Acciones-Modos/Mecanismos válidos de compensación e inversión forzosa de no menos del 1% para el cumplimiento de las obligaciones pactadas, esto para asegurar que los datos levantados con el inventario permitan tener una buena aproximación a los cambios logrados para toda el área de compensaciones e inversión forzosa de no menos del 1%.</p> <p>Es importante que los inventarios de flora incluyan categorías de tamaño y formas de vida de las especies que permitan evidenciar cambios derivados de las obligaciones pactadas (epifitas, helechos arborecentes, hierbas, plántulas y plántones de especies forestales amenazadas de extinción, entre otros).</p>	
BIBLIOGRAFÍA	
<p>Hooper, D.U., Chapin, F.S., III, Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. and Wardle, D.A. (2005). EFFECTS OF BIODIVERSITY ON ECOSYSTEM FUNCTIONING: A CONSENSUS OF CURRENT KNOWLEDGE. Ecological Monographs, 75: 3-35. https://doi.org/10.1890/04-0922</p> <p>Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primerspanish.pdf</p> <p>The World Bank. (1998). Guidelines for Monitoring and Evaluation for Biodiversity Projects. Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://siteresources.worldbank.org/INTBIODIVERSITY/214584-1110959186651/20611829/270310Guidelines0for0monitoring.pdf</p>	

NOTA: Para acceder a más indicadores de efectividad consultar: (anla.gov.co)

Fuente: adaptado de guías minero ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía de 2002 y 2015.

Tabla 8. Ficha Contratación de mano de obra

Programa social	
Ficha 5. Contratación de mano de obra	
OBJETIVO	Aplicar las medidas de manejo ambiental para la vinculación de las comunidades del lugar en las obras y actividades inherentes al desarrollo del beneficio y la transformación.
METAS	Contratación de personal calificado y no calificado local.

ACTIVIDADES QUE OCASIONAN EL IMPACTO	Relaciones del proyecto con la comunidad en el proceso de contratación de mano de obra							
IMPACTO AMBIENTAL	Generación de empleo para mano de obra disponible en la comunidad							
TIPO DE MEDIDA	Prevenición	x	Mitigación	x	Corrección		Compensación	
LUGAR DE APLICACIÓN	Área de influencia del proyecto							
ACCIONES POR DESARROLLAR								
<p>Las acciones por desarrollar se ejecutan en los lugares de aplicación. A continuación, se presentan algunas opciones para el manejo ambiental, las cuales se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, a la dimensión de los impactos y a la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de las necesidades de mano de obra - 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 sus sectores organizados (Juntas de Acción Comunal, cooperativas y otro tipo de organización local comunitaria). También es recomendable asesorarse de las autoridades locales y la personería municipal. - Dar preferencia a la contratación de personal agremiado en grupos asociativos. - La contratación de personal no calificado para la realización de las diversas labores de apoyo debe darse prioritariamente con personal local. 								
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REALIZAR LAS ACCIONES PLANTEADAS								
<p>Entre otras tecnologías, se plantean las siguientes opciones para el manejo ambiental. Estas se adaptarán al tipo de beneficio y transformación, la dimensión de los impactos y la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informar a la comunidad sobre los requerimientos de mano de obra del proyecto y hacer consultas con las comunidades representativas y autoridades locales sobre la disponibilidad de mano de obra. - Utilizar mecanismos transparentes de contratación de personal, dando prelación a la población local y de la región. 								
PERSONAL TÉCNICO DE APOYO SUGERIDO								
Personal directivo y administrativo del proyecto								
SEGUIMIENTO Y MONITOREO								
<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la verificación de las medidas presentadas para manejo de contratación de mano de obra. - Llevar registro administrativo (costos ambientales de implementación) y fotográfico de las actividades que se realicen. - Establecer indicadores de verificación de la ejecución de las acciones de manejo ambiental y de logro de la meta y el objetivo de la ficha. - Verificar la ejecución y el logro de medidas, acciones y tecnologías planteadas en el manejo ambiental de contratación de mano de obra 								

- Verificar el cumplimiento de la meta y del objetivo con indicadores de gestión y de resultados.

INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	Generación y/o incremento de conflictos ambientales
Código indicador	CEI_25_IND_01
IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR	
Periodicidad	Según lo establecido en la licencia ambiental y/o en cada periodo de seguimiento
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Definición	<p>El conflicto ambiental está relacionado, entre otros, con:</p> <ol style="list-style-type: none">i. Cambio en el acceso, uso, distribución y conservación de recursos naturales: afectaciones por acceso, reducción de uso, limitaciones en la distribución y/o riesgos en la conservación de recursos naturales como agua superficial, agua subterránea, paisaje, contaminación por ruido, atmosférica, entre otrosii. Cambio en la organización comunitaria: quejas de dificultades de relacionamiento entre comunidades (dentro de la vereda o entre veredas, p.ej.); falta de representatividad en liderazgos sociales, exigibilidad de reconocimiento como líder de comunidad (nuevos liderazgos, puede ser un nuevo demandante de acciones a la empresa en representación de un grupo o sector de vereda).iii. Cambio en los lazos de interrelación en sus tradiciones o estilos de vida: relacionados con pérdida de lazos culturales; tradiciones artísticas y sociales; llegada de influencias de comunidades externas

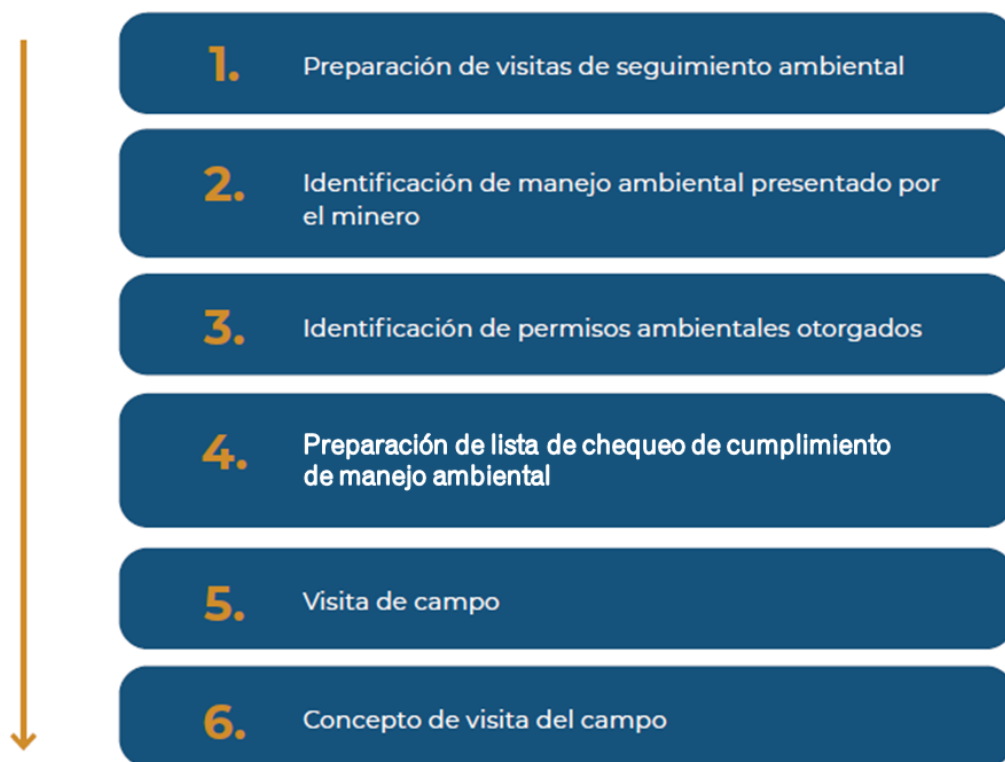
	<ul style="list-style-type: none"> iv. Ausencia de las instancias y mecanismos de participación: solicitud de espacios de encuentro, discusión y dialogo para resolver conflictos. i. Generación de expectativas: solicitudes de apoyo – patrocinio de acciones de interés de las comunidades; exigencias de indemnizaciones o compensaciones ante una afectación generada por POA ii. Ausencia o debilidad de mecanismos de comunicación y/o flujos de información iii. Formas de relacionamiento entre personal vinculado al POA y la comunidad iv. Niveles de contratación de personal, bienes y servicios del POA relacionados con su área de influencia
Fórmula de cálculo	
Meta	Mantener o mejorar las condiciones de conflictividad de línea base, en el área de influencia
Interpretación	
NOTAS	
Se consulta la información reportada por el Usuario en el ICA, ³ se complementa y contrasta con los datos generados por el Aplicativo de denuncias ANLA y el formato estandarizado de seguimiento de PQR, para realizar análisis de incremento, repetición y/o acumulación de PQR asociadas a las CEI del POA	
Se relacionan los resultados con la información del Tablero de control de Estandarización y Jerarquización para identificar problemas de impactos acumulativos	
Se tienen en cuenta tutelas, acciones populares y de grupo; así como vías de hecho (plantones, marchas, bloqueo de vías), en el área de influencia del POA	
BIBLIOGRAFÍA	
2021. ANLA. Propuesta de definición y métodos de caracterización de conflictos socioambientales. Bogotá D.C.	

NOTA: Para acceder a más indicadores de efectividad consultar: anla.gov.co

Fuente: adaptado de guías minero-ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Minas y Energía de 2002 y 2015.

De acuerdo con las particularidades de la gestión ambiental en el beneficio y transformación minera, se requiere un manejo ambiental adaptado a la licencia ambiental obtenida en la etapa de explotación del proyecto. A esto se suman los permisos de uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, para lo cual se propone el siguiente procedimiento de seguimiento ambiental por parte de la autoridad ambiental.

Ilustración 16. Propuesta de seguimiento por autoridades ambientales



Fuente: elaboración propia.

11 Seguimiento y fiscalización de títulos mineros

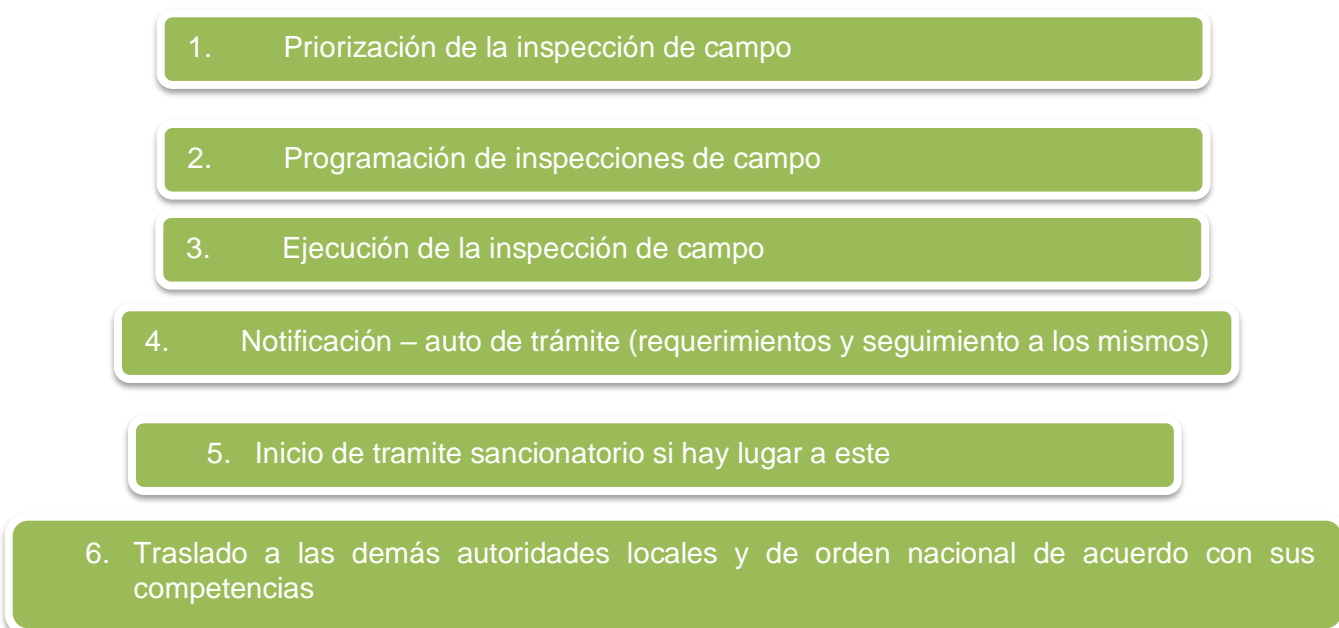
Dado que los procesos de beneficio y transformación de minerales deben realizarse de forma armónica con los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico y social del país, el componente ambiental se constituye en uno de los más importantes. Por consiguiente, las inspecciones de seguimiento y control deben permitir a las autoridades advertir de forma oportuna la presencia de posibles afectaciones ambientales a fin de evitar efectos irreversibles. Este componente ayuda a controlar el impacto de las actividades mineras en el entorno, desde el punto de vistas ambiental siempre en el marco de las competencias de la autoridad minera.

Los elementos que se consideran dentro de este componente están dados por los instrumentos adoptados e impuestos por las autoridades ambientales, para el desarrollo de actividades mineras, así como la normativa en la que se encuentran sustentados. Se

evalúan en consecuencia:

- Existencia y cumplimiento de instrumentos ambientales (Cumplimiento de términos de referencia y Guías Minero Ambientales Licencias Ambientales; Planes de Manejo Ambiental; Planes de Restauración y Recuperación Geomorfológica, permisos y otro tipo de autorizaciones).
- Cumplimiento al PTO aprobado.
- Cumplimiento de las disposiciones relativas a la interacción de los titulares mineros con las comunidades.

Figura 1. Seguimiento y control por parte de la autoridad minera



El desarrollo de la inspección de fiscalización integral a un título en etapa de beneficio y transformación debe considerar los siguientes aspectos:

1. Georreferenciar la localización de las actividades de beneficio y transformación dentro del polígono minero y registrar por medio de fotografías su avance.
2. Describir los procesos de beneficio y transformación que se desarrolla y relacionar la maquinaria y los insumos utilizados, al igual que el personal vinculado al desarrollo de la actividad.
3. Verificar que se adelantan de forma técnica de acuerdo al PTO y Guías Minero Ambientales para la fase de beneficio y transformación, adoptadas por el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
4. Solicitar y revisar los registros de los procesos de beneficio y transformación, rendimientos, costos y demás.
5. Identificar las posibles afectaciones ambientales que se estén ocasionando en desarrollo de los procesos de beneficio y transformación adelantados.

6. Verificar si respecto del personal que realiza la actividad, el titular cumple con sus obligaciones legales en relación con el sistema de seguridad social.
7. Verificar el cumplimiento con respecto al diseño e implementación del Sistema de Gestión de seguridad y salud en el trabajo SG-SST
8. Verificar las condiciones de seguridad e higiene minera bajo las que se desarrollan las actividades y cuando estas involucren el avance de túneles, se debe establecer claramente si se cumple con todo lo establecido en los decretos 1886 de 2015 y 944 de 2022 para minería subterránea y el decreto 539 de 2022 para minería a cielo abierto o los decretos que los modifiquen relacionado con las normas de seguridad e higiene minera.
9. Establecer si se utilizan explosivos e indicar si se acreditan los permisos respectivos para su utilización, manejo y almacenamiento. En caso de evidenciar el uso no autorizado se advierte que se debe suspender su utilización hasta tanto se obtengan los permisos correspondientes. Se debe dejar constancia de ello tanto en el Acta como en el informe.
10. Si hay actividades de exploración que no están en desarrollo se debe evidenciar su estado de seguridad, e higiene, así como la afectación ambiental si la hubiere, describiendo su estado actual.
11. Ante la evidencia de minería ilegal o tradicional, verificar si el titular interpuso el respectivo amparo administrativo.

12 Anexos

12.1 Normatividad minera y ambiental

12.2 Impactos, medidas de manejo, indicadores y ejemplos fichas ambientales

12.3 Glosario y otros

13 Apéndice

13.1 Determinantes Ambientales - a cargo de MinAmbiente

14 Bibliografía

- Australian Government. (2016). *Cierre de minas. Programa de Prácticas Líderes (Leading Practice) para el Desarrollo Sostenible de la Industria Minera*. <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-04/lpsdp-mine-closure-handbook-spanish.pdf>
- Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM). (s.f.). Declaración de posición. Minería y áreas protegidas. <https://www.icmm.com/website/publications/es/mining-and-protected-areas-position-statement-2016-sp.pdf>
- Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM). (s.f.). *Guía práctica para la*

gestión del agua en áreas de captación para la industria minera y metalúrgica.
https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/practical-guide-catchment-based-water-management_es

- Consejo Internacional de Minería y Metales [ICMM]. (2006). *Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad.*
<https://www.icmm.com/website/publications/es/guia-de-buenas-practicas-para-la-mineria-y-la-biodiversidad.pdf>
- Consejo Internacional de Minería y Metales [ICMM]. (2020). *Principios mineros: estándares de desempeño.*
https://www.icmm.com/website/publications/es/principios-mineros/principios-mineros_es.pdf
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Economía. (2008). *Guía de Trámites Mineros.*
<https://www.economia.gob.mx/files/transparencia/GuiaDeTramitesMineros.pdf>
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Economía. (2013). *Guía de Procedimientos Mineros.*
https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/guia_de_procedimientos_mineros_0513.pdf
- Gobierno de Chile. Consejo Minero. (2002). *Guía Metodológica para el Cierre de Faenas Mineras.*
<https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/Guia-Metodologica-Cierre-Faenas-Mineras-CM.pdf>
- Gobierno de Chile. Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Descripción de Proyectos de Desarrollo Minero de Cobre y Oro-Plata en el SEIA.*
https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2017/01/25/guia_proyectos_mineros_cobre_oro_plata.pdf
- Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas [EITI]. (s.f.). *Plan de Acción Nacional 2020-2023.*
https://www.eiticolombia.gov.co/media/filer_public/7d/dc/7ddc50c1-fcc6-4059-b40d-bbde42eeeab4/20200410_plan_accion_2020_2023.pdf
- Martínez Castilla, Z. (2003). *Guías prácticas para situaciones específicas: manejo de riesgos y preparación para respuestas a emergencias mineras.* *Recursos Naturales e Infraestructura* (57), 5-68.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6417/1/S037433_es.pdf
- Marín Feria, J. P. (2015). *Análisis de los aspectos técnicos - legales - ambientales del cierre minero para títulos mineros en Colombia [tesis de especialización].* Universidad de Medellín, Facultad de Ingenierías.
- Oyarzún Muñoz, J. (2008). *Planes de Cierre Mineros. Aula2punto.net.*

<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Cierres%20mineros%20-%20Jorge%20Oyarzún.pdf>

- Programa de desarrollo de prácticas innovadoras sostenibles para la industria minera [LPSD]. (2011). *Guía para el desarrollo de prácticas innovadoras sostenibles en la minería*.
<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-04/lpsdp-a-guide-to-leading-practice-sustainable-development-in-mining-handbook-spanish.pdf>
- República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *Términos de Referencia*.
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/416798/referencia.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Formato para el PAMA del pequeño productor minero o minero artesanal*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/guiapamappm.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía Ambiental de Manejo de Agua en Operaciones Minero-Metalúrgicas*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/manejoagua.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía ambiental de manejo y transporte de concentrados minerales*.
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/guiana-xxviii.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/manedrenaje.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía Ambiental para Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/vegetacion.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía de Manejo Ambiental de Reactivos y Productos Químicos*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/reactivos.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/gelaboestuimpacambi.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental Semi Detallados*.
<http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/guiaeia.pdf>

- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía para la elaboración de planes de cierre de pasivos ambientales mineros*. http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/g uia_pasivos_Mineros2010.pdf
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (1995). *Guía ambiental para la perforación y voladura en operaciones mineras*. <http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/p erforacion.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (1997). *Guía ambiental para la estabilidad de taludes de depósitos de desechos sólidos de mina*. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/guiaes tabilidad.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (1997). *Guía ambiental: manejo de problemas de ruido en la industria minera*. <http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/r uidominera.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (1997). *Guía para elaborar programas de adecuación y manejo ambiental*. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/GUIA %20DGAAM%206.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2001). *Guía de relaciones comunitarias*. <http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/g uiaelectrical.pdf>
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2006). *Guía para la elaboración de planes de cierre de minas*. http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/g uia_cierre.pdf
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2007). *Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros*. http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/XXII_Coberturas.pdf
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2007). *Guía para el diseño de tapones para el cierre de labores mineras*. http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/ XXV_Tapones.pdf
- República del Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2007). *Guía para la evaluación de la estabilidad de los pilares corona*. http://www.minem.gob.pe/mine m/archivos/file/DGAAM/guias/ XXIV_Pilares_Corona.pdf
- Tapia Rivera, F. P. (2010). Análisis ambiental de la normativa aplicada a los planes de cierre de Faenas mineras en Chile [tesis de grado de

maestría]. Universidad de Chile, Facultad de Derecho.

- UNESCO. (2009). *Agua y Minería en cuencas áridas y semiáridas: Guía para la gestión integral*. Documentos Técnicos del PHI-LAC n.º 17.
- Velásquez, J. A. (s.f.). *Buenas Prácticas Ambientales y Sociales en la Minería*. Minas Paz del Río. <http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/eventos/2012/cim/documentos/bpracticass.pdf>