



MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES

**TÉRMINOS DE REFERENCIA
PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA
REQUERIDO PARA EL TRÁMITE DE LA LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL O DEFINITIVA
PARA ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN MINERA DE MEDIANA Y GRAN ESCALA
TdR - 13**

**BOGOTÁ D.C.
2026**

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	1
LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	6
GLOSARIO	10
CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	17
RESUMEN EJECUTIVO	18
1. OBJETIVOS	21
2. GENERALIDADES.....	21
2.1 ANTECEDENTES	21
2.2 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	22
2.3 METODOLOGÍA	22
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	24
3.1 LOCALIZACIÓN	25
3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES	25
3.2.1 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	26
3.2.2 RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA	26
3.2.3 DISEÑO DEL PROYECTO.....	27
3.2.4 FASES Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO.....	30
3.2.4.1 Fase de construcción y montaje	31
3.2.4.2 Fase de operación	33
3.2.4.3 Fase de desmantelamiento y abandono.....	41
3.2.5 PRODUCCIÓN Y COSTOS DEL PROYECTO.....	41
3.2.6 CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	42
3.2.7 ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO	42
4. ÁREAS DE INFLUENCIA	43
5. PARTICIPACIÓN Y SOCIALIZACIÓN CON LAS COMUNIDADES	44

6.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	46
6.1	MEDIO ABIÓTICO	46
6.1.1	GEOLÓGICO	46
6.1.1.1	Geología regional y local	47
6.1.1.2	Geología del yacimiento	47
6.1.1.3	Geoquímica del yacimiento	48
6.1.2	GEOMORFOLÓGICO	56
6.1.3	PAISAJE	59
6.1.4	SUELOS Y USO DE SUELO	60
6.1.4.1	Capacidad de uso del suelo.....	63
6.1.5	HIDROLÓGICO	64
6.1.5.1	Calidad del agua	67
6.1.5.2	Usos del agua	72
6.1.6.	HIDROGEOLÓGICO.....	72
6.1.6.1	Modelo hidrogeológico conceptual	87
6.1.6.2	Modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas.....	88
6.1.7	GEOTECNICO	94
6.1.7.1	Amenaza sísmica a nivel de roca.....	95
6.1.7.2	Efectos locales	97
6.1.7.3	Coeficientes sísmicos.....	100
6.1.7.4	Investigación del subsuelo para labores superficiales	104
6.1.7.5	Investigación del subsuelo para labores subterráneas.....	104
6.1.7.6	Exploración geotécnica mínima.....	106
6.1.7.7	Ensayos de laboratorio.....	109
6.1.7.8	Modelo geológico – geotécnico	109
6.1.7.9	Análisis geotécnicos.....	111
6.1.7.9.1	Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por remoción en masa.	112

6.1.7.10 Consideraciones geotécnicas para el cierre y post-cierre minero	114
6.1.8 ATMOSFÉRICO	116
6.1.8.1 Meteorología	116
6.1.8.2 Aire.....	120
6.1.8.2.1 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas y receptores (inmisión).	120
6.1.8.2.2 Estimación de la emisión atmosférica.....	122
6.1.8.2.3 Calidad del aire	123
6.1.8.2.4 Modelación de contaminantes atmosféricos	124
6.1.8.3 Ruido	130
6.1.8.3.1 Inventario de fuentes de generación de ruido y receptores	130
6.1.8.3.2 Monitoreo de ruido	131
6.1.8.3.3 Modelación de ruido.....	132
6.1.8.4 Vibraciones	136
6.2 MEDIO BIÓTICO	138
6.2.1 ECOSISTEMAS	138
6.2.1.1 Ecosistemas terrestres	139
6.2.1.1.1 Flora.....	139
6.2.1.1.2 Flora y Líquenes en categoría de veda nacional y regional	141
6.2.1.1.3 Fragmentación y conectividad	146
6.2.1.1.4 Fauna.....	147
6.2.1.2 Ecosistemas acuáticos continentales y marino-costeros	148
6.2.2 Áreas de especial interés ambiental (AEIA).	149
6.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO	149
7. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	152
8. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.....	153
9. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	154

9.1	CONCESION DE AGUAS SUPERFICIALES	154
9.2	CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	155
9.3	PERMISO DE VERTIMIENTOS	156
9.3.1	PERMISO DE VERTIMIENTOS EN CUERPOS DE AGUA	157
9.3.2	PERMISO DE VERTIMIENTOS EN SUELO	158
9.4	OCUPACIONES DE CAUCES.....	159
9.5	APROVECHAMIENTO FORESTAL.....	159
9.6	PERMISO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	160
10.	EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	160
11.	ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO	163
12.	PLANES Y PROGRAMAS	163
12.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	163
12.2	PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO	165
12.3	PLAN DE CONTINGENCIA	165
12.3.1	Conocimiento del riesgo.....	165
12.3.2	Reducción del riesgo ambiental.....	169
12.3.3	Manejo de la contingencia	169
12.4	PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	171
12.3	PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO	181
12.3.1	Plan de cierre minero - PCM.....	182
	Aspectos especiales a considerar en el cierre temporal.....	189
	Aspectos especiales a considerar en el Cierre progresivo.....	189
	Aspectos a especiales a considerar en el Plan de Cierre Anticipado y Final.....	192
12.3.2	Plan Post-cierre	194
12.4	Plan de inversión de no menos del 1%.....	195
12.5	Plan de compensación del medio biótico en el marco del proceso de licenciamiento ambiental.....	195
ANEXO 1	198

ANEXO 2	201
BIBLIOGRAFÍA	204

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AEIA:	Áreas de Especial Interés Ambiental.
AGP:	Potencial Generación de Acidez (por sus siglas en inglés).
AGIL:	Sistema para el Análisis y Gestión de Información del Licenciamiento Ambiental.
AICAS:	Áreas de interés para la conservación de fauna, flora y ecosistemas.
ANM:	Agencia Nacional de Minería.
ANLA:	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
APE:	Máximo potencial de producción de ácido.
CITES:	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre.
CMIP:	Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados
DAM:	Drenaje Ácido de Mina.
DAP:	Diámetro a la Altura del Pecho.
DAR:	Drenaje Ácido de Roca.
DIN:	Deutsches Institut für Normung.
DRMI:	Distrito de Manejo Integrado.
EIA:	Estudio de Impacto Ambiental.
EOT:	Esquema de Ordenamiento Territorial.
EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (por sus siglas en inglés).
EPTs:	Elementos potencialmente tóxicos.

EQIA:	Elementos químicos de interés ambiental.
FUNIAS:	Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Aguas Subterráneas.
GCM:	Modelos Globales de Circulación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IAvH:	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Colombia.
ICN-UN:	Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
IGAC:	Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
IIAP:	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.
INVEMAR:	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”.
IPCC:	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
IRH:	Índice de Regulación Hídrica.
IUA:	Índice de Uso del Agua.
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
IVH	Índice de Vulnerabilidad Hídrica.
IVI:	Índice de Valor de Importancia.
MAG:	Modelo de Almacenamiento Geográfico.
Minambiente:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Minenergía:	Ministerio de Minas y Energía.

MGEPEA:	Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales.
MNAS	Modelo Nacional de Amenaza Sísmica.
NNP:	Potencial neto de neutralización.
NORM:	Naturally Occurring Radioactive Material - Material Radioactivo de Origen Natural.
NP:	Máximo potencial de neutralización.
OMM:	Organización Meteorológica Mundial.
PBOT:	Plan Básico de Ordenamiento Territorial.
PCM:	Plan de Cierre Minero
PGA	Aceleración Pico del Terreno en roca (por sus siglas en inglés).
PGAs	Aceleración Pico del Terreno a Nivel Superficial
PGIRS:	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
PMAA:	Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos.
PMA:	Plan de Manejo Ambiental.
PNOM:	Plan Nacional de Ordenamiento Minero.
POA:	Proyecto, Obra o Actividad.
POMCA:	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas.
PORH:	Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.
POT:	Plan de Ordenamiento Territorial.
PTO	Programa de Trabajos y Obras.
SGC:	Servicio Geológico Colombiano.

SIAC:	Sistema de Información Ambiental de Colombia.
SIAM:	Sistema de Información Ambiental Marina.
SINAP:	Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
SINCHI:	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.
SIRH:	Sistema de Información del Recurso Hídrico.
RCD:	Residuos de Construcción y Demolición
RNC:	Registro Nacional de Colecciones Biológicas.
SVCA:	Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire.
TCR	Trayectorias de Concentración Representativas
TSP	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas
TIC:	Tecnologías de la información y las comunicaciones.
TPD:	Tráfico Promedio Diario.
UGI:	Unidades de Geología para Ingeniería
UICN:	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
VITAL:	Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

GLOSARIO

Los conceptos incluidos en estos términos de referencia corresponden entre otros, con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales MGEPA, acogida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018, o la que la modifique o sustituya¹. En caso de discrepancia entre las definiciones incluidas en el presente documento y las previstas en normas superiores, prevalecerán las establecidas en estas últimas.

Aceleración Pico de Terreno (PGA, en inglés): es una medida utilizada en ingeniería sísmica que consiste en la estimación de las aceleraciones que puede presentar la superficie del terreno en una región definida en un periodo de tiempo determinado. Se expresa en términos de la magnitud del campo gravitatorio terrestre ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Acopio: **1.** Se define como la acción y el efecto de acopiar o reunir. **2.** Se entiende como el sitio donde se ubican los minerales que se extraen^[1].

Anomalía geoquímica: **1.** Desviación de los patrones geoquímicos que son normales para un área o ambiente determinado; manifestada como desviación positiva o negativa de los patrones normales de concentración de uno o más elementos en materiales naturales (suelos, rocas, aguas, sedimentos, materiales bióticos y otros) en un área o región geográfica dada. **2.** Variación de la distribución geoquímica normal para un área o un ambiente determinado^[2].

Abandono (industria minera): fase del ciclo minero durante la cual tiene lugar la disminución gradual de la producción, la actualización e implementación de los planes de cierre de la mina, el retiro de los equipos mineros, la disposición de activos y excedentes, el cierre, la definición del uso final del suelo y la implementación de las medidas de manejo, restauración y reconfiguración morfológica de las áreas afectadas por la minería, así como la definición de acciones para el post-cierre^[3]

Abatimiento del nivel de agua: descenso del nivel del agua subterránea observado en pozos de extracción, medido en metros y centímetros en un tiempo dado.

Aguas ácidas: se forman por meteorización de minerales sulfurosos, simultáneamente a la acción catalizadora de bacterias^[4].

Agua de drenaje de mina: aguas que se bombean de los frentes de trabajo de minería, bien sea a cielo abierto o subterráneas^[5]

¹ Las referencias para esta sección se encuentran al final del documento, en la sección de bibliografía.

Agua subterránea: el agua subterránea es el agua del subsuelo, que ocupa la zona saturada^[6] Son aguas subálveas y ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brotan en forma natural como los manantiales captados en el sitio donde afloran, o las que se requieren para su alumbramiento obras o estructuras hidráulicas de captación como pozos, aljibes y galerías filtrantes u otras similares.^[7]

Área de intervención: corresponde a la huella de proyecto, es un área continua o discontinua sobre la cual se planea llevar a cabo cualquier intervención directa en el terreno, bien sea ésta superficial o subterránea. En el caso de intervenciones en superficie, el área debe extenderse hasta donde se puedan manifestar alteraciones en el terreno relacionadas con la actividad minera. En el caso de intervenciones subterráneas, el área de intervención se define por la proyección en planta de las excavaciones, e incluye la zona hasta donde se puedan ocasionar movimientos en la superficie del terreno, por cuenta de la actividad extractiva

Aluvión: depósitos asociados a las corrientes permanentes o transitorios de agua. La depositación ocurre cuando la corriente pierde capacidad de transporte de la carga de fondo y los deposita. El depósito puede presentar un amplio rango de tamaños de grano^[8]

Beneficio de minerales: consiste en el proceso de separación, molienda, trituración, lavado, concentración y otras operaciones similares, a que se somete el mineral extraído para su posterior utilización o transformación^[9].

Berma: cara superior de un escalón (banco) de una explotación a cielo abierto construido para ser utilizado como vía de acceso, como barrera para detener rocas o material suelto desprendido o para mejorar la estabilidad del talud^[10].

Cambio Climático: variación del estado del clima, identificable, por ejemplo, mediante pruebas estadísticas, en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera por el incremento las concentraciones de gases de efecto invernadero o del uso del suelo. El cambio climático, podría modificar características de los fenómenos meteorológicos e hidro-climáticos extremos en su frecuencia promedio e intensidad, lo cual se expresará paulatinamente en su comportamiento espacial y ciclo anual de estos.

Cantera: se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción^[11].

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

Centros poblados: concentración de mínimo veinte (20) viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área rural de un municipio o de un corregimiento departamental. Dicha concentración presenta características urbanas tales como la delimitación de vías vehiculares y peatonales^[12].

Colas: material resultante de procesos de lixiviación y concentración de minerales que contiene muy poco metal valioso. Pueden ser nuevamente tratadas o desechadas^[13].

Contrato de concesión minera: es el que se celebra entre el Estado y un particular para efectuar, por cuenta y riesgo de este, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en el Código de Minas^[14].

Corredor: franja geográfica de ancho variable en la cual se ubican uno o varios trayectos o alternativas para la circulación del tránsito vehicular entre dos puntos conocidos ^[15].

Cobertura: distancia desde la superficie del terreno hasta la cota del túnel.

Depósito de placer: **1.** Deposito mineral detrítico formado por la acción de agua corriente o viento. Los depósitos más comunes son de oro, diamante y casiterita. **2.** Masa de grava, arena o material similar que contiene minerales valiosos; oro, plata, platino, estaño, entre otros, que han sido “liberados” de rocas y vetas. **3.** Depósitos de minerales que han sido arrastrados por los ríos y se encuentran en sus lechos secos^[16].

Desarrollo Regenerativo: El desarrollo regenerativo es un enfoque sistémico orientado no solo al manejo de impactos, sino a restaurar, renovar y fortalecer la capacidad funcional de los sistemas ecológicos, sociales y económicos, de manera que estos incrementen su resiliencia, productividad y capacidad de evolución en el tiempo.

Emergencia: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general^[17].

Escombrera: **1.** Depósito donde se disponen de manera ordenada los materiales o residuos no aprovechables (estériles) procedentes de las labores de extracción minera. **2.** Lugar seleccionado para depositar la capa vegetal, estériles y otros desechos sólidos provenientes de la explotación o el beneficio de los minerales^[18].

Escombros (industria minera): **1.** Material o roca que fueron rotos mediante la voladura. **2.**

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

Material de suelo, arena, arcilla o limo, no consolidados, encontrados como material de recubrimiento en las operaciones de minería a cielo abierto. **3.** Material estéril producido en una mina^[19].

Estéril: **1.** Se dice de la roca o del material de vena que prácticamente no contiene minerales de valor recuperables, que acompañan a los minerales de valor y que es necesario remover durante la operación minera para extraer el mineral útil. **2.** En carbones, del estrato sin carbón, o que contiene mantos de carbón muy delgados para ser minados. **3.** En depósitos minerales lixiviados, se dice de una solución de la cual los minerales de valor disueltos han sido removidos por precipitación, intercambio de iones, o por extracción por solventes. **4.** Escombros que se forman cuando se explotan las minas. En las explotaciones mineras se utiliza el mineral aprovechable, pero el resto del material que acompaña al mineral y no es útil (ganga) se deja acumulado cerca de las galerías o explotaciones mineras en forma de derrubios. **5.** Material sin valor económico que cubre o es adyacente a un depósito de mineral y que debe ser removido antes de extraer el mineral^[20].

Fracturas o discontinuadas: estructuras geológicas de interés hidrogeológico que pueden actuar facilitando el almacenamiento y movimiento de fluidos, o como barreras de flujo^[21]. Cobran especial interés cuando son intervenidas por obras subterráneas al generar conexiones del sistema, convirtiéndose en unidades hidrogeológicas de interés.

Fuente de emisión: es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire^[22].

Fuente fija: es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa^[23].

Fuente fija dispersa o difusa: es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como, por ejemplo, las quemas abiertas controladas en zonas rurales^[24].

Fuente fija puntual: es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas^[25].

Fuente móvil: es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse. Para efectos de la presente resolución, son fuentes móviles los vehículos automotores, las motocicletas, los motociclos y los mototriciclos^[26].

Ganga: **1.** minerales que no presentan interés económico en un yacimiento, aquella parte de una mena que no es económicamente deseable, pero que no puede ser desechada en minería. Ella es separada de los minerales de mena durante los procesos de concentración.

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

Este concepto se opone al de mena. Es el material estéril o inútil que acompaña al mineral que se explota. Generalmente son minerales no metálicos, o bien la roca encajante y muy ocasionalmente pueden ser minerales metálicos. Los minerales de ganga son aquellos que no son beneficiables, pero en algunos casos estos minerales pueden llegar a ser económicamente explotables (al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos) y, por lo tanto, dejarían de ser ganga, por ejemplo, el mineral de ganga es galena. **2.** La roca de derroche que rodea un depósito de mineral; también la materia de menor concentración en un mineral^[27].

Grupos de valor: de acuerdo con la definición contemplada en el Manual operativo del Modelo Integrado de Planeación y Gestión, los grupos de valor son personas naturales (ciudadanos), jurídicas (organizaciones públicas o privadas a quienes van dirigidos los bienes y servicios de una entidad) o individuos u organismos específicos receptores de los resultados de la gestión de la entidad.

Infraestructura minera: conjunto de bienes, instalaciones y servicios establecidos (agua, pozos sépticos, acueducto, energía, otros), básicos para el normal desarrollo de una operación minera. La infraestructura minera, como un todo, constituye un gran sistema compuesto por subsistemas, que deben considerarse desde diferentes puntos de vista y no exclusivamente desde el económico. Un subsistema importante es, por ejemplo, conjunto de instalaciones y lugares de trabajo tales como minas, plantas de beneficio, fundiciones, refinerías, estaciones de energía, talleres, lugares de embarque y despacho, transporte, vías de acceso, y, en general, la totalidad de las instalaciones de apoyo necesarias para asegurar el funcionamiento de la industria minera.^[28] (Tomado y Modificado de Decreto 182 del Ministerio de Minería de Chile, 2004: Reglamento de Seguridad Minera).

Infraestructura Remanente: Es la infraestructura minera que permanece en el área licenciada una vez se da por terminado el cierre minero².

Investigación del subsuelo: comprende el estudio y el conocimiento del origen geológico, la exploración y los ensayos de campo y laboratorio necesarios para cuantificar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo^[29].

Lixiviado: Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación^[30].

² Tomado y Adaptado de guía metodológica para la Evaluación de la estabilidad física de instalaciones Mineras Remanentes, Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 2018

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

Mapa de niveles piezométricos: representación de la altura del nivel del agua subsolar en el terreno.

Medidas de post-cierre en tiempo finito: son aquellas medidas que deben mantenerse hasta asegurar la estabilidad física y químicas de las instalaciones remanentes, como ser: monitoreos, tratamiento de efluentes, etc.

Medidas de post-cierre a perpetuidad: son aquellas medidas de cierre que requieren mantenimiento reparación y/o reemplazos, como señalización, reemplazo de cercas, mantenimiento de canales perimetrales, etc.

Mena: mineral de base del que es posible extraer otro mineral de mayor pureza e importancia económica. La molibdenita (sulfuro de molibdeno), por ejemplo, es la principal mena del molibdeno. 2. Minerales que presentan interés económico en un yacimiento. Este concepto se opone al de ganga. En general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento de interés. Para poder aprovechar mejor la mena, suele ser necesario su tratamiento, que en general comprende dos etapas: el tratamiento en el sitio de mina para aumentar la concentración del mineral en cuestión (procesos siderometalúrgicos, flotación, entre otros), y el tratamiento metalúrgico, que permita extraer el elemento químico en cuestión (tostación, electrólisis, entre otros)^[31].

Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG): es la colección de datos organizados de tal manera que sirvan para ser utilizados en aplicaciones de sistemas de información geográfica (SIG) y permitan el almacenamiento estructurado de la información, acorde a criterios espaciales para la gestión de la información geográfica.

Nivel de agua subterránea: profundidad medida desde el nivel de terreno hasta donde se localiza la lámina de agua subterránea en una unidad hidrogeológica de interés. Corresponde a una tendencia natural de cada unidad.

Paisaje fisiográfico: porción del espacio geográfico homogénea en términos del relieve, y de este en relación con otros factores físicos como el clima, los suelos y la geología. El paisaje fisiográfico se establece dentro de un gran paisaje, con base en su morfología específica, a la cual se le adicionan como atributos la litología y la edad (muy antiguo, sub-reciente, reciente, actual)^[32].

Participación: Es un derecho humano y fundamental que se materializa a través de mecanismos y acciones que garantizan que sea efectiva e incluyente por y para los grupos de valor de la Entidad. Por incluyente se refiere a la superación de las diferentes barreras que puedan impedir a las personas y comunidades ser partes activas del proceso de toma de decisión. Por efectiva, se refiere a la forma como son valoradas las inquietudes, sugerencias,

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

conocimientos, argumentos y saberes diversos como los comunitarios, aportados mediante los diferentes mecanismos de participación, en la toma de decisiones por parte de la administración y, en particular, en los asuntos ambientales de competencia de la ANLA. Fuente: Documento de estrategia de participación, ANLA, 2024.

Plan de manejo ambiental: es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Piezómetro: Pozo cuya rejilla está situada a una determinada profundidad del acuífero, que sirve para medir variables hidrogeológicas y químicas ^[33].

Potencial neto de neutralización (NPN): es el cociente entre el máximo potencial de neutralización (NP) y el máximo potencial de producción de ácido (AP), en ensayos de laboratorio.

Post-Cierre: Etapa posterior a la ejecución de las medidas y actividades de cierre definitivo del proyecto, obra o actividad, que comprende las acciones de monitoreo, seguimiento, verificación, mantenimiento y control de las condiciones físicas, químicas, bióticas y socioambientales resultantes del cierre, incluyendo la evaluación de emisiones, efluentes, drenajes, estabilidad geotécnica y desempeño de las medidas de rehabilitación, restauración o recuperación implementadas, con el fin de garantizar en el tiempo la estabilidad integral del área intervenida, la prevención y manejo de riesgos residuales, así como la protección de la vida, la salud, la seguridad de las personas y el medio ambiente, de conformidad con la normativa vigente.³

Recarga: Proceso natural o artificial, por medio del cual se aporta agua a un acuífero, por infiltración directa o inducción de agua ^[34].

Recursos hidrobiológicos: conjunto de organismos animales y vegetales cuyo ciclo de vida se cumple totalmente dentro del medio acuático, y sus productos^[35].

Residuos mineros: 1. residuos producto de la extracción y la explotación de minerales. 2. Desmontes, escombreras, colas, desechos y escorias resultantes de las actividades minero-metalúrgicas^[36].

³ Tomado y adaptado de la Ley N° 20.551, Regula el cierre de faenas e instalaciones mineras, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, artículo 3, literal o

Roca: masa natural de minerales que forma parte considerable de la corteza terrestre, y es originada mediante algún proceso geológico.

Sitio de pago: lugar con connotación cultural o sacra para las comunidades étnicas.

Solera: Parte inferior del revestimiento de un túnel.

Tenor: porcentaje neto de mineral económicamente recuperable de una mena^[37].

Túnel: obra subterránea de carácter lineal que comunica dos puntos, para el transporte de personas, fluidos o materiales

Unidades de geología para ingeniería (UGI): corresponden a zonas delimitadas teniendo en cuenta que representen alto grado de homogeneidad con respecto a las propiedades geotécnicas básicas, cumpliendo con las características de área y espesores mínimos cartografiados, de acuerdo con la escala de trabajo y con base en la definición de unidades litoestratigráficas.

Vulnerabilidad: susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos^[38].

Yacimiento mineral: 1. es una acumulación natural de una sustancia mineral o fósil, cuya concentración excede el contenido normal de una sustancia en la corteza terrestre (que se encuentra en el subsuelo o en la superficie terrestre) y cuyo volumen es tal que resulta interesante desde el punto de vista económico, utilizable como materia prima o como fuente de energía. 2. Es una concentración de elementos minerales, cuyo grado de concentración o ley mineral hace que sea económicamente rentable su explotación. 3. Lugar donde se encuentra una sustancia o unos objetos determinados, por ejemplo, yacimiento de minerales, yacimiento de petróleo, yacimiento de fósiles^[39].

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

En este documento se presentan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (en adelante el EIA), para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades en la sección 5 del artículo 2.2.5.1.5.5 Decreto 1666 de 2016 y lo definido en el capítulo 3, sección 2 del artículo 2.2.2.3.2.2, “Competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA”, y el artículo 2.2.2.3.2.3 “Competencia de las

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

Corporaciones Autónomas Regionales”, –en casos específicos- del Decreto 1076 de 2015, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante Minambiente), o aquel que lo modifique o sustituya. Estos términos son de carácter genérico y en consecuencia deben ser adaptados a la magnitud y particularidades del proyecto minero, las condiciones ecosistémicas en las cuales se proyecte la construcción y operación del mismo, sus fases de desarrollo y las características ambientales regionales y locales en donde se pretenda llevar a cabo.

Los términos de referencia solicitan información que deberá ser allegada por el solicitante en el EIA, el cual debe estar elaborado en concordancia con los lineamientos incluidos en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (en adelante MGEPEA), acogida mediante la Resolución 1402 de 2018 (modificada por la Resolución 1107 de 2019) del Minambiente, o aquella norma que la modifique o sustituya. En caso de que algunos de los requerimientos contemplados en la metodología, no apliquen para este tipo de proyectos, no deben ser desarrollados presentando la respectiva justificación del porqué no se tienen en cuenta.

Adicionalmente, para la elaboración y presentación del EIA se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La información cartográfica debe presentarse en archivos georreferenciados de acuerdo con el Modelo de Almacenamiento Geográfico (en adelante MAG) establecido en la Resolución 2182 de 2016, o aquella que la modifique o sustituya. Además, dicha información debe ser capturada en origen nacional, según lo establecido en circular externa de la ANLA número 00001 del 9 de octubre de 2020.
- El EIA debe ser entregado junto con la solicitud de la Licencia Ambiental a través de la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea - VITAL de Minambiente, disponible en el siguiente vínculo: <http://vital.minambiente.gov.co/SILPA/TestSilpa/security/login.aspx> y se debe incluir la información requerida en el capítulo 3 Licencias Ambientales, Sección 6 Trámite para la obtención la licencia ambiental artículo 2.2.2.3.6.2, de la solicitud de licencia ambiental y sus requisitos, del Decreto 1076 de 2015, o el que lo modifique o sustituya.
- En el momento en que la autoridad competente proponga y adopte diferentes metodologías, protocolos y lineamientos que se establezcan para la elaboración de estudios ambientales, el usuario debe acogerlos e implementarlos, de acuerdo con el régimen de transición establecido en cada uno de ellos.

Así mismo, el Estudio de Impacto Ambiental debe contener:

RESUMEN EJECUTIVO

De manera breve el titular deberá incluir una síntesis de los elementos que se enlistan a continuación, los cuáles se abordan en detalle en la MGEPEA y en las respectivas secciones de este documento:

- Indicar si se trata de solicitud de licencia ambiental de primera vez o de modificación de licencia ambiental.
- Síntesis del proyecto en donde se establecen las características relevantes de las fases y actividades básicas de la construcción, operación, desmantelamiento, cierre y post-cierre del proyecto.
- Diagrama de flujo general del proceso de la actividad de explotación minera, sus etapas y sus fases.
- Las fases del desarrollo deben incluir la solicitud de explotación, beneficio, transformación y/o transporte de los recursos minerales.
- Localización, extensión y características principales de las áreas de influencia por componentes.
- Resumen del proceso de participación con actores del área de influencia del proyecto, realizado desde la etapa de exploración.
- Indicar, si el proyecto genera reasentamiento de población, en caso afirmativo, presentar, caracterización preliminar de esta población.
- Síntesis de las necesidades de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables, requeridos por el proyecto.
- Síntesis de los escenarios sin y con proyecto e identificación y cuantificación de los impactos significativos del proyecto.
- Presentar de forma concreta el resultado de la zonificación ambiental.
- Presentar de manera concreta los resultados de la zonificación de manejo ambiental.
- Listado de programas y subprogramas de manejo ambiental y los programas de seguimiento y monitoreo.
- Resumen del plan de inversión de no menos del 1% (en los casos en que aplique).
- Resumen del plan de compensación del medio biótico.
- Breve síntesis del plan de contingencias, enfatizando en los riesgos ambientales.
- Cuadro del costo estimado del proyecto.
- Cuadro del costo aproximado de la implementación del PMA.
- Cronograma general estimado de ejecución del proyecto.
- Cronograma general estimado de ejecución del PMA concordante con la implementación del proyecto en todas sus fases y actividades.
- Propuesta y justificación de los aspectos determinantes en las actividades de los planes de cierre progresivo, cierre final y post-cierre.

El resumen ejecutivo no deberá superar una extensión mayor a 25 páginas; en este se sintetizarán los principales elementos del EIA, de tal forma que permita a la autoridad

ambiental tener una visión general del proyecto, las particularidades del área y de los medios donde se pretende desarrollar, los impactos significativos y los programas ambientales propuestos para su correspondiente manejo, durante la vida útil del proyecto.

1. OBJETIVOS

Se deben definir los objetivos generales y específicos del EIA y de la gestión ambiental del proyecto minero en su integridad (incluidas actividades conexas).

2. GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

Se debe relacionar el marco normativo vigente considerado para la elaboración del EIA, teniendo en cuenta las áreas de manejo especial, áreas protegidas, zonas con régimen jurídico especial, tratados y acuerdos internacionales que tengan vigencia en las áreas de influencia y que puedan tener incidencia sobre fronteras, y las comunidades territorialmente asentadas en las áreas de influencia de los componentes del medio socioeconómico, desde la perspectiva de la participación que le confiere la Constitución Política, la Ley 99 de 1993, la Ley 70 de 1993, la Ley 21 de 1991 y las demás leyes o normas que apliquen.

Se deben presentar los aspectos relevantes del proyecto previos a la elaboración del EIA, incluyendo justificación, estudios e investigaciones realizadas previamente, tales como la radicación y estado de solicitudes de sustracción de reservas forestales de Ley 2 de 1959 y demás trámites ante autoridades competentes⁴; identificación de acciones de ordenamiento ambiental y territorial, áreas del SINAP y SIRAP y demás áreas de manejo especial (AEIA); en que aplique, conceptos de compatibilidad del manejo frente al Distrito de Manejo Integrado (DRMI); identificación de áreas declaradas excluibles de la minería, de conformidad con lo señalado en la Ley 685 de 2001 o la norma que la modifique o sustituya, en caso de que existan; conceptos de compatibilidad en áreas de manejo especial, ubicación de otros proyectos en ejecución en el área de influencia (p. e. proyectos de interés nacional, regional o local), áreas donde se adelanten planes de compensación del medio biótico o de inversión forzosa de no menos del 1%, en caso de ser aplicable⁵, ronda hídrica acotada en los cuerpos de agua del área de influencia, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017, o la norma que lo modifique o sustituya entre otros aspectos que se consideren pertinentes.

En los casos de proyectos que pretendan intervenir áreas de reserva forestal nacional o regional, el solicitante deberá pedir la sustracción de estas ante la autoridad competente, de conformidad con lo dispuesto en la Resolución 1705 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o de aquella que la modifique o sustituya.

⁴ De acuerdo con lo señalado en el artículo 125 del Decreto- Ley 2106 de 2019.

⁵ Para ello se recomienda consultar el tablero de control de compensación, disponible <https://www.anla.gov.co/proyectos/apuestas-por-la-biodiversidad/tablero-control-compensacion>

Asimismo, se debe incluir en los antecedentes la información correspondiente a las actividades de prospección y exploración adelantadas, así como los resultados de las técnicas geológicas, geoquímicas y geofísicas empleadas.

Identificar y relacionar los programas y proyectos de orden nacional, departamental y municipal, comprendidos en el área de influencia del proyecto minero.

En los casos en que se requiera la recolección de especímenes para el levantamiento de información primaria, se debe contar con el permiso de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 2.2.2.9.2.1 del Decreto 1076 de 2015 o el que lo modifique o sustituya.

Del mismo modo se deberán incluir las actividades previas al proyecto que se desarrollan en el área de estudio, es decir, uso del suelo, actividades económicas predominantes, si existen otros proyectos con fines extractivos, entre otros, esto con el propósito de que esta información sirva de base para la valoración de impactos ambientales a nivel abiótico, biótico y socioeconómico.

2.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

- **Alcance:** El EIA atenderá lo establecido en los presentes términos de referencia, de igual manera garantizará que no se excluyan aspectos que puedan afectar y/o producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje.
- **Limitaciones y/o restricciones del EIA:** Cuando por razones técnicas y/o jurídicas no pueda ser incluido algún aspecto específico requerido en los presentes términos de referencia, o se presenten vacíos de información en cualquiera de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, esta situación deberá ser informada explícitamente, presentando la respectiva justificación con evidencias y la manera como se abordarán en el EIA.

2.3 METODOLOGÍA

Presentar de forma detallada las diferentes metodologías utilizadas para la elaboración del EIA, incluyendo técnicas, equipos, frecuencia de realización, procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de la información, memorias de cálculo y la representatividad de los muestreos para evaluar cada uno de los ecosistemas o comunidades en el área de influencia definida. Presentar el grado de incertidumbre de la caracterización realizada para cada componente en relación con los resultados obtenidos mediante la aplicación de la

metodología seleccionada, indicar fecha, hora y periodicidad correspondiente al levantamiento de información para cada componente y medio y la descripción de los insumos utilizados en la colecta de información, así como las respectivas citas y fuentes bibliográficas que las soporten.

Para tal efecto, el titular del proyecto, obra o actividad sujeto a licenciamiento ambiental debe basarse en los criterios incluidos en los presentes términos de referencia y en la MGEPEA. No obstante, de ser necesario o por la especificidad de los temas, se podrá recurrir a procedimientos metodológicos distintos y acordes con las variables a medir, cuya aplicación debe estar debidamente sustentada.

Igualmente, dar cumplimiento a los aspectos a continuación relacionados:

- Los archivos en formato ráster (incluyendo imágenes satelitales, de radar, fotos aéreas, ortofotografías, etc.), deben ser entregados a la autoridad en formato digital, como soporte a la información geográfica y cartográfica exigida en el MAG. En caso de que aplique, los productos de sensores remotos deben ser entregados con licencia multiusuario, con una resolución espacial mínima de cinco (5) metros, con la cual se permita a la autoridad ambiental competente hacer uso de la información. Esta información ráster debe ser reciente, la fecha de captura en lo posible debe ser no mayor a tres (3) años de la fecha de presentación. En caso de no encontrar insumos para la zona de estudio con esta característica, es posible utilizar información menos oportuna, siempre y cuando se argumente y demuestre apropiadamente las razones por las cuales no se utiliza información más reciente.
- Se debe incluir la información del consultor encargado de la elaboración del EIA y relacionar los profesionales que participaron en el mismo, especificando la respectiva disciplina.
- Los estudios por realizar mediante el levantamiento de información primaria para la caracterización de los diferentes componentes del medio biótico (líquenes, flora, fauna e hidrobiota) deben tener soportes que reflejen la realidad del área (condiciones y características) de cada componente al momento de la solicitud de la licencia ambiental. Por tanto, es importante considerar la vigencia de los insumos utilizados, para ello se debe tener en cuenta las dinámicas de cambio existentes en el área donde se pretende desarrollar el proyecto, las cuales deben ser representativas de la realidad del territorio y poder expresarse en términos de coberturas de la tierra, ecosistemas y caracterizaciones asociadas en el momento de la solicitud de la licencia ambiental.
- Deberá justificar la representatividad de la caracterización de los elementos del componente biótico al momento de la presentación del EIA

En cualquier caso, la autoridad ambiental dentro del proceso de evaluación podrá solicitar actualizaciones de la información como resultado de las visitas de campo en caso de que se evidencien diferencias con lo reportado en el estudio. Para lo anterior, se deberá considerar los procesos de fragmentación que se pueden presentar de manera acelerada dependiendo de la localización del proyecto.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La descripción pormenorizada del proyecto permitirá determinar su contexto y obtener suficientes detalles sobre los elementos clave para una evaluación confiable de los impactos a generarse por las actividades propuestas, así como la identificación de alternativas viables ambientalmente para la ubicación de infraestructura minera y mejores prácticas minero-ambientales.

El interesado conforme a lo señalado en el numeral de descripción del proyecto de las especificaciones técnicas del Estudio de Impacto Ambiental de la MGEPEA debe presentar lo consignado en los numerales siguientes:

- Descripción general de la configuración específica de diseño, tecnología y localización del POA integrando criterios de escenarios de variabilidad climática, e involucrar la adaptación al cambio climático y la mitigación de GEI.
- Para cada una de las fases del proyecto (numeral 3.2.5) se deben estimar las entradas y salidas respecto al flujo de recursos necesarios para su ejecución, así como los residuos generados en cada una de ellas; lo anterior con el fin de aplicar actividades encaminadas al uso eficiente, recirculación, reúso y reciclaje de materiales, agua y energía. Además, se debe elaborar un inventario y clasificación del potencial uso de los subproductos generados para una posible simbiosis industrial, comercialización, reincorporación o cualquier componente relacionado con la economía circular.
- Se debe presentar un análisis de contexto general que exponga las condiciones ambientales a nivel regional e integre la totalidad del área político-administrativa de los municipios que se superponen con el área de influencia del proyecto, a partir de fuentes secundarias de información de carácter oficial.
- Asimismo, la configuración específica de diseño, tecnología y localización del POA debe integrar los escenarios de variabilidad y cambio climático, e involucrar la adaptación al cambio climático y la mitigación de GEI.

3.1 LOCALIZACIÓN

Presentar de manera esquemática la localización geográfica y político-administrativa (departamental, municipal y corregimental; en los casos que aplique incorporar el ámbito veredal), que permita dimensionar y ubicar el proyecto en el entorno geográfico. Así mismo, localizar el área del proyecto minero en un mapa georreferenciado en coordenadas planas (datum magna sirgas y proyección cartográfica en origen único) a escala de presentación 1:10.000 o más detallada, que permita la adecuada lectura de la información relacionada con el proyecto minero y la infraestructura asociada con su operación, cumpliendo con los estándares de cartografía base del IGAC⁶, así como con los catálogos de objetos y siguiendo la estructura de datos definida en el MAG.

El mapa de localización general debe incluir entre otros el área prevista a intervenir con el proyecto, así como las obras e infraestructura y los siguientes aspectos de información básica:

- Curvas de nivel.
- Hidrografía.
- Accidentes geográficos.
- Asentamientos humanos.
- Equipamientos colectivos⁷.
- Sitios de pago.
- Red vial y/o férrea.
- Traslapo con la Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA).
- Áreas con riesgo no mitigable incorporados en los instrumentos de planificación regional (POT, PBO, EOT).
- Líneas de transporte de energía y/o de hidrocarburos, telecomunicaciones.
- Georreferenciación de áreas de extracción, beneficio, descarga dentro del proyecto y de los sitios de disposición de sobrantes del proceso minero.
- Identificación de la superposición con otras actividades mineras dentro del título minero del proyecto.

3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

⁶ IGAC, 2021. Catálogo de representación para la Cartografía Básica Oficial de Colombia.

⁷ También conocido como equipamientos socioeconómicos, corresponden a escenarios o instalaciones físicas en las que se prestan servicios en beneficio de una comunidad específica. Se consideran en esta categoría: aeropuertos, centros educativos, hospital, centro de salud, puesto de salud, escenario deportivo, escenario recreativo, infraestructura comunitaria, infraestructura de servicios públicos, de comercialización y abasto, de administración y seguridad, entre otros.

⁴ Se entenderá por diseño, al nivel de ingeniería solicitado, a través del cual se debe tener una resolución clara de cómo serán las obras, incluyendo las dimensiones generales, el cronograma de construcción, los insumos y lugar de emplazamiento de las mismas.

Se deben especificar las características técnicas del proyecto minero en las diferentes fases, la cantidad de área requerida para la construcción del proyecto y su infraestructura asociada, acompañada de los respectivos diseños⁸. Adicionalmente, se debe informar la duración del proyecto y presentar el cronograma estimado de actividades, los costos estimados y la estructura organizacional del mismo.

Presentar un diagrama de flujo del proceso con la descripción detallada de cada una de las operaciones unitarias de la actividad minera en el que se detallen las características, entradas y salidas, así como información de aquellas operaciones en las que se realiza beneficio o transformación de minerales.

3.2.1 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Identificar la infraestructura asociada; vial, social, energética y de cualquier otro uso ubicada en el área de influencia del proyecto y describir sus características de acuerdo con lo siguiente:

- Tipo y clasificación de vías, líneas férreas, rutas fluviales y cualquier otra infraestructura asociada.
- Estado actual de las vías e infraestructura de transporte que va a ser utilizada o modificada por el proyecto.
- Infraestructura social y/o productiva asociada o no al proyecto, como centros poblados, perímetros urbanos, zonas de interés turístico, cultural y religioso, escuelas, centros de salud, comercio, entre otros.
- Infraestructura energética (generación, transporte y distribución) presente en el área de estudio.

Infraestructura aeroportuaria pública o privada más próxima al proyecto.

La información sobre la infraestructura existente debe presentarse en planos a escala 1:10.000 o más detallada.

3.2.2 RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

- Se presentará una breve descripción de las actividades adelantadas durante la fase de exploración y los resultados obtenidos que llevaron a la delimitación y definición del potencial geológico-minero del yacimiento a partir de la información geológica, geoquímica, geofísica, de perforación, muestreo y análisis de resultados. La

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

información se presentará teniendo en cuenta el manual de suministro y entrega de la información geológica generada en el desarrollo de las actividades mineras, del Servicio Geológico Colombiano y la Agencia Nacional de Minería.

Se debe relacionar:

Exploración de superficie:

- Descripción de las labores de investigación superficiales y/o subterráneas realizadas, incluyendo: afloramientos, sondeos, túneles, apiques, trincheras, etc.
- Contactos con la comunidad y enfoque social.
- Topografía de las áreas explotadas.
- Sensores remotos.
- Reconocimiento de campo orientado a mineralizaciones.
- Geoquímica.
- Geofísica.
- Cartografía geológica, en plano y cortes de la ubicación (realizada y/o proyectada) de todas las actividades de exploración geológica, debe presentarse en planos a escala 1:10.000 o más detallada.

Exploración del subsuelo:

- Perforaciones profundas (incluye todo tipo de perforaciones, con profundidades superiores a 1 m) incluso las perforaciones para investigaciones geotécnicas e hidrogeológicas.
- Pozos y galerías exploratorias
- Muestreo detallado y análisis de calidad.
- Cartografía geológica actualizada.
- Tipo o clase de reservas: probables y probadas.
- Cuantificación de los volúmenes de reservas mineras, producción anual proyectada y vida probable del proyecto.
- Cuantificación de los volúmenes de sobrantes a remover, incluyendo la ganga o desechos de roca y niveles de suelo orgánico.

Se requiere conformar el Modelo Geológico Conceptual con salidas gráficas 3D en bloque diagramas que representen las condiciones del macizo rocoso en cuanto a unidades geológicas, fallas, zonas de fracturamiento y espesor de depósitos coluviales y aluviales. Y entregar la memoria explicativa del modelo.

3.2.3 DISEÑO DEL PROYECTO

Se debe presentar la descripción de las características técnicas del proyecto minero para cada una de las fases que lo componen, de acuerdo con el Programa de Trabajos y Obras de Explotación presentado a la autoridad minera para su aprobación, según lo indicado en la Resolución 40600 del 27 de mayo de 2015 del Ministerio de Minas y Energía⁹. De igual forma, se debe presentar la información suficiente para plantear no solo como se logra dar alcance a los objetivos del proyecto y los requerimientos asociados, sino también para identificar los cambios en los componentes ambientales que el desarrollo del proyecto conlleva.

- Se debe presentar un mapa a escala 1:5.000 o más detallada, con la distribución de las áreas en donde se propone el desarrollo de los trabajos y obras de explotación, así como las obras necesarias para el beneficio, transformación, transporte interno y servicios de apoyo, teniendo en cuenta la clasificación de áreas que se relacionan a continuación:
 - **Áreas de explotación:** por estas áreas se entienden las correspondientes a los polígonos en planta que delimitan las excavaciones superficiales y/o subterráneas necesarias para la extracción del mineral de interés junto con el estéril. Se debe identificar la geometría general de la explotación, indicando el avance anual proyectado.

Se presentará la proyección minera en un plano horizontal acompañada de perfiles o cortes representativos que permitan visualizar en un modelo 3D generalizado el avance de la explotación.

- **Áreas de beneficio y transformación de minerales:** se debe identificar claramente en la cartografía el sitio de ubicación de las plantas de beneficio y/o transformación del mineral y las áreas destinadas para el acopio de materiales.
- **Material sobrante del proceso minero (residuos mineros):** Se debe realizar cuantificación y caracterización geoquímica de los materiales sobrantes, reportar presencia y rangos de concentración encontrados en la fase de exploración y evidenciar variaciones en el desarrollo de la explotación, se deben tener en cuenta metales pesados y sustancias químicas peligrosas que puedan surgir, tanto de los frentes de explotación, del proceso de beneficio, de la transformación, lixiviados resultantes, y demás procesos químicos contaminantes que puedan presentarse en las zonas dedicadas a la disposición temporal o definitiva de los sobrantes del proceso minero.
- **Áreas para manejo de material sobrante:** se presentará la ubicación de las áreas destinadas a la disposición del material sobrante resultante de la explotación, diferenciándolas de acuerdo con las alternativas de disposición proyectadas. Además,

⁹ Por medio de la cual se establecen requisitos y especificaciones de orden técnico minero para la presentación de planos y mapas aplicados a la minería.

las características del terreno con fin de disposición de sobrantes incluyendo: nivel freático, textura, importancia ecológica de la zona entre otros.

- **Instalaciones de soporte minero:** la descripción deberá incluir todas las áreas directamente implicadas en las operaciones unitarias y auxiliares de minería, que incluye las zonas de instalaciones de soporte (talleres, bodegas, oficinas, campamentos, entre otras), áreas para el suministro, tratamiento y distribución de agua potable, disposición y tratamiento de aguas residuales (domésticas, industriales y ácidas) y residuos (ordinarios, industriales no peligrosos y peligrosos); sistemas de generación de energía, sistemas de recolección y drenajes de aguas lluvias; áreas para depósito y distribución de combustible; polvorines; sitios para el almacenamiento de suelos y material vegetal, entre otros.

Asimismo, se debe identificar en el plano la infraestructura existente y proyectada para movilizar el mineral y el material sobrante en el área contratada y el lugar de acopio y despacho del mineral.

En caso de que el área de despacho se encuentre fuera del área del proyecto, se deberá presentar información sobre: localización, memoria explicativa, planos, cuadro de áreas, diseños, análisis de estabilidad geotécnica, física y química bajo el área de acopio, cálculo del caudal de escorrentía, población aledaña, medidas de aislamiento, iluminación y señalización.

Para el caso de los trayectos de vías externas, y en caso de ser necesario, estos se deben presentar en mapas independientes a escala 1:5.000 o más detallada de manera que se puedan dimensionar y ubicar en el entorno geográfico.

- **Diseño y planteamiento de la explotación**
 - Sistema y método de explotación, así como la descripción de las operaciones unitarias (relación de desmonte, espesor y volumen (m^3) de capa superior del suelo, preparación del frente, arranque, cargue, transporte interno, descargue, almacenamiento, etc.).
 - Diseño geométrico de la explotación (extracción a cielo abierto: bermas, taludes, área y profundidad por año; minas subterráneas: diseño de la mina, ubicación de los pozos de mina, extensión de túneles por año, soporte y revestimiento de túneles)
 - Secuencia de la explotación (métodos).
 - Duración de la explotación.
 - Equipos y maquinaria por utilizar (principal y auxiliar).
 - Sistemas de transporte de minerales, estériles y operarios. Incluir para el caso de los minerales y estériles los volúmenes estimados a transportar por año.
 - Obras de arte requeridas.

- Agua: entrada de agua (necesidades, cantidad, origen, tratamiento, almacenamiento y transporte); salida de agua (origen, frecuencia, volumen, transporte, tratamiento y disposición final).
- Descripción de las redes de drenaje (canales de derivación de la escorrentía, estructuras de control de sedimentación y erosión, embalses, diseños y mapa de localización).
- Necesidad del proyecto minero sobre el control del agua en los frentes de explotación (métodos alternativos del abatimiento, caudal de uso del recurso hídrico subterráneo, sistema de extracción del agua, manejo del agua extraída, identificación del punto de descarga).
- Caudal progresivo de manejo del agua pluvial en las zonas de explotación, en zonas de acumulación transitoria de materiales mineros (acopio de materiales de explotación o insumos).
- Estimado del caudal y manejo del agua pluvial en el área de instalaciones de apoyo minero.
- Actividades de transporte y rutas de movilización interna del mineral, material estéril, equipos y personal.
- En caso de utilizar explosivos, determinar el radio de acción, repercusiones en el ecosistema y estabilidad del terreno (vibraciones)
- Plan de obras.
- Ubicación de fuentes de iluminación artificial y el análisis frente a la ubicación de población aledaña.

Esta descripción debe estar acompañada del respectivo mapa de diseño minero y salidas gráficas 3D, mostrando a través de cartografía la secuencia de explotación, inicialmente anual (primeros cinco años) y seguidamente quinquenal.

Es importante resaltar que los diseños mineros y civiles que se proponen realizar en el proyecto deben considerar entre otros los siguientes aspectos:

- El valor de aceleración máxima del terreno (PGA) para diseño debe corresponder a por lo menos un período de análisis de 100 años y una probabilidad de excedencia no mayor al 5%.
- Modelar la estabilidad de los taludes de las labores mineras propuestas y los demás taludes que se intervendrán por apertura de vías o construcción de infraestructura minera a corto, mediano y largo plazo; su formulación y justificación debe corresponder con el modelo geológico del sitio.

3.2.4 FASES Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Descripción de cada una de las fases bajo las cuales se desarrollará el proyecto, incluyendo las actividades previas, de construcción y montaje, explotación, así como las de cierre progresivo, desmantelamiento, cierre final y post-cierre.

Anexar visualizaciones a color y modelos del terreno contruidos con base en el estado actual del paisaje en las zonas a intervenir, para ello se deben escoger puntos de visibilidad claves (p.ej. miradores, puntos de interés turístico) y desde allí, en dirección al proyecto, se deberá modelar la conformación del paisaje en las diferentes fases (estado antes de la intervención, construcción y montaje, explotación y cierre progresivo (avance quinquenal), incluyendo las dimensiones e hipsometría de las obras o infraestructura a instalar. Estas representaciones de la integración del proyecto con el paisaje actual, debe simular la visibilidad que podría tener un observador de estatura promedio de 1.65 m, desde los puntos establecidos y en dirección al proyecto.

3.2.4.1 Fase de construcción y montaje

Describir y localizar en planos, las instalaciones y estructuras propuestas a construir, las obras y montajes mineros planeados para desarrollar el proyecto a escala 1:5.000 o más detallado. Los planos deben corresponder a una fase de diseño de ingeniería de detalle.

a. Instalaciones de soporte minero

- Instalaciones mineras: áreas para almacenamiento, beneficio, manejo, cargue y disposición de material (mineral y sobrante), entre otras.
- Instalaciones auxiliares: talleres, bodegas, oficinas, campamentos, facilidades sanitarias, plantas de tratamiento de aguas residuales – PTAR, laboratorios, estaciones de combustibles, generación de energía, entre otras.

b. Infraestructura de transporte

Definir y localizar los corredores de acceso al área (viales, fluviales, férreos, aeroportuarios u otros) escogidos para permitir la entrada y salida de materiales, personal, maquinaria, insumos y equipo al área del proyecto. Para todos los accesos nuevos y existentes necesarios para el desarrollo de las obras y actividades, se debe especificar la permanencia de su uso, la información debe presentarse en mapas a escala 1:5.000 o más detallada y como mínimo se debe describir, ubicar y dimensionar lo siguiente:

- Para los corredores de acceso existentes: públicos y/o privados a ser utilizados por el proyecto, se debe incluir la siguiente información:

- Localización.
 - Condiciones actuales: tipo, perfil vial, dimensiones y especificaciones técnicas generales del acceso (según lo establecido por el INVÍAS) y estado actual.
 - Con relación a las características principales que conforman la sección transversal de las vías se debe especificar sobre el ancho de la calzada, presencia y estado de cunetas, taludes, así como la velocidad de diseño, la relación de los usuarios que las utilizan (actividades económicas y tipo de vehículos) y los datos representativos de aforos en los cuales se pueda establecer la densidad del tráfico vehicular de todo tipo (tránsito promedio diario - TPD), calculado durante los períodos de mayor tráfico vehicular.
 - Propuestas de mejoramiento, rehabilitación y/o mantenimiento con la descripción de los tramos de vías a utilizar, durante la totalidad del tiempo de uso proyectado en donde se especifique las actividades que se ejecutarán, incluyendo el mejoramiento geométrico y altimétrico (curvas, pendientes, anchos, drenajes y sitios de cruce de cuerpos de agua), el detalle de las obras a construir, estimado de cantidades de materiales y volúmenes de disposición, métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio, entre otros).
 - Considerar la adaptación de obras o la construcción de obras nuevas que estén dirigidas a mitigar los impactos de atropellamiento, mortalidad de fauna y efecto barrera para la dispersión, o su equivalente (pasos de fauna).
 - Referencia descriptiva (referencias de sitios indicados específicamente) y cuantitativa (kilometraje y coordenadas) de los tramos de vías a mejorar, rehabilitar y/o mantener. Estas referencias se deben incluir tanto en la descripción de las actividades que se ejecutarán en estas vías como en la cartografía.
 - Propuesta del manejo de taludes, incluyendo obras de canalización, conducción de aguas y establecimiento de zanjas de coronación para el manejo de aguas de escorrentía.
 - Identificación de las poblaciones potencialmente beneficiarias de estos accesos.
 - Demás aspectos que se consideren relevantes para el mejoramiento, rehabilitación y/o mantenimiento de los accesos.
- Para los corredores de acceso nuevos, incluir la siguiente información:
 - Localización.
 - Trazado y especificaciones técnicas de las vías a construir (kilometraje y coordenadas), estimado de cantidades de materiales y volúmenes de disposición, métodos constructivos (incluyendo métodos de estabilización de cortes y rellenos) e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio, entre otros).
 - Análisis de geotecnia vial, en el cual se haga referencia a los resultados de los

análisis de estabilidad de los sitios críticos de corte y relleno, entendidos como aquellos sitios donde se planean llevar a cabo los mayores cortes en talud y los mayores espesores de relleno.

- Manejo de los taludes a conformar, (tanto de corte como en rellenos), explicando con claridad la forma cómo se hará el manejo de agua de escorrentía superficial, el tratamiento que se dará al agua subsuperficial en estos sitios y la forma como se garantizará la adecuada protección superficial de los taludes, así como el programa de mantenimiento de las vías.
- Identificación (kilometraje y coordenadas) de los tramos de vías en donde se pretenden realizar cruces de cuerpos de agua.
- Considerar la construcción de obras que estén dirigidas a mitigar los impactos de atropellamiento, mortalidad de fauna y efecto barrera para la dispersión, o su equivalente.
- Descripción de la infraestructura de pasos de fauna a implementar (localización georreferenciada, tipo de paso, dimensiones y características estructurales).
- Diseño preliminar de obras de arte e infraestructura relacionada (incluyendo la identificación y descripción en los cruces de cuerpos de agua existentes, tanto permanentes como intermitentes).
- Identificación de las poblaciones potencialmente beneficiarias de estos nuevos accesos.
- Propuestas de mantenimiento para la totalidad del tiempo de uso proyectado de la vía, en donde se especifique el detalle de las obras a construir, estimado de cantidades de materiales y volúmenes de disposición, métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio, entre otros).
- Estimativo de uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables (agua, suelo, forestal).
- Demás aspectos que se consideren relevantes para la construcción y/o mejoramiento de los accesos.

De acuerdo con el parágrafo 3 del artículo 2.2.2.3.6.2 del Decreto 1076 de 2015, *“las solicitudes de licencia ambiental, para proyectos de explotación minera de carbón, deberán incluir los estudios sobre las condiciones del modo de transporte desde los sitios de explotación de carbón hasta el puerto de embarque del mismo, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 3083 de 2007”, o la norma que modifique o sustituya.* “

3.2.4.2 Fase de operación

a) Beneficio y transformación de minerales.

Describir las operaciones unitarias implementadas para el procesamiento de minerales

(beneficio: lavado, conminución, homogenización, clasificación y concentración; Transformación: hidrometalurgia, pirometalurgia y operaciones auxiliares: disposición de colas y escorias), indicando los procesos a utilizar para la recuperación final y la identificación de productos principales y subproductos con elevado valor mineralógico y los subproductos con posibilidad de generar fuerte impacto ambiental.

- Tipo y ubicación de cada instalación de procesamiento: esquema de las instalaciones, áreas a ser ocupadas, actividades de construcción, volúmenes de materiales que serán tratados por unidad de tiempo, volúmenes de desechos por unidad de tiempo, listado de equipos, requerimientos de agua.
- Tipo y ubicación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales, sistemas de control de emisiones, control de polvo y control de ruido.
- Describir las alternativas para el tratamiento y disposición de colas de proceso y su análisis para la selección de la opción que presente menor impacto ambiental y menor riesgo ambiental, incluyendo como mínimo lo requerido en el aparte del manejo y disposición de sobrantes del numeral 3.2.4.2, de estos términos de referencia.
- En el caso de efectuar operaciones de lixiviación con cianuro, establecer la movilización de otras sustancias y otros metales, que forman complejos con el cianuro, e identificar y cuantificar a través de los balances de masa respectivos la presencia de estos.
- Para el manejo de lixiviados provenientes de escombreras y pilas, se deben hacer la descripción de las estructuras de contención (revestimientos, aislamientos, análisis de estabilidad, etc.), transporte de los fluidos lixiviados, así como del almacenamiento recuperación, tratamiento y disposición final.
- En caso de requerirse represas presentar el cálculo de la descarga por actividad pluvial y por aportes progresivos del proyecto e identificar donde se realiza la descarga o si se contempla la infiltración en el terreno y definir en cada caso si es de carácter temporal o permanente. Además presentar estrategias de alternativas para restauración, rehabilitación y alcanzar condiciones de estabilidad física y química.
- Asimismo, se deben detallar las posibles alternativas de movilización de los relaves y caracterización geoquímica y análisis de condiciones de reactividad, detallando condiciones mecánicas del depósito de relaves.
- Análisis geotécnico y geoquímico que verifique las condiciones de soporte y estabilidad de las pilas de lixiviación.
- Especificación de medidas para control de lixiviados en los puntos de acopio transitorios de materiales mineros.
- Establecimiento de los porcentajes de producción de los minerales en los diferentes estados, bruto, beneficiado y transformado.

b) Excavaciones subterráneas.

Describir las actividades a realizar cuando se proyecte la ejecución de excavaciones

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera de mediana y gran escala.

subterráneas, teniendo en cuenta como mínimo, según sea el caso:

- Método de Excavación
 - Sistema de soporte, según el modelo de terreno que garantice que las excavaciones serán estables y no generaran impactos por fallas en el macizo rocoso.
 - Drenaje
 - Sistemas de drenaje interior y exterior.
 - Disposición del agua de infiltración.
- El sistema de drenaje de agua de infiltración debe ser independiente al drenaje del agua propia de la construcción y/u operación.
- Impermeabilización
 - Eficiencia de las medidas de impermeabilización proyectadas.
 - Taludes en portales
 - Sistemas para la estabilización de taludes de los portales, incluyendo un análisis de estabilidad en condiciones normales y extremas de parámetros detonantes (sismo y lluvia extrema)

Nota: Se aclara que en el marco de EIA, el ejercicio de evaluación de las autoridades ambientales tiene como fin la evaluación de los efectos susceptibles de generar impactos ambientales de los proyectos, obras y actividades sobre el ambiente; no tiene como alcance evaluar la ingeniería, la tecnología y el diseño en sí mismo, puesto que desborda la órbita de las competencias establecidas en la normativa.

c) Insumos del proyecto

Para la ejecución del proyecto y de acuerdo con el plan minero de explotación, se debe presentar como mínimo la descripción del listado y la estimación de los volúmenes de insumos que se relacionan en la Tabla 1. Insumos del proyecto:

Tabla 1. Insumos del proyecto

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
Materiales de construcción	<p>Materiales pétreos (explotados en minas y canteras, usados como agregados en la fabricación de concretos, pavimentos, gaviones, enrocados, entre otros).</p> <p>Insumos procesados como concreto hidráulico, concreto asfáltico, prefabricados y triturados, entre otros.</p> <p>Material de préstamo (compensado, lateral o propio). Presentar en este caso el balance de masas</p>
	Plan de transportes, señalando el tipo de equipos, dimensiones,

Transporte	características, especificaciones de carga, número de viajes y frecuencia, capacidad de carga y análisis de las obras de infraestructura.
Otros	Combustibles, aceites, grasas, disolventes, entre otros: presentar las respectivas hojas de seguridad para materiales, especificando el manejo de los insumos sobrantes
	Sistemas y fuentes de generación de energía: especificar el tipo de infraestructura a construir, equipos requeridos, áreas a ocupar y posible ubicación, tipo de combustible a ser utilizado, uso que tendrá la energía generada, sistemas de interconexión, alternativas de trazado y especificaciones técnicas de líneas eléctricas (redes de transporte y distribución), métodos constructivos e instalaciones de apoyo. Deben establecer las actividades para el suministro de energía para el proyecto; en caso de que se pretenda realizar conexión al sistema de transmisión nacional se deben plantear para la línea de interconexión alternativas de trazado y su evaluación correspondiente, indicando adicionalmente las especificaciones técnicas de diseño para la alternativa seleccionada.
	Reactivos e insumos asociados a cada una de las etapas del proceso minero, especialmente en lo relacionado con sustancias químicas, respecto de las cantidades de mineral producido.
	Explosivos: indicar las memorias de perforación y voladura que incluya por lo menos tipo y clase de explosivo y accesorios, potencia, diseño de malla de perforación, condiciones de uso (duración y frecuencia), proyecciones de fragmentación, sismicidad, tipo de almacenamiento y transporte, ubicación de polvorines. Establecer el tipo de voladura que se empleará y los permisos adquiridos y una estimación de las vibraciones que se prevén. Determinar el radio de acción, repercusiones en el ecosistema y estabilidad del terreno.
	Demás insumos que se requieran para las diferentes fases del proyecto.
Material sobrante	Balance de masas de los materiales de excavación y de relleno: se debe especificar la cantidad de material a reutilizar en el proyecto.

Fuente: ANLA, 2021

Cuando se utilice el cianuro como insumo dentro del proyecto minero, se debe presentar el detalle del transporte, almacenamiento, uso y disposición final que se dará a este insumo dentro del proceso, junto con el manejo de los materiales expuestos y de los compuestos en los que el proceso minero incluya este mineral.

Cuando se requiera de materiales de construcción para la ejecución de las obras civiles, y estos se vayan a adquirir por medio de un tercero, se debe identificar y localizar (georreferenciar) los sitios que respondan a la demanda del proyecto y que cuenten con las autorizaciones vigentes de las autoridades Mineras y Ambientales competentes adicionalmente, se deben tener en cuenta los lineamientos definidos en la MGEPEA para este fin,

Cuando dichos materiales hacen parte del proyecto minero, su explotación debe estar amparada con el respectivo registro minero el cual debe estar incluido en la solicitud de licencia ambiental. En dicho caso, en el capítulo de Descripción del Proyecto debe abordarse esta actividad soportada con el respectivo diseño de la explotación acorde con el PTO presentado ante la autoridad minera. De igual forma, la evaluación de los impactos y su manejo ambiental deben formar parte del presente EIA.

d) Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto

Se debe describir, dimensionar y ubicar en mapas, la infraestructura y redes de servicios que sea necesario trasladar, reubicar o proteger, teniendo en cuenta, entre otras, las relacionadas en la Tabla 2:

Tabla 2. Infraestructura y redes de servicios

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCION
Servicios públicos	Redes de acueducto y alcantarillado.
	Redes de oleoductos, poliductos y gas.
	Redes eléctricas.
	Redes de tecnologías de la información y las comunicaciones.
	Granjas solares.
Otros	Distritos de riego.
	Vías (Red Vial Nacional, secundarias y terciarias).
	Predios (Describir su uso: Dotacional, educativo, vivienda, etc.).
	Infraestructura comunitaria (describir su uso: dotacional, educativo, vivienda, salud, recreación, etc.).
	Demás infraestructura y redes interceptadas.

Fuente: ANLA, 2021

e) Manejo y disposición de sobrantes

Desde el punto de vista de geotecnia y geomecánica se debe presentar:

- Análisis de la posibilidad de llevar a cabo el retrolleado, tanto de la mina objeto del proyecto, como de otras minas existentes y que se encuentran fuera de operación.
- Descripción de las alternativas para el tratamiento de colas, relaves y estériles presentando la caracterización geomecánica del material que se espera obtener en cada una de esas alternativas (lodos convencionales, pastas o lodos espesados, relaves cicloneados, relaves filtrados, material granular, etc). Las propiedades geomecánicas deben provenir de la caracterización en laboratorio de muestras a escala obtenidas del material a explotar.
- Si dentro de las alternativas se proyecta la construcción de un elemento de contención (dique, enrocado, contrafuerte, presa, muro, etc.), se deben allegar el dimensionamiento tanto en planta como en perfil de ese elemento de contención, así como las propiedades geomecánicas que permitan definir el comportamiento esperado de ese elemento en términos de resistencia, permeabilidad y compresibilidad. Las propiedades geomecánicas deben provenir de la caracterización en laboratorio de muestras obtenidas del material a utilizar para la construcción de dicho elemento de contención. Planteamiento de alternativas para la ubicación de los sitios de disposición de colas, relaves y estériles, incluyendo la identificación clara de afectación a cuerpos de agua. Las alternativas que planteen la interrupción de cuerpos de agua no se consideran válidas por no ser ambientalmente responsable
- Identificación tanto de las viviendas como de los elementos de infraestructura existentes en el área propuesta para disposición de sobrantes en cada uno de los sitios propuestos como alternativa de localización.
- Localización georreferenciada y mapas topográficos con planimetría y altimetría.
- Descripción detallada de las obras de construcción y adaptación del terreno, previo a la disposición de sobrantes.

Cuando se requiera realizar el manejo, transporte y disposición de colas, relaves o estériles, se debe incluir como mínimo lo siguiente para cada sitio de disposición.

- Para cada sitio propuesto como alternativa de localización, se debe presentar un perfil topográfico real del terreno, que sea característico de las condiciones de orientación y pendiente de la zona, en el escenario preoperativo (sin depósito). Así mismo, para el escenario de post-cierre (con depósito), sobre ese perfil característico se debe plantear la forma como se propone modificar el terreno con la depositación de materiales tipo colas, relaves o estériles.
- Para ese mismo perfil característico, en cada uno de los sitios propuestos como alternativa de localización, se debe presentar los análisis de estabilidad global de taludes (considerando el conjunto depósito - suelo de fundación), para los escenarios actual (sin depósito) y futuro (con depósito), para las condiciones normales y extremas

de parámetros detonantes (sismo y lluvia). En estos análisis se deben utilizar parámetros geotécnicos representativos de los materiales presentes en el perfil del subsuelo para cada sitio y se debe demostrar que las alternativas propuestas garantizan condición de amenaza baja de acuerdo con los criterios estipulados en Tabla 10. Criterios para la valoración de la amenaza por remoción en masa, numeral 6.1.7.9.1 Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por remoción en masa., de estos términos de referencia.

- Parámetros de diseño y planos a escala 1:5.000 o más detallada, en donde se relacionen entre otras, las obras de infraestructura necesarias para la adecuación del área (drenajes y subdrenajes, obras para manejo de sedimentos, estructuras de confinamiento y contención y taludes, entre otros).
- Planta y perfiles del desarrollo y avance del sitio de disposición de sobrantes, donde se presenten las diferentes etapas de su ejecución y la geometría final contemplada para cada sitio propuesto como alternativa de depósito.
- En el caso de proyectar la construcción de presas de relaves convencionales, no se permite utilizar el método de construcción “aguas arriba” (upstream).
- Propuesta de adecuación final del sitio de disposición de sobrantes y programa de revegetalización (diseño paisajístico).
- Identificación de los usos finales de cada uno de los sitios de disposición de sobrantes propuestos.

Desde el punto de vista de geoquímica se debe presentar:

- Caracterización geoquímica del o los sitio(s) de disposición final de sobrantes proyectados, así como de las rocas que conforman los diferentes niveles litológicos que serán objeto de explotación, de manera que se establezca la potencialidad de formación de drenajes ácidos y lixiviación de metales en el tiempo, así como de neutralización.
- Se debe incluir la clasificación de los materiales, involucrando para tal fin pruebas estáticas (balance ácido-base, lixiviación de metales, análisis mineralógico) y cinéticas (campo y laboratorio) para diferentes estados de meteorización y épocas climáticas.
- En concordancia con los resultados obtenidos, el solicitante debe proponer las obras o acciones para el adecuado manejo de las zonas de disposición final de sobrantes en el tiempo.
- Descripción detallada del manejo y restitución de cuerpos de agua, en caso de hacer desvíos temporales y definitivos y su compatibilidad con el cronograma del proyecto.
- Descripción detallada del manejo para prevención de contaminación de acuíferos, antes, durante y posterior a la disposición final.
- Relación de los volúmenes de material a disponer en cada sitio identificado, indicando su procedencia de acuerdo con el planteamiento minero y definición de la ruta a seguir por los vehículos que transportarán el material.

En síntesis, se debe suministrar toda la información que permita evaluar y comparar las diferentes opciones bajo las cuales sea posible el manejo de colas y relaves, indicando con claridad todos y cada uno de los criterios utilizados para comparar las alternativas, aportando los elementos requeridos para la adecuada interpretación y evaluación por parte de la autoridad ambiental.

Para la alternativa de disposición final de sobrantes seleccionada, se debe justificar su elección y las ventajas ambientales que esta tiene sobre las demás alternativas consideradas.

f) Residuos de construcción y demolición:

Cuando se requiera realizar el manejo, transporte y disposición de residuos de construcción y demolición (RCD) se debe dar cumplimiento a lo dispuesto en las Resoluciones 472 de 2017 y 1257 de 2021 expedidas por Minambiente o por las normas que las modifiquen o sustituyan, y demás normas concordantes:

En este contexto, si el titular de la licencia ambiental corresponde a un gran generador de residuos de construcción y demolición, de acuerdo con las condiciones establecidas en la Resolución 1257 de 2021, se debe formular el Programa de manejo ambiental de residuos de construcción y demolición y dar cumplimiento a las metas establecidas en dicha resolución.

Si no existen lugares autorizados por los municipios para la disposición de RCD, éstos se deben definir y describir en el marco del EIA; señalando los volúmenes estimados de material a disponer en cada uno, indicando su procedencia de acuerdo con cada zona del proyecto y determinación de la ruta a seguir por los vehículos que transportarán el material.

g) Residuos peligrosos y no peligrosos

Con base en las características del proyecto se debe presentar la siguiente información:

- Estimación de los volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos a generarse en desarrollo del proyecto, definiendo además la actividad o fase generadora.
- Clasificación, manejo y disposición de los residuos sólidos de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.3.2.2.2.9.86 Decreto 1077 de 2015,
- Clasificación, manejo y disposición de los residuos peligrosos de acuerdo con lo establecido en la Ley 1252 de 2008 y el Decreto 4741 de 2005 “por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”, hoy compilado en el Decreto 1076 de 2015, o aquel que los modifique o sustituya.

En caso de que exista la probabilidad de ocurrencia de residuos con contenidos de NORM (Naturally Occurring Radioactive Material – materiales radioactivos de origen natural) derivados de las operaciones de beneficio y/o transformación de minerales, se debe incluir la descripción del manejo y disposición de este tipo de residuos de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente del Ministerio de Minas y Energía.

Para el manejo de los residuos sólidos, el EIA debe tener en cuenta las consideraciones contempladas en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del municipio o municipios, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 754 del 25 de noviembre de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o aquella que la modifique o sustituya, y las demás normas vigentes sobre la materia.

Para el manejo de residuos por parte del solicitante se deben identificar los impactos previsibles y plantear las correspondientes medidas de manejo. Las instalaciones respectivas se deben presentar en mapas a escala 1:5.000 o más detallada, de tal forma que permita la lectura adecuada de la información.

3.2.4.3 Fase de desmantelamiento y abandono

De manera general se presentarán las actividades planteadas desde la elaboración del plan de cierre al inicio del proyecto, el planteamiento de las actividades de cierre progresivo durante la operación, involucrando actualizaciones periódicas e investigaciones durante la operación de la mina para determinar las mejores técnicas que formarán parte del plan de cierre, la ejecución de las actividades de cierre final y las actividades de post-cierre.

3.2.5 PRODUCCIÓN Y COSTOS DEL PROYECTO

Presentar los costos totales estimados del proyecto (inversión y operación) ¹⁰, de acuerdo con lo previsto en el numeral 3, artículo 2.2.2.3.6.2, sección 6, capítulo 3 del Decreto 1076 de 2015 o el que lo modifique o sustituya, se debe incluir entre otra la siguiente información.

- Producción en toneladas/año y onzas/año.
- Relación de mineral / m³ de material removido.

¹⁰ Este valor debe coincidir con el valor reportado para la liquidación del pago por servicios de evaluación, los cuales deben atender la reglamentación vigente al respecto (para el caso de la ANLA, la Resolución 0324 del 17 de marzo de 2015 (modificada por las Resoluciones 1978 de 2018, 2039 de 2020) o aquella que la modifique o sustituya).

- Costos de extracción.
- Costos de beneficio.
- Costos de restauración por unidad de producción.
- Costos de manejo y disposición de estériles.
- Costos previstos para el plan de cierre del proyecto.
- Costos previstos para las actividades del Post-cierre del proyecto.

3.2.6 CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Se debe incluir el plazo de duración del proyecto de acuerdo con el contrato de concesión minera y el cronograma estimado para el desarrollo de la construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, cierre y abandono de los montajes, infraestructura y actividades de post-cierre minero.

3.2.7 ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

Se debe presentar la estructura organizacional para la ejecución del proyecto, estableciendo la instancia responsable de la gestión ambiental, flujos de información, así como sus funciones.

4. ÁREAS DE INFLUENCIA

El titular del proyecto, obra o actividad sujeto a licenciamiento ambiental debe establecer la definición, identificación y delimitación del área de influencia del proyecto, de acuerdo con lo señalado en la MGEPEA.

Se debe tener en cuenta que:

La delimitación del área de influencia del EIA debe ser debidamente sustentada, cartografiada y presentada en planos a escala 1:10.000 o más detallada haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La definición del área de influencia por componente, grupo de componentes o medio, incide en la implementación de las medidas de manejo propuestas, por lo que éstas se deben enmarcar en las áreas que serían impactadas de manera significativa por las actividades.

En caso de una modificación del instrumento de manejo y control ambiental, el análisis de las áreas de influencia deberá corresponder a los componentes de los medios abióticos, biótico y socioeconómico, que de acuerdo con el objetivo y alcance de la solicitud de modificación serán impactados, asegurando que ninguno quede excluido. Con base en estos resultados se deberá hacer un análisis comparativo con respecto al área de influencia del proyecto que se encuentre vigente y demostrar técnicamente si esta permanece igual para todo el proyecto o requiere ajustarla y/o modificarla, en ese caso deberá entregar las nuevas áreas con todas las capas temáticas que apliquen.

5. PARTICIPACIÓN Y SOCIALIZACIÓN CON LAS COMUNIDADES ^[61]

En el proceso de participación y socialización de la información del EIA, se debe tener en cuenta la aplicación de los lineamientos establecidos la MGEPEA acogida por la Resolución 1402 de 2018 o aquella que la modifique o sustituya, la normatividad vigente y el alcance que tiene el proyecto en el marco de un EIA.

Adicionalmente, se recomienda la consulta de la guía de participación ciudadana para el licenciamiento ambiental, generada por la ANLA¹¹.

Para cada uno de los encuentros definidos para el proceso de participación, se deben presentar las evidencias relacionadas con lo siguiente:

- Convocatorias: cobertura, tipo, frecuencia, población objetivo, actores, correspondencia enviada.
- Reuniones: procedimiento metodológico, recursos de apoyo pedagógico y didáctico, población objetivo.
- Resultados: actas, listados de asistencia, fotografías, videos, audios.

Para la documentación de los respectivos soportes en el Estudio de Impacto Ambiental, en el caso de uso de mecanismos no presenciales o semipresenciales se deberán incluir las evidencias que den cuenta del proceso de participación efectiva, de acuerdo con los criterios señalados anteriormente sobre este aspecto.

Tener en cuenta las siguientes orientaciones para garantizar procesos de dialogo, deliberación, concertación para la toma de acciones en beneficio de los actores sociales involucrados en los proyectos mineros:

- Presentar base de datos de actores sociales y consolidado de las acciones realizadas desde la llegada al territorio del proyecto minero¹².
- Relacionar los medios de comunicación y la disponibilidad en tecnologías de la información y comunicación -TIC en el área del proyecto, haciendo uso de fuentes primarias o secundarias de información.

¹¹ Para consulta en: <http://portal.anla.gov.co/guia-participacion-ciudadana>

¹² Ministerio de minas y energía 2015. Protocolo de comunicación para proyectos mineros.

- Identificar el manejo en TIC de los actores sociales.
- Identificación de espacios, horarios y disponibilidad para encuentros (presencial, semipresencial y/o virtual).
- Concertar el número de encuentros (presenciales, semipresenciales, no presenciales) los cuales dependerán de las características de los actores sociales, de las disposiciones emitidas por las entidades territoriales o nacionales (p.ej. las asociadas a orden público del territorio y de atención a la emergencia sanitaria ocasionada por algún tipo de pandemia).
- Diseñar un proceso metodológico que garantice en los diferentes espacios de participación con actores sociales, la comprensión y análisis de las acciones a realizar en las diferentes fases del proyecto minero, construcción y montaje, operación, cierre y post-cierre, así como de las diferentes etapas de los proyectos de minería, diferenciando claramente entre la exploración (describiendo todas las labores llevadas a cabo como sondeos, perforaciones, prospección geofísica, galerías, trincheras, apiques), construcción y montaje, explotación, beneficio, cierre y abandono, aclarando en los casos en que aplique, los aspectos que se mantendrían vigentes de la etapa de exploración en el proyecto de explotación.
- Diseñar medios comunicativos (audiovisuales, impresos y digitales), con lenguaje sencillo, con elementos culturales propios del área del proyecto, que permitan a los actores sociales comprender fácilmente los temas¹³:
- Establecer canales de atención a los actores de interés (presenciales, semipresenciales, o no presenciales), para atender las observaciones, aportes, peticiones, quejas, reclamos, sugerencias, relacionadas con el proyecto minero, en el marco de la elaboración del EIA^[62] así como para la difusión de los avances durante el proceso de elaboración del EIA. Se deben anexar al estudio los soportes correspondientes a la implementación de dichos canales de atención, comunicaciones recibidas, respuestas dadas y aquellos que se consideren pertinentes.

¹³ Agencia Nacional Minera-ANM- resolución número 263 de 25 mayo 2021. “Por la cual se deroga la Resolución 406 del 28 de junio de 2019 y se modifica la Resolución 318 del 20 de junio de 2018, en la cual se adoptan los términos de referencia aplicables para la elaboración de los programas y proyectos de Gestión Social en la ejecución de los proyectos mineros, y se dictan otras disposiciones”.

6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Para la caracterización del área de influencia del EIA se deben seguir las directrices establecidas en la MGEPEA.

El EIA debe elaborarse tanto con información primaria, como con la información secundaria que esté disponible, este capítulo debe aportar información cualitativa y cuantitativa que permita, en primera instancia, conocer las características ambientales actuales del área de influencia del proyecto, y posteriormente mediante los indicadores de seguimiento, poder realizar una adecuada comparación de las variaciones de dichas características en cada medio, durante el desarrollo de las diferentes fases del proyecto.

La información de caracterización de línea base de nivel regional que se solicita en estos Términos de Referencia, en el caso de existir y estar validada por la autoridad ambiental, y se haya puesto a disponibilidad de los solicitantes, no será necesario entregarla en la caracterización de línea base, sin embargo, se debe referenciar la fuente, la ubicación y temporalidad y deberá ser analizada en el documento.

Los resultados deben presentarse en planos a escala 1:10.000 o más detallada, a menos que se realice un requerimiento diferente para alguno de los componentes.

6.1 MEDIO ABIÓTICO

La información debe permitir conocer las condiciones físicas existentes en el área de influencia como un referente del estado inicial antes de la ejecución del proyecto. Para ello se deben tener en cuenta los siguientes componentes.

6.1.1 GEOLÓGICO

La información del componente geológico debe generarse en escala 1:10.000 o más detallada, donde se requiera de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto o a menos que se realice un requerimiento diferente para alguno de los componentes, se debe contar con una escala de trabajo de detalle y una escala de presentación que permitan realizar la correspondiente lectura. La descripción geológica debe seguir los lineamientos establecidos en la MGEPEA y contener la descripción y análisis de los siguientes aspectos:

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

6.1.1.1 Geología regional y local

Se debe presentar la descripción de todas las unidades geológicas que afloran a nivel regional y local, representadas en una columna generalizada del sector, junto con la geología estructural del área de estudio, con base en estudios existentes en la zona y ajustada con interpretación de sensores remotos y el respectivo control de campo

En la descripción de la geología estructural se debe presentar de manera detallada la orientación de los estratos, fallas, pliegues y todos los demás elementos que permitan entender el contexto geológico estructural a nivel regional y local, de la zona de estudio.

El responsable del EIA debe complementar la información anterior con planos en planta y secciones transversales que incluyan los elementos geológicos de carácter regional y local, necesarios para la construcción de los modelos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos.

La información geológica consignada en publicaciones académicas, científicas y de otros sectores, debe articularse con los estudios geológicos de diversa índole que el SGC haya realizado en la zona.

Para llevar a cabo este ajuste se deben utilizar las técnicas disponibles en el estado del arte de este campo del conocimiento. Adicionalmente, toda la información geológica que se genere para el proyecto debe ser consistente con la nomenclatura y estándares de cartografía geológica nacional establecida por el SGC.

La información de geología regional debe generarse a escala 1:25.000, o más detallada en aquellos sitios donde se requiera de acuerdo con las condiciones particulares del área de estudio y la geología local debe presentarse a escala 1:10.000 y debe cubrir el área de influencia para el medio abiótico. De cualquier manera, se debe garantizar que se cuenta con la información a una escala adecuada para llevar a cabo los análisis y el trabajo de detalle para el proyecto específico. La escala de representación de la información espacial puede ser diferente a la escala de trabajo y debe ser tal que permita realizar una adecuada lectura de la información.

6.1.1.2 Geología del yacimiento

- **Estratigrafía.**

Descripción litológica, referencia de edad, génesis, origen, espesor, distribución y posición cronológica en la secuencia de las distintas unidades litoestratigráficas en función del depósito minero objeto en el área de estudio, siguiendo los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

- **Geología estructural.**

Se debe presentar la localización y descripción de las estructuras geológicas regionales y locales, y de los lineamientos identificados mediante estudios fotogeológicos, el análisis de rasgos tectónicos, identificación de fallas, pliegues, estructuras sinclinales, anticlinales, sistemas de diaclasamiento y todos los demás elementos de la geología estructural que permitan llevar a cabo la clasificación y calificación del estado del macizo rocoso con propósitos de minería, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la MGEPEA. y en el manual de suministro y entrega de la información geológica generada en el desarrollo de actividades mineras del SGC y la ANM¹⁴.

6.1.1.3 Geoquímica del yacimiento

Para realizar la caracterización geoquímica del yacimiento previo a la ejecución del proyecto y predecir los posibles impactos al medio, principalmente los relacionados con calidad de agua y liberación de contaminantes de interés ambiental, se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:

Caracterizar la geología y mineralogía de los materiales a ser intervenidos por el proyecto, incluyendo: *“...la determinación del tipo de roca (litología), alteración, oxidación mineralogía primaria y secundaria, disponibilidad de minerales capaces de producir ácido y neutralizar...”* y elementos potencialmente tóxicos (EPTs) *incluidos metales que pueden lixivarse (por ejemplo liberación a partir de venas, diseminados, encapsulados, etc.). Debe igualmente caracterizarse la ubicación y dimensiones de zonas oxidadas y no oxidadas para todo tipo de desechos, paredes del tajo, y trabajos subterráneos...”*

“...Definir las unidades geoquímicas de ensayo o Litotipos (p. e. Potencialmente generadoras de acidez con lixiviación de metales Potencialmente generadoras de acidez sin lixiviación de metales y no Potencial generadoras de acidez (drenaje natural de mina) sin liberación de metales), “(tipos de roca con características físicas y químicas particulares), ... “dependiendo de los resultados de la caracterización, algunos de los litotipos de prueba pueden agruparse en el plan de manejo de residuos de la mina. Alternativamente, si un litotipo arroja una variedad/rango de resultados, puede ser subdividido inicialmente para el manejo de desechos...”

“...calcular los volúmenes de cada litotipo a ser generados y la distribución de los tipos de materiales en los desechos, tajo abierto y trabajos subterráneos”.

¹⁴[SGN, ANM & MinEnergía, 2019. Manual De Suministro y Entrega de la Información Geológica Generada en el Desarrollo de Actividades Mineras.](#)

“...realizar una prueba de escala de referencia del mineral, lo cual involucra la creación de relaves y/o materiales de lixiviados en un laboratorio...”¹⁵

Además, se deberán incluir muestras que reflejen cambios en la alimentación de mineral durante el levantamiento de la mina.

De acuerdo con lo anterior, complementar la caracterización geoquímica con la base de datos geoquímicas de muestras recolectadas durante las etapas de prospección, exploración, prefactibilidad y factibilidad (p. e. muestreo de sedimentos en las redes de drenajes, muestreo de suelos, muestreo de roca en superficie y a profundidad, hidrogeoquímica de aguas superficiales y subterráneas, pruebas metalúrgicas entre otras), a partir de las cuales se basa la caracterización geológica y mineralógica de los sitios a ser intervenidos por la actividad minera. En consecuencia, será necesario:

- Desarrollar un modelo geoambiental específico del sitio designado para el depósito de materiales sobrantes producto de la actividad minera basado en el modelo de depósito mineral (Plumlee y Nash, 1995). El modelo geoambiental de un depósito mineral es una compilación de información geológica, geoquímica, geofísica, hidrológica y de ingeniería relacionada con el comportamiento ambiental de depósitos minerales geológicamente similares (1) antes de la extracción y (2) resultantes de la extracción (procesamiento de minerales, y fundición). Por lo tanto, un modelo geoambiental proporciona información sobre las variaciones geoquímicas naturales asociadas con un tipo de depósito en particular y las variaciones geoquímicas asociadas con sus efluentes mineros, desechos e instalaciones de procesamiento de minerales.
- Especificar los métodos analíticos utilizados en los análisis de muestreo, en particular de las muestras de las distintas matrices o medios de exposición (Aguas subterráneas y superficiales, roca, sedimentos, suelos...) para identificar y cuantificar la concentración total de elementos químicos. Además, especificar los límites de reporte o límites de cuantificación utilizados.
- Presentar el plan de muestreo y análisis en la caracterización del potencial de generación de acidez. Como parte de la planificación sistemática del muestreo se deberá incluir el plan de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) completo con el objetivo de asegurar la calidad de los datos a partir de la documentación de los indicadores de calidad (DQIs por sus siglas en inglés) como la representatividad, exactitud, precisión, comparabilidad, integridad, implementación de procedimientos operativos estándar (SOPs por sus siglas en inglés) y reproducibilidad.
- Analizar las concentraciones totales de elementos de interés ambiental y/o (EPTs) (S,

¹⁵ [Maest et al. \(2005\) citado en la GUIA PARA EVALUAR EIAs DE PROYECTOS MINEROS. “Environmental Law Alliance Worldwide”, julio de 2010 Cap. 3. Pag. 35.](#)

Cu, As, Cd, Cr, Co, Sb, Pb, Zn, Hg, Se, Mo, Mn, entre otros) para los diferentes medios (aguas y suelos principalmente), así como del material producto de la operación minera (mineral y desecho), utilizando índices de abundancia geoquímica (GAI) INPA, 2017. Asimismo, implementar técnicas de análisis geoestadísticos, que permitan definir el modelo de distribución geoquímica.

- Las anomalías de los elementos de interés ambiental y/o EPTs se deberán establecer teniendo en cuenta marcos de referencia regionales, distritales o incluso locales a partir de la caracterización geoquímica de las unidades de roca y/o suelos adyacentes al proyecto, es decir, establecer los valores de fondo por encima de los cuales los valores químicos obtenidos se pueden considerarse anómalos o representar un contraste geoquímico. p. e.: El método más simple es comparar las concentraciones específicas del sitio con los valores de abundancia de la corteza (Price 1997, Turekian y Wedepohl 1961). Por lo general, se considera enriquecido cualquier cosa que supere de 5 a 10 veces la abundancia de la corteza. (composición media de la corteza terrestre).
- Definir el área de influencia geoquímica a partir del modelo geoquímico conceptual (Price (2006), Guía GARD (2022)) y el análisis de dispersión primaria y secundaria de los elementos de interés ambiental y sus asociaciones como base para la identificación y caracterización de los litotipos y el diseño del programa de muestreo y análisis geoquímico.
- Determinar si los elementos de interés ambiental identificados son de origen natural o antropogénico.
- Incluir evidencias de apoyo para la distribución de anomalías geoquímicas y ocurrencias de minerales de alteración, es decir, mapear los límites de alteración geológica e hidrotermal por medio de gráficos temáticos, tales como mapas (en planta y a diferentes niveles) y perfiles en direcciones específicas acorde con los lugares a ser intervenidos por el proyecto.
- Existen diferentes metodologías para la clasificación del tipo de drenaje de mina (Acido, neutro, alcalino o salino) Minenergía GGC-468 (2020). Por lo tanto, se deberá definir o predecirse el tipo de drenaje existente o potencial, con base en la caracterización geoquímica y en función de procesos de oxidación y parámetros como: pH, potencial redox, temperatura, conductividad, contenido de oxígeno y metales pesados entre otros.
- Establecer la metodología para definir el plan de muestreo para analizar el potencial de generación de acidez (AGP) y especificar el tipo y número de muestras y análisis geoquímicos implementados con base en el modelo geoquímico conceptual y de

acuerdo con el plan de mina, la variabilidad, volumen y distribución de los litotipos que estarían expuestos durante la extracción¹⁶, se deben recolectar muestras representativas de cada litotipo identificado (LPSPMI, 2016), con un aumento gradual en el número de muestras de cada “tipo de material clave”, comenzando en la fase de exploración y continuando a través de la operación (INAP, 2017). El EIA debe proporcionar un resumen del análisis estadístico de variabilidad de los parámetros geoquímicos clave para cada litotipo (Runnells y Shields, 1997, y Alarcon et. al., 2015).

- El documento de orientación Australian Preventing Acid and Metalliferous Drainage (2016) proporciona recomendaciones para la cantidad de muestras representativas de cada litotipo en distintas etapas del desarrollo y la operación de la mina. En algunos casos, puede ser posible vincular los resultados de las muestras geoquímicas con los resultados del estudio metalúrgico si existe una correlación lo suficientemente fuerte entre el S total y el potencial de generación de ácido, y entre el C o el Ca y el potencial de neutralización. Además, se requerirá de una caracterización adicional en función de diferentes factores modificadores que influyan con la evolución del planeamiento minero.

• Drenaje ácido de mina (DAM)

De acuerdo con Minenergía GGC-468 (2020)¹⁷, para la evaluación y modelado del Potencial Generador de Acidez (AGP), se debe tener en cuenta la Información de las etapas de exploración, explotación, cierre y post-cierre.

En caso de que las rocas del área y/o el mineral a explotar contengan azufre pirítico, otros sulfuros, o productos de oxidación de sulfuros, se debe efectuar una evaluación del potencial de generación de DAM/DAR a partir de la formación y neutralización natural de ácido. Para determinar el potencial de generación de acidez (AGP) de los materiales extraídos y los desechos de la mina, el EIA debe incluir los siguientes resultados de análisis:

- *“Se deben realizar pruebas estáticas en las fuentes potenciales de drenaje ácido, incluyendo los escombros o desechos de roca, rocas de las paredes del tajo, trabajos subterráneos, relaves, mineral, materiales de la pila de lixiviación, y materiales sólidos de desecho” ...*

¹⁶ US EPA 530/R-94-036(1994)

¹⁷ Minenergía GGC-468 (2020), en el documento: Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política Para los Procesos de la Actividad Minera Relacionados Con Presas de Relaves y Drenajes Ácidos.

- *“...Para el potencial de neutralización (NP), se recomienda el método de Sobek modificado.”¹⁸ Debido a que el potencial de neutralización se puede generar a partir de carbonatos y silicatos, los cuales tienen velocidades de reacción muy diferentes, suele ser útil medir el NP de carbonato a partir del carbono total y comparar los resultados con los NP de Sobek (INAP, 2022).*
- *El potencial de generación de ácido (AP) se puede calcular a partir del contenido total de azufre o se puede basar en la concentración de una o más especies de azufre, esta última, proporciona una estimación más refinada de la cantidad de azufre reactivo presente (INAP, 2022). La mineralogía y la composición de las especies de azufre se pueden confirmar mediante análisis mineralógicos.*
- Determinar la relación de Potencial de Neutralización (RPN) a partir de la relación entre el máximo potencial de neutralización (NP) y el máximo potencial de producción de ácido (AP) mediante el desarrollo de ensayos estáticos en muestras espacialmente representativas de los diferentes tipos de suelo y roca que serán intervenidos por el proyecto. Cuando el RPN presente una relación NP: AP menor a 3:1, se deberán realizar ensayos cinéticos empleando metodologías internacionalmente reconocidas. Adicionalmente, cuando esta relación sea inferior a 1:1, se deberá realizar un análisis de riesgo de toxicidad en humanos y de ecotoxicidad en ictiofauna, que contemple todos los metales que puedan presentarse en solución en las aguas subterráneas y superficiales a partir del drenaje que se produciría desde las paredes de la mina, desde los botaderos y desde los depósitos de relaves en diferentes escenarios de riesgo.
- *“Las pruebas cinéticas deben realizarse con un número representativo de muestras de cada unidad de prueba geoquímica o litotipo con un RPN promedio de 1 o menor. Debe darse énfasis especial a las pruebas cinéticas de muestras para las cuales exista incertidumbre sobre la posibilidad de generar ácido. Las pruebas en columna se recomiendan preferentemente sobre las de celdas húmedas para todos los materiales extraídos minados expuestos al aire, incluyendo los materiales de construcción para el área del proyecto, con excepción de los relaves. Sin embargo, cualquiera de los dos tipos de pruebas cinéticas puede usarse dependiendo de los objetivos de las pruebas y si se determina las áreas superficiales susceptibles a reaccionar antes de las pruebas.”¹⁹*

Los resultados de las pruebas de celdas de humedad (HCT) deben escalarse según el tamaño de grano, las condiciones atmosféricas locales, la difusión de oxígeno y la

18 Maest et al. (2005) citado en la GUIA PARA EVALUAR EIAs DE PROYECTOS MINEROS. “Environmental Law Alliance Worldwide”, julio de 2010 Cap. 3.Pag.37.

19 Ibid.

combinación de litotipos en el botadero de la mina para usarlos como estimaciones de la química del agua generada por volúmenes mucho mayores de roca estéril en condiciones específicas del sitio.

Varios autores emplean para la realización de las pruebas cinéticas diferentes períodos de tiempo, pero ninguno inferior a 20 semanas, aunque dependiendo de la mineralogía y la disponibilidad de minerales para la reacción, es posible que una prueba cinética de 20 semanas no capture todos los cambios potenciales en la calidad del drenaje con el tiempo, particularmente, la producción de ácido. (Maest et al., 2005). Sin embargo, puede darse el caso de que el DAM aparezca mucho más allá de las 30 a 50 semanas. Por lo anterior, se deberán realizar las pruebas cinéticas por periodos de tiempo no inferiores a 40 semanas o hasta que se genere evidencia sustancial de generación de drenaje ácido y lixiviados de interés ambiental, lo que suceda primero. Basado en las tasas de agotamiento calculadas para la generación de acidez y alcalinidad (USEPA, 2011).

- **Potencial de generación de contaminantes lixiviados**

Para determinar el potencial de generación o liberación de sustancias tóxicas a partir de los materiales extraídos en el proceso minero (zonas de acopio transitorias o permanentes, relaves de beneficio y botaderos de relaves, entre otros), se recomienda:

- *“realizar pruebas de lixiviación a corto plazo con una proporción baja líquido: sólido (p. ej., MWMP, BC SWEP modificado o USEPA LEAF 1316) en muestras de cada unidad de prueba geoquímica (litotipos). Las muestras de lixiviado deben analizarse para determinar compuestos de interés (basados en el análisis de roca entera) usando límites de detección por lo menos diez veces más bajos que los estándares de calidad de agua relevantes (p. ej. el arsénico, tiene valor de 10µg/L para el agua de bebida, el límite de detección debería ser 1 µg/L o menor)”.*²⁰
- Es importante comprender los usos y las limitaciones de las pruebas de lixiviación donde el propósito es determinar la química de las soluciones creadas por el agua que fluye sobre y a través de un sólido. La proporción agua sólido en pruebas de lixiviación varía de acuerdo con el propósito. (p.e. Se debe enfatizar en realizar pruebas de lixiviación con una baja proporción de agua a sólidos si el objetivo es medir los límites de equilibrio en el drenaje que se infiltra a través de vertederos de roca estéril y relaves profundos (Price, 2009)). La guía Mine Environmental Neutral Drainage (MEND) establece diferentes consideraciones con el propósito de seleccionar apropiada mente

²⁰ Ibid.

el método de lixiviación. Asimismo, La EPA tiene un conjunto relativamente nuevo de métodos de lixiviación (los métodos LEAF), varios de los cuales (1314, 1316) evalúan la lixiviación en un rango de proporciones de líquido a sólido.

- *“Los cationes y aniones mayores deben determinarse en las muestras de lixiviado y el balance de catión/anión en cada muestra.” Asimismo, se deberá presentar el análisis de los resultados obtenidos”.²¹*
- Se debe establecer un modelo conceptual predictivo de los elementos químicos de interés ambiental, a partir de la caracterización geoquímica y mineralógica del yacimiento, teniendo en cuenta la infraestructura minera a implementar. En particular para proyectos auríferos, en los que se encuentren elementos adicionales al oro y la plata como subproductos del proceso.
- Determinar los concentrados mineralógicos de interés, objeto de comercialización; balance de masas de elementos químicos que coexistan con los metales de interés económico (p. ej. en yacimientos de oro, plata, platino y otros minerales metálicos) y que puedan representar riesgos para las comunidades y el medio ambiente, como los metales pesados, incluyendo arsénico y antimonio, y realizar la descripción del flujo y comportamiento de estas sustancias a lo largo de todas las fases del proceso minero (Balance Metalúrgico).

• **Identificación de contaminantes de interés**

Describir los materiales intervenidos, indicando cuáles son las predicciones cuantitativas de las concentraciones de los elementos químicos de interés ambiental EQIA y/o EPTs (p.ej. Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb y Zn, entre otros), en el agua, de tal forma que el proyecto minero pueda anticipar estas liberaciones y emisiones al ambiente²².

Estimarlos efectos ambientales actuales y futuros de los elementos químicos de interés ambiental EQIA y/o EPTs, identificados en concentraciones anómalas, se deberá evaluar su movilidad, solubilidad, acumulación, persistencia, disponibilidad y biodisponibilidad en las diferentes matrices (aguas, suelos, sedimentos, así como, en relaves y demás materiales dentro del proceso minero), teniendo en cuenta diferentes condiciones medioambientales que regulan estos procesos (p.ej. condiciones ácidas, alcalinas, oxidantes, reductoras, etc...). Las concentraciones máximas permitidas se analizarán para los diferentes elementos acorde a lo establecido por la normatividad vigente o aquella que la modifique o sustituya.

²¹ Ibid.

²² Los resultados de la evaluación geoquímica deben incorporarse en la caracterización y manejo de vertimientos, emisiones y disposiciones de material sobrante.

De acuerdo con lo anterior y, teniendo en cuenta los resultados obtenidos de concentraciones totales, implementar, para los materiales sobrantes de procesos mineros, en particular relaves, indicadores de contaminación que permitan determinar las fracciones disponibles, bioaccesibles y biodisponibles de los EPTs que se encuentren en concentraciones anómalas, en función de su disponibilidad, movilidad, estabilidad y área de influencia (p. e. Índice de Riesgo RAC, Índice de Riesgo Potencial – PERI²³, Índice de riesgo total RI) con el fin de tener una aproximación de los diferentes niveles de toxicidad y posibles riesgos ambientales que estos generan²⁴. Se deberá definir claramente la metodología para la evaluación del riesgo acorde con los escenarios de exposición, de manera que aborde aspectos claves como: La identificación de condiciones potencialmente peligrosas, caracterización de los recursos en riesgo en relación con las operaciones y los impactos potenciales de la mina y, la sensibilidad del ecosistema.

Establecer comparaciones entre los resultados de las pruebas de lixiviado vs los resultados de los parámetros obtenidos en la línea base (p. ej.: caracterización geoquímica de sedimentos, suelo, sitio(s) de disposición final o temporal de sobrantes proyectados, diferentes niveles litológicos, agua superficiales y subterráneas, entre otros), estándares ambientales nacionales e internacionales de toxicidad acuática y potable y, en lo posible, con los resultados de análisis obtenidos por otras minas en los alrededores del proyecto o de yacimientos con características físico – químicas similares (transferencia de tecnología).

El análisis debe estimar la calidad de los drenajes (pH, condiciones redox, (Eh), contenido de metales disueltos, entre otros), predecir su comportamiento y en consecuencia debe ser la base para proponer medidas de manejo específicas en las diferentes etapas del proyecto para la prevención, control, tratamiento y monitoreo de los drenajes de mina, además, deberá incluir análisis de riesgos y acciones que permitan evaluar el potencial desarrollo de minería secundaria (economía circular) y asegurar la estabilidad físico - química de las áreas intervenidas en etapas de cierre progresivo, e involucrar todas las actividades perentorias para consolidar las condiciones de estabilidad físico – química en la etapa de cierre y post-cierre.

Por lo tanto, la caracterización geoquímica deberá proporcionar información suficiente para evaluar la viabilidad ambiental del proyecto y establecer los lineamientos para las medidas de manejo, control, monitoreo y seguimiento. Para estos propósitos se señalan aspectos que debe presentar la caracterización geoquímica:

- De acuerdo con la identificación y caracterización de fuentes en el proyecto, se

²³ Risk Assessment Code, Parin et al.,1985, Hakanson, 1980, KUSIN et al.,2018

²⁴ Salazar Giraldo, J, P, PHD. (2020).

requiere caracterizar el proceso de generación y transporte de compuestos en el drenaje minero.

- Evaluar el potencial de las fuentes de generación de drenaje minero.
- Caracterizar la calidad del drenaje minero
- Presentar la modelación que permita calcular las cantidades de los compuestos en los fluidos que componen el drenaje minero.
- Presentar los lineamientos a ser aplicados en la definición de las medidas de prevención, control y manejo del drenaje minero.
- Presentar la caracterización de los componentes receptores (suelo, cuerpos lénticos y lóticos, sedimentos en los lechos aluviales, depósitos aluviales y de laderas).
- Presentar la modelación que permita identificar el producto de la interacción entre el drenaje minero y los componentes receptores.
- Presentar la aplicación por parte del proyecto del marco de referencia establecido en el documento: Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de Drenajes Ácidos Mineros. Minenergía 2020.

6.1.2 GEOMORFOLÓGICO

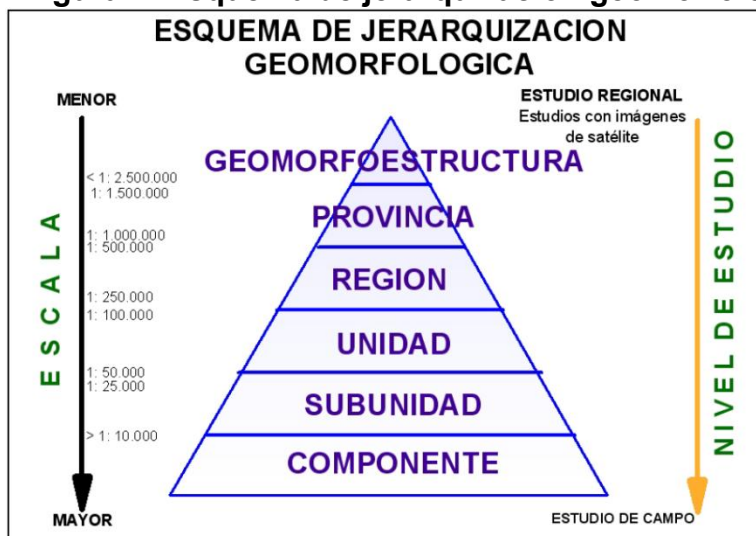
- Caracterización de las geoformas y su análisis morfodinámico. Se recomienda el uso de la guía propuesta por el S. G. C. (2012)²⁵.
- Definir las formas del terreno.

El análisis y la caracterización geomorfológica debe trabajarse a una escala 1:10.000 o más detallada, según lo requiera las características de la distribución espacial del proyecto. No obstante, la metodología de trabajo debe incluir un análisis multiescala siguiendo el planteamiento de jerarquización geomorfológica propuesto por el SGC (Figura 1), por lo que toda la información disponible para la zona de estudio debe ser considerada en los análisis. Es decir, debe partir de un análisis a escala menor (1:2.500.000), para explicar cómo se llega a la delimitación de las unidades, subunidades y componentes geomorfológicos definidos a escala mayor (1:10.000) o más detallada en el área de estudio.

También se deben incluir análisis de rangos de pendientes, patrones y densidad de drenaje y todos los demás análisis que se consideren necesarios para describir y entender la génesis y el comportamiento de las formas de la superficie terrestre en el área de estudio.

²⁵ SGC (2012). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico de Colombia. Bogotá.

Figura 1. Esquema de jerarquización geomorfológica.



Fuente: INGEOMINAS, 2011, adoptado por SGC, 2012²⁶

- **Procesos morfodinámicos**

En el área de intervención directa, es decir donde se proyecta realizar las obras y actividades, se deben cartografiar todos los procesos morfodinámicos de inestabilidad de taludes y laderas, con énfasis en los de remoción en masa (deslizamientos, flujos, caídas de bloques, etc.), erosión y o intervenciones antrópicas (cortes mineros, vías, rellenos, adecuaciones urbanísticas, entre otros).

El inventario de proceso morfodinámicos debe hacerse teniendo en cuenta los lineamientos técnicos presentados en el numeral 3.1 de la “Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25.000” (SGC, 2017), llevando a cabo los respectivos ajustes y consideraciones de escala para asegurar que la información quede levantada a escala 1:10.000 o más detallada.

²⁶ INGEOMINAS (2011). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Escrito por José Henry Carvajal, Geólogo – Ingeominas, Bogotá.

- **Análisis multitemporal**

Presentar un análisis multitemporal, considerando como mínimo tres épocas:

- Actual
- Entre 20 y 30 años atrás
- La más antigua.

- **Levantamiento geomorfológico**

El levantamiento geomorfológico con énfasis en la localización de los procesos de inestabilidad por remoción en masa o de las intervenciones antrópicas identificadas, se debe trabajar y presentar sobre la base topográfica requerida. En caso de existir fotografías aéreas detalladas (escala 1:10.000 o más detallada) deben ser éstas las imágenes a utilizar.

Presentar el análisis geomorfológico, incluyendo como mínimo las siguientes variables:

- Pendientes.
- Áreas de erosión activa (erosión laminar, erosión lineal, cárcavas, cicatrices, grietas, canales, surcos, entre otros).
- Áreas de sedimentación activa (depósitos coluviales, facetas triangulares, conos de talud, abanicos aluviales activos, lóbulos de sedimentación, barras de sedimentación activas, deltas y áreas en subsidencia relativa con acumulación de sedimentos).
- Cartografía de procesos de remoción en masa activos y latentes (deslizamientos, reptación, flujos, caída de bloques, etc.) y su relación con el proyecto. Estos procesos deben ser empleados para calibrar los resultados obtenidos en la zonificación de amenaza por remoción en masa.
- Análisis de eventos de torrencialidad.
- Análisis de eventos de subsidencia.

Para el desarrollo del análisis de Geomorfología fluvial:

- Analizar los eventos de crecientes máximas y mínimas.

Con la anterior información se deben elaborar los siguientes mapas:

- Mapa de zonificación por pendientes del terreno.
- Mapa de inventario detallado de procesos morfodinámicos.
- Mapa de distribución espacial en planta de unidades geomorfológicas con énfasis en la morfogénesis y la morfodinámica.
- Mapa de zonificación de susceptibilidad ante la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa.

- Mapa de zonificación de susceptibilidad ante procesos de inundación.
- Mapa de zonificación de susceptibilidad ante la ocurrencia de avenidas torrenciales, incluyendo la identificación de procesos de erosión lateral e inestabilidad de cauces.

La información cartográfica debe contar con una escala de trabajo de detalle y una escala de presentación que permita realizar la completa representación de los elementos espaciales definidos en el estudio. El documento debe adjuntar las imágenes interpretadas, ya sea escaneadas o como anexos.

6.1.3 PAISAJE

Para la descripción del componente paisajístico se tendrán en cuenta tres factores principales correspondientes a: i) Paisaje fisiográfico y/o geomorfológico, ii) Coberturas de la tierra asociadas a cada ecosistema identificado, incluyendo aquellos ecosistemas estratégicos, y iii) Percepción del paisaje; por tanto, el análisis paisajístico obedece a la integración de los componentes asociados a los medios abiótico, biótico y socioeconómico, y debe reflejar la realidad del territorio con la implementación del proyecto minero.

Para el paisaje fisiográfico y/o geomorfológico y coberturas de la tierra:

- Definir las unidades de paisaje local a escala 1:10.000 o más detallada y presentar el análisis de su interacción con el proyecto.

Para el componente de percepción del paisaje:

- Análisis de visibilidad teniendo en cuenta diferentes puntos de observación, identificando las escalas o planos en los cuales es visible cada unidad de paisaje. La definición de estos puntos se debe realizar a partir de la concentración demográfica, la accesibilidad y el flujo de personas. Se deben priorizar puntos cercanos a centros poblados o que tengan interés paisajístico (p.ej. puntos de interés paisajístico identificados por la comunidad). Se debe presentar el criterio técnico que se adoptó para definir los puntos de observación desde los cuales se realiza la evaluación de los atributos paisajísticos. Presentar la ubicación geográfica de estos puntos, en el área del proyecto.
- Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona, donde se evidencie el tipo de intervención asociada a cada unidad de paisaje identificada.
- Programas, proyectos, planes y similares de ordenamiento territorial y/o política pública con proyección de uso, gestión, disfrute y/o protección del paisaje.

La zonificación del valor paisajístico del área de influencia debe involucrar los resultados de los análisis de percepción del paisaje y se debe presentar a nivel de unidad de paisaje. Lo anterior, debe ser utilizado como un insumo para la zonificación ambiental del medio abiótico.

6.1.4 SUELOS Y USO DE SUELO

Presentar la caracterización agrológica del suelo de soporte de la infraestructura y de aquellos suelos que presentan riesgo de contaminación, por las actividades de la explotación minera y almacenamiento transitorio y permanente de insumos y materiales, tales como: infraestructura de edificaciones operativas (talleres de equipos, maquinaria, etc.), infraestructura para almacenamiento de líquidos (sustancias químicas para la operación, combustibles, etc.), sistemas de almacenamiento y conducción de relaves, disposición de materiales de sondeos y perforaciones de avance y prospectivas y escombreras. La escala de estudio debe ser 1:10.000, o más detallada dependiendo del área de influencia, con la cual se pueda definir las unidades cartográficas donde se determine el contenido pedológico como mínimo a nivel de familia textural, de acuerdo con la metodología vigente del IGAC para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines multipropósito - IGAC, 2016 y el Instructivo para la etapa de campo de levantamiento de suelos IGAC – 2017 o aquellas que las modifiquen o sustituyan.

- Tasa de infiltración en los diferentes tipos de materiales, para los casos en que se proyecte la construcción y/u operación subterránea.
- Localización de los lugares propuestos para las áreas principales de las instalaciones a habilitar en el desarrollo del proyecto identificando las zonas donde se planifiquen perturbaciones del suelo para infraestructuras subterráneas (p. ej. tanques de almacenamiento y minería subterránea, entre otros), o zonas con potencial de infiltración de sustancias de interés ambiental en áreas de almacenamiento transitorio o permanente de insumos o materiales de los procesos mineros.
- Georreferenciación de las observaciones de identificación (cajuelas)²⁷ con una densidad dependiente de la escala de detalle y de los perfiles modales (calicatas)²⁸ en el mapa de unidades cartográficas de suelos con su respectiva leyenda de acuerdo con las metodologías vigentes del IGAC. Delimitando de la zona vadosa²⁹ (no saturada) y haciendo énfasis en la descripción del estado de degradación del suelo (erosión, movimientos en masa, reptación, compactación, etc.).

²⁷Hueco cúbico con un tamaño de 50 cm de lado, en el fondo de este se realiza un orificio de aproximadamente 8 cm de diámetro, generado por un barreno el cual profundiza y saca muestras del suelo hasta una profundidad de 120 cm.

²⁸ Hueco cúbico de mayor, 120 cm de frente, 130 cm de largo y 150 cm de profundidad.

²⁹ Región situada entre la superficie topográfica y la delimitada por aguas subterráneas

- Respecto al muestreo de suelos para identificación de la línea base se debe considerar la caracterización que se solicita en la Tabla 3, que se realiza por cada horizonte definido en la descripción de los perfiles modales del suelo, a una profundidad mínima de 1.5 m dependiendo de las limitantes de profundidad efectiva (roca continua o pedregosidad > 90%, en caso de ser el nivel freático, drenar hasta la profundidad especificada).

La información de calidad ambiental del suelo será objeto de verificación en la fase de desarrollo de los planes de cierre minero progresivo, final y post-cierre

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y biológicos a caracterizar en el suelo de soporte

Caracterización Fisicoquímica y Biológica del Suelo		
Tipo	Parámetro	Unidad de Medida
Físicas	Color	Matiz
		Valor
		Croma
	Resistencia a la Penetración	MPa
	Conductividad Hidráulica	cm/h
	Límites de Consistencia	Descriptivo
	Densidad Real	gr/cm3
	Densidad Aparente	gr/cm3
	Estabilidad Estructural	Descriptivo
	Infiltración	cm/h
	Profundidad Efectiva	Cm
	Profundidad Total (hasta 2 m y/o nivel freático)	Cm
	Posición del Nivel Freático	Cm
	Curva de Retención de Humedad	Kpa
	Textura	% de Arena
% de Arcilla		
% de Limo		
Químicas	Generales	
	Capacidad de Intercambio Catiónico	cmol/Kg
	Carbono Orgánico	%
	Carbono Orgánico Fácilmente Oxidable*	%
	Conductividad Eléctrica	dS/m
	Grasas y Aceites	mg/Kg

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

Caracterización Fisicoquímica y Biológica del Suelo		
Tipo	Parámetro	Unidad de Medida
	Hidrocarburos Totales	mg/Kg
	pH	Unidades de pH
	Potencial de Oxido Reducción	mV
	Nutrientes	
	Fosforo (Total)	mg/Kg
	Nitrógeno (Total)	mg/Kg
	Iones	
	Calcio (total)	mg/Kg
	Cloruros (Total)	mg/Kg
	Magnesio (Total)	mg/Kg
	Potasio (Total)	mg/Kg
	Sodio Intercambiable	cmol/Kg
	Sodio (Total)	mg/Kg
	Sulfatos (Total)	mg/Kg
	Metales y Metaloides***	
	Aluminio Intercambiable	cmol/Kg
	Arsénico (Total)	mg/Kg
	Bario (Total)	mg/Kg
	Cadmio (Total)	mg/Kg
	Cromo (Total)	mg/Kg
	Hierro (Total)	mg/Kg
	Mercurio (Total)	mg/Kg
	Plomo (Total)	mg/Kg
Biológicos	Generales	
	Coliformes Totales	NMP/gr
	Microorganismos del ciclo del Nitrógeno	NMP/gr
	Población de Biota del Suelo	No Inda/Kg
	Solubiliza dores de fosfatos	UFC/gr
	Biomasa	Descriptivo
Otros	Coeficiente de Adsorción Kd**	L/Kg

Fuente: ANLA, 2021 Modificado Minambiente, 2020

* Carbono Orgánico Fácilmente Oxidable se determinará en caso de suelos minerales.

** Coeficiente de Adsorción Kd se determinará para efecto de ejercicios de modelación numérica en el caso que aplique.

*** Se debe medir el contenido de metales, metaloides y demás sustancias que de acuerdo

con la composición litológica de los materiales presentes puedan estar en el suelo.

En el reporte de la caracterización del suelo se debe precisar para cada parámetro la técnica de análisis utilizada, los límites de detección y las observaciones pertinentes. Se debe presentar una tabla que identifique los lugares y procedimientos de muestreo y los parámetros analíticos para cada lugar de muestreo. Realizar una evaluación e interpretación de todos los resultados analíticos con respecto a los resultados locales de la caracterización del suelo, identificando cualquier anomalía geoquímica regional y local.

Los resultados analíticos deben ser presentados e interpretados según las condiciones morfológicas de la zona, se deben calcular y reportar como mínimo:

- Razón de Absorción Sodio
- Saturación de Aluminio
- Saturación de Bases
- Relación Ca/Mg
- Porcentaje de Magnesio Intercambiable
- Porcentaje de Sodio Intercambiable
- Relación Densidad Aparente/Densidad Real

La caracterización fisicoquímica y biológica del suelo se debe realizar una por cada unidad cartográfica identificada y caracterizando los parámetros establecidos en la Tabla 3, para cada horizonte genético A, B y C. Se debe justificar el método y número de barrenadas realizadas para determinar las unidades cartográficas de suelos presentes en el área de estudio

Para un sitio no desarrollado en el que se sospecha que la condición de suelo de referencia para un parámetro de suelo está afectada por cualquier anomalía geoquímica regional o local, o evento de contingencia ese parámetro debe incluirse para el análisis y debe ser georreferenciado.

6.1.4.1 Capacidad de uso del suelo

Presentar el mapa de capacidad de uso del suelo a escala 1:10.000 o mayor detalle, que incluya la clasificación agrológica de los suelos con base en información primaria y/o existente. En caso de no existir, este mapa debe elaborarse con la información obtenida en el ítem anterior del levantamiento de suelos con sus respectivas unidades cartográficas de suelo, para la caracterización de capacidad de uso del suelo se deberá seguir lo dispuesto en la “Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso” del IGAC - 2014, con el fin de identificar las principales limitantes del suelo que los hacen más vulnerables a una posible degradación.

Presentar la memoria técnica del mapa de suelos que contenga el análisis y la evaluación de los resultados, en términos de las clases agrológicas de los suelos y la leyenda a la escala. Definida para este componente. La caracterización, análisis y evaluación de los suelos, se debe enmarcar en la política y normativa vigente, además se debe identificar el uso actual y potencial, establecer los conflictos de uso del suelo, y adjuntar la información documental y cartográfica de soporte.

Asimismo, se debe:

- Realizar el análisis y descripción de la capacidad de uso, uso actual, usos del suelo y conflicto de uso de las tierras.
- Realizar el análisis del estado actual de conservación y degradación de los suelos.

6.1.5 HIDROLÓGICO

La información del componente hidrológico debe generarse en escala 1:10.000 o más detallada³⁰, donde se requiera de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto o a menos que se realice un requerimiento diferente, debe seguir los lineamientos establecidos en la MGEPEA y contener la descripción y análisis de los siguientes aspectos:

Identificar y recolectar, para las subzonas hidrográficas en las que se encuentra el área de influencia del proyecto, los datos hidroclimáticos disponibles de la red nacional de referencia del IDEAM³¹, así como de otras redes existentes en el ámbito regional. La escala temporal de los datos debe ser diaria y la longitud mínima de la serie debe ser de quince (15) años³². Debe indicarse la longitud temporal de datos disponibles y el análisis de incertidumbre derivado de su uso y tratamiento con el objetivo de concluir si las series hidrológicas a utilizar son adecuadas para la caracterización climática e hidrológica del área de influencia correspondiente, verificando y convalidando que la información sea suficiente para la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental.

Presentar los criterios y análisis de la aplicabilidad de la metodología seleccionada. El balance hídrico será un insumo y deberá ser consecuente con los valores de recarga hídrica subterránea, por lo que se requiere aplicar una metodología que incluya características

³⁰ Acorde a los criterios estipulados para cartografía según su nivel de evaluación en: MAVDT, Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, septiembre de 2010, Bogotá, D.C., Colombia.

³¹ Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM y de otras entidades. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>.

³² MADS, Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, 2018, Bogotá, D. C., Colombia.

multitemáticas de manera que se ajuste a las condiciones presentes en el área de estudio, presentar los criterios y análisis de la aplicabilidad de la metodología seleccionada.

Realizar el análisis con indicadores hidrológicos relacionando la oferta hidrológica estimada, respecto a la demanda hidrológica inventariada para cada una de las cuencas del área de influencia del componente a la escala previamente definida, mediante la estimación de Índice de Uso de Agua (IUA), Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) e Índice de Regulación Hídrica (IRH) y el índice de aridez (IA), de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM³³ para las Evaluaciones Regionales del Agua (ERA), respecto a su estimación y representación espacial. El marco metodológico se encuentra consignado en el ENA-2014, ENA-2018 y versión más actualizada.

Como métodos de referencia para estimar el caudal ambiental³⁴ se recomienda consultar los descritos en la Resolución 2130 de 2019 expedida por el Minambiente, en Gopal (2016), en Poff et al. (2017) y los indicadores de alteración hidrológica (IHA por sus siglas en inglés en Richter et al. 1996, 1997, 1998), entre otras referencias³⁵.

Identificar la dinámica fluvial de las fuentes que pueden ser afectadas por el proyecto (concesión de agua superficial, vertimiento, desviación y ocupaciones de cauce), así como las posibles alteraciones de su régimen natural (relación temporal y espacial de inundaciones). Debe incluirse el análisis multitemporal de la dinámica fluvial, a partir de fotografías aéreas, sensores remotos y otra información secundaria de diferentes épocas, caracterizando factores como: tamaño de la corriente, aspecto temporal de la corriente, material del lecho, terrenos inundables, diques naturales, incisión, límites del cauce, cobertura vegetal, sinuosidad, tipo de corriente, validación del ancho y evaluación del desarrollo de meandros y divagación del cauce. Esta información debe ser la base de la clasificación geomorfológica descrita para el paisaje fluvial, de manera que permita identificar los insumos necesarios para los modelos geomorfológicos por medio de los cuales se estiman las reacciones de los cauces ante las intervenciones propuestas en el proyecto.

³³ Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las Evaluación Regional del Agua. IDEAM. 2013

³⁴ Una vez el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expida la guía metodológica para la estimación del caudal ambiental en Colombia, se deben aplicar los criterios y lineamientos allí definidos.

³⁵ Referencias:

- Gopal, B. (2016). A conceptual framework for environmental flows assessment based on ecosystem services and their economic valuation. *Ecosystem Services*, 21, 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.013>
- Poff, N. L., Thorne, R. E., & Arthington, A. H. (2017). Evolution of Environmental Flows Assessment Science, Principles, and Methodologies. En *Water for the Environment* (pp. 203–236). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803907-6.00011-5>
- Richter BD, Baumgartner JV, Powell J, Braun DP. (1996) A method for assessing hydrologic alteration.
- Richter, B., Baumgartner, J., Wigington, R., & Braun, D. (1997). How much water does a river need? *Freshwater biology*, 37(1), 231-249.
- Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Braun, D. P., & Powell, J. (1998). A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated rivers: research & management*, 14(4), 329-340.

~~Realizar una correlación entre las series temporales y los indicadores de ocurrencia de fenómenos macroclimáticos. Dicha información debe complementarse con el análisis de tasa de cambio de la precipitación, temperatura y caudales superficiales teniendo en cuenta el efecto de los escenarios de cambio climático generados por el IDEAM o cualquier información de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP son sus siglas en inglés) definidas técnica o científicamente por una entidad con conocimientos climatológicos, usando al menos el valor máximo y mínimo de cada variable para el período 2011-2040 o 2012 al 2099. El análisis permite asociar los posibles efectos en la oferta hídrica, incidencia en la ocurrencia de eventos de amenaza y con ello en la planificación de aprovechamiento del recurso o la inclusión de medidas manejo ante posibles contingencias.~~

Realizar una correlación entre las series temporales y los indicadores de ocurrencia de fenómenos macroclimáticos. Dicha información debe complementarse con el análisis de tasa de cambio de la precipitación, temperatura y caudales superficiales teniendo en cuenta la información meteorológica y climática de los modelos globales de circulación (GCM por sus siglas en inglés) para los escenarios de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP son sus siglas en inglés) o de trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP) definidas en el 5^{to} y 6^{to} reporte de cambio climático del IPCC

Los escenarios seleccionados de los GCM deben abarcar los escenarios más desfavorables o pesimistas e intermedios de cambio climático, específicamente para los modelos RCP y/o SSP, incluyendo umbrales temporales a los años 2040, 2070 y 2100.

Para integrar las variables climatológicas de los escenarios de cambio climático desde el componente hidrológico, se debe acoplar los registros del GCM con la modelación hidrológica y de esa forma estimar series diarias y/o mensuales de caudales superficiales para cada una de las cuencas definidas acorde a los puntos de interés del POA, en ese contexto se deberá realizar un análisis espacial y temporal de los caudales de interés como medios, mínimos, máximos, ambientales bajo escenarios de cambio climático como la estimación prospectiva de la oferta hídrica disponible. El análisis permite asociar los posibles efectos en la oferta hídrica, incidencia en la ocurrencia de eventos de amenaza y con ello en la planificación de aprovechamiento del recurso o la inclusión de medidas manejo ante posibles contingencias.

Cuando se proyecte la construcción y/u operación de túneles, adicionalmente para la descripción hidrológica se debe presentar:

- Inventario de las fuentes hídricas superficiales continentales (lénticas y lólicas) que se encuentren en el área de influencia del túnel y que puedan llegar a tener una posible conectividad con el túnel.
- Identificar el tipo y distribución en las redes de drenaje

- Recarga del sistema por precipitación espacialmente distribuida, estimada mediante métodos empíricos o modelos hidrológicos, justificando la metodología implementada de acuerdo con las características hidrológicas de la zona.
- Caudal base de las corrientes en el área de influencia del túnel.
- Estimar la permeabilidad de los lechos de los cauces de las fuentes hídricas superficiales a partir de información primaria.
- Identificar aquellos cuerpos de agua superficial que serán potencialmente afectados por la construcción del túnel y estimar el grado de intervención o afectación esperada (perdida de caudal, agotamiento, etc.).

Con base en la pendiente del túnel y con información secundaria técnicamente sustentada, identificar si se puede presentar trasvase de cuenca, que afecte a la cuenca aportante de las aguas de infiltración.

6.1.5.1 Calidad del agua

Realizar la evaluación de la calidad de agua de acuerdo con lo indicado en la MGEPEA, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Realizar la evaluación (caracterización fisicoquímica, microbiológica e hidrobiológica) de la calidad del agua en los cuerpos lénticos y lóticos proyectados para intervención o susceptibles de ser impactados por las actividades propias del proyecto. Los sitios de muestreo deben georreferenciarse atendiendo los lineamientos técnicos expuestos en la resolución 2182 de 2016 del Minambiente. Se deben monitorear los parámetros de interés ambiental que sean determinados en la caracterización geoquímica del yacimiento, roca encajante y depósitos de materiales mineros e insumos de carácter transitorio o permanentes de acuerdo con el numeral 6.1.1.3 Geoquímica del yacimiento, de los presentes términos.

En la Tabla 4 se presentan los parámetros mínimos que deben ser caracterizados para determinar la línea base de calidad del agua de los cuerpos de agua presentes en el área de influencia.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a caracterizar en cuerpos superficiales presentes en el área de influencia.

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L
Carbono Inorgánico Total (CID)	mg/L
Carbono Orgánico Disuelto (COD)	mg/L

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Carbono Inorgánico Disuelto (CID)	mg/L
Conductividad eléctrica	(μ S/cm)
Caudal	l/s
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂)
Fenoles	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L
Potencial Oxido Reducción (Eh)	mV
pH	Unidades de pH
Sólidos Totales (ST)	mg/L
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT).	mg/L
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	mg/L
Temperatura.	(°C)
Turbiedad	(UNT)
Cationes	
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/L
Magnesio (Mg ⁺⁺)	mg/L
Potasio (K ⁺)	mg/L
Sodio (Na ⁺)	mg/L
Hierro Total (Fe)	mg/L
Manganeso (Mn)	mg/L
Aniones	
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L
Carbonato (CO ₃ ⁼)	mg/L
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mg/L
Cianuro (CN ⁻)	mg/L
Sulfuro (S ²⁻)	mg/L
Fluoruros (F ⁻)	mg/L
Hidrocarburos	
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Otros Parámetros para Análisis y Reporte	
Acidez Total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
Dureza Cálctica	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	mg/L CaCO ₃
Microbiológicos	
Coliformes totales	NMP/100 mL
Coliformes fecales	NMP/100 mL
E. Coli	NMP/100 mL
Nutrientes	
Fósforo Total (P)	mg/l
Ortofosfatos (P-PO ₄ -3)	mg/l
Nitrógeno Total	mg/l
Nitratos(N-NO ₃)	mg/l
Nitritos (N-NO ₂)	mg/l
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/l
Pesticidas	mg/l
Hidrobiológicos*	
Perifitón	
Plancton	
Bentos	
Macrófitas	
Fauna Íctica	
Metales y Metaloides	
Aluminio (Al)	mg/L
Arsénico (As)	mg/L
Bario (Ba)	mg/L
Boro (Br)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Cinc (Zn)	mg/L
Cobalto (Co)	mg/L
Cobre (Cu)	mg/L
Cromo (Cr+3)	mg/L
Cromo (Cr+6)	mg/L
Estroncio (Sr)	mg/L
Litio (Li)	mg/L

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Mercurio (Hg)	mg/L
Níquel (Ni)	mg/L
Plata (Au)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Selenio (Se)	mg/L
Vanadio (V)	mg/L

*La caracterización de las comunidades hidrobiológicas se realizará de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.2.1.2 Ecosistemas acuáticos continentales y marino-costeros, de los presentes términos.

Fuente: ANLA, 2021 Adaptado de la Resolución 631 de 2015.

Adicionalmente, se debe medir el contenido de metales, metaloides y demás sustancias que de acuerdo con la composición mineral de los materiales presentes puedan estar en el agua superficial.

Los sitios de muestreo deben georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal. Éstos sirven de base para establecer el seguimiento del recurso hídrico durante la construcción y operación del proyecto y serán objeto de verificación en la fase de desarrollo de los planes de cierres mineros progresivos, final y post-cierre.

Se deben caracterizar los parámetros definidos en la Resolución 631 de 2015 de Minambiente o la que modifique o sustituya, de acuerdo con los tipos de mineral a explotar para los cuerpos de agua que serán aprovechados o intervenidos para el desarrollo del proyecto en concesiones de agua, vertimientos, desviaciones, ocupaciones de cauce y aquellos presentes en el área de influencia que de acuerdo con el análisis de impactos ambientales se podrían ver alterados³⁶.

En la Tabla 5 se presentan los parámetros fisicoquímicos a monitorear para la caracterización de la capa de sedimentos activos y de fondo, garantizando la representatividad espacial de las muestras obtenidas acorde a la extensión del cuerpo de agua y en profundidad según el tipo de material que conforme el lecho, para los sistemas lénticos y lóticos en el área de influencia del componente y aquellos objeto de uso, demanda y aprovechamiento durante el desarrollo del proyecto, de la misma forma deben ser monitoreados los parámetros de interés ambiental que sean determinados en la caracterización geoquímica del yacimiento, roca

³⁶ Incluir en los cuerpos de agua analizados aquellos que de manera directa y de acuerdo con la evaluación de impactos ambientales se verán afectados por los lixiviados de depósitos de sobrantes y drenajes procedentes de las labores de exploración y explotación.

encajante y depósitos de materiales transitorios o permanentes de acuerdo con el numeral 6.1.1.3 de los presentes términos.

Tabla 5. Relación de los parámetros fisicoquímicos generales que se deben medir para la caracterización de la capa de sedimentos de fondo de los cuerpos de agua.

PARÁMETRO	
Generales	Unidades
Fenoles de la capa de fondo	mg/kg
Granulometría	(%)
Grasas y aceites de la capa de sedimentos de fondo	mg/kg
pH	Unidades de pH
Temperatura	(°C)
Hidrocarburos	
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/kg
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/kg
Hidrocarburos Totales (HTP) de la capa de sedimentos de fondo	mg/kg
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/kg
Iones	
Cianuros (CN-)	mg/kg
Cloruros (CL-)	mg/kg
Sulfatos (SOx-2)	mg/kg
Sulfuros (S2)	mg/kg

Fuente: ANLA, 2021

Los puntos de muestreos de sedimentos se deben ubicar en los mismos puntos de caracterización de vertimientos.

Se debe estimar el Índice de Calidad del Agua - ICA y el Índice de Alteración del Potencial de la Calidad del Agua - IACAL para las corrientes hidrográficas de directa intervención (estableciendo su jerarquía de zonificación de acuerdo con lo definido por el IDEAM, que puede ser Subzona Hidrográfica y sus niveles subsiguientes). Se deben incluir en el análisis

los cuerpos de agua tributarios principales y los que tengan concesiones que sean de uso para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario y/o recreativo.

6.1.5.2 Usos del agua

Realizar la evaluación del uso del agua de acuerdo con lo indicado en la MGEPEA teniendo en cuenta al determinar los posibles conflictos actuales sobre la disponibilidad y usos del agua, el inventario de usos y usuarios y el análisis de frecuencias de caudales mínimos para diferentes períodos de retorno, haciendo especial énfasis en los periodos de condiciones de aguas bajas, los conflictos potenciales evidenciados en las herramientas de planificación que disponga la zona de interés y las proyecciones de desarrollo sectoriales definidas en otras herramientas.

6.1.6. HIDROGEOLÓGICO

El alcance de este componente está enfocado en identificar y caracterizar las diferentes unidades geológicas estableciendo su comportamiento hidrogeológico existentes en el área de influencia del proyecto, de manera que se pueda establecer una línea base que sirva para determinar la viabilidad del proyecto, precisar las medidas de protección ambiental a que haya lugar y se constituya en el punto de referencia para las actividades de monitoreo y seguimiento en términos de calidad y cantidad del agua subterránea y de los ecosistemas conexos.

Para la caracterización del área de influencia del componente hidrogeológico, se deben identificar los diferentes niveles acuíferos de carácter regional, intermedio y local, sus zonas de recarga, tránsito y descarga, dirección y movimiento del flujo, el tipo de acuífero, calidades y tipos de usos actuales y potenciales, considerando además las investigaciones hidrogeológicas realizadas en la zona por diferentes instituciones, así como los planes de ordenamiento, planes de manejo ambiental de acuíferos, reglamentación y manejo aplicables que posea la autoridad ambiental competente.

Para el desarrollo del componente hidrogeológico se debe tener en cuenta toda la información levantada en la fase de prospección y exploración del proyecto considerando sondeos exploratorios, identificación de zonas fracturadas, pruebas y ensayos de permeabilidad realizados, ensayos de permeabilidad en suelos, perforación de piezómetros, mediciones de niveles piezométricos entre otros.

El resultado de la caracterización del componente hidrogeológico es un modelo hidrogeológico conceptual (MHC) orientado a plasmar el conocimiento sobre el funcionamiento de las unidades hidrogeológicas susceptibles a la intervención o a afectación por el proyecto, identificar las zonas de recarga, tránsito y descarga, caracterizar los flujos locales, intermedios y regionales, determinar las características, hidráulicas,

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

hidrogeoquímicas, isotópicas y de calidad del agua; las interconexiones con cuerpos de agua superficial y ecosistemas conexos. Cuando se proyecta la construcción y/u operación de túneles, debe realizar la estimación de caudales de infiltración al interior del túnel, abatimiento del nivel de agua subterránea, entre otros. Para ello se deben realizar la caracterización de cada uno de los siguientes componentes.

- **Geología**

A partir de la información consignada y analizada de los componentes geológico y geomorfológico en los numerales 6.1.1 y 6.1.2 de los presentes términos de referencia, se debe establecer el comportamiento hidrogeológico de las unidades geológicas, a su vez, se debe generar la cartografía geológica del área de estudio, con mínimo tres cortes o perfiles longitudinales y tres cortes o perfiles transversales, en los cuales se ubiquen los puntos de agua subterránea a escalas 1:10.000 o de mayor detalle, de conformidad con los lineamientos y/o protocolos que sean definidos por el S.G.C.

Para unidades geológicas fracturadas identificadas en el área de influencia se debe realizar una descripción geológica que identifique lineamientos, fallas y fracturas indicando: buzamiento y orientación, espesor, permeabilidad, presencia de brechas, entre otras características, estableciendo su comportamiento como barrera de baja o alta permeabilidad o condición preferencial de flujo. Cuando se utilice el enfoque de doble porosidad para el modelamiento del medio fracturado, se debe presentar los criterios y justificación de su aplicabilidad y de los resultados obtenidos.

Los depósitos de material de excavación minera (botaderos/escombrera) y los depósitos de relaves deben ser analizados y tenidos en cuenta para la construcción del MHC como un depósito antropogénico con características hidrogeológicas particulares.

- **Geofísica**

Se debe efectuar un estudio geofísico representativo del área de influencia del proyecto, incluyendo los parámetros de adquisición, la descripción del(os) método(s) geofísico(s) empleado(s), justificando su selección de acuerdo con las condiciones geológicas-estructurales particulares del área. Se debe realizar la interpretación y correlación de las unidades geológicas con sus valores geofísicos obtenidos respecto a las unidades geológicas presentes. Adicionalmente, presentar un mapa y perfiles con la distribución espacial de los puntos de medición y captura de datos geofísicos. Se debe suministrar tanto los datos de campo, como la interpretación de estos incluyendo un análisis de certidumbre de resultados.

Con base en la información geológica y geofísica, correlación con las unidades litoestratigráficas y datos geofísicos (incluyendo la prospección en las campañas de

exploración), se debe construir un modelo tridimensional con sus respectivos perfiles (mínimo tres), en el cual, se determine la geometría de cada una de las unidades geológicas, la profundidad del techo y base, sus espesores promedio, total y saturado, continuidad y extensión lateral y sus fronteras permeables, impermeables y semipermeables, identificando las discontinuidades geológicas y estructurales (fallas, zonas fracturadas, karst), propiedades de las formaciones geológicas, porosidad y estructura del subsuelo. Se debe realizar la correlación litológica con los diferentes pozos y piezómetros existentes en el área de influencia.

- **Unidades hidrogeológicas**

Se deben identificar y clasificar las unidades hidrogeológicas presentes en el área de influencia del proyecto, indicando el nombre de la formación o formaciones geológicas que la conforman y sus características litológicas, texturales y estructurales que condicionan y describen el comportamiento hidrogeológico. Se debe presentar el mapa hidrogeológico con mínimo tres cortes o perfiles longitudinales y tres cortes o perfiles transversales (acorde con el mapa geológico) a una escala 1:10.000 o mayor detalle. Tanto las formaciones geológicas como los puntos de agua subterránea deben estar representados en el mapa y en las secciones. La nomenclatura de las unidades hidrogeológicas debe realizarse según la metodología de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH), (UNESCO, 1995)³⁷.

- **Hidrología**

A partir de la información compilada, generada y analizada del componente hidrológico en el numeral 6.1.5 de los presentes términos de referencia se debe determinar:

- Interconexión agua superficial y subterránea

Se deben identificar todos los cuerpos de agua superficial y establecer la conexión hidráulica con los diferentes niveles acuíferos calculando el flujo base para cada uno, realizando mediciones representativas de conductancia en el lecho, así como las fluctuaciones estacionales que puede presentarse en dicha conexión. Para la validación de este

³⁷ Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), “LEYENDA INTERNACIONAL DE LOS MAPAS HIDROGEOLÓGICOS” (1995).

requerimiento se debe utilizar la información de niveles freáticos y piezométricos, hidrogeoquímicos e isotópicos solicitados más adelante.

- Estimación de la recarga real y potencial

Se debe realiza una evaluación hidrológica identificando las fuentes que aportan a la recarga del sistema hidrogeológico o aquellas que son alimentadas por el sistema, indicando la tasa de recarga real y potencial, el tipo y la distribución espacial. Para ello se debe emplear una metodología reconocida y publicada en revistas indexadas, artículos nacionales o internacionales o acogida por instituciones nacionales o internacionales, que aplique a las condiciones del área de estudio. Se debe realizar un análisis en un escenario crítico que tenga en cuenta los efectos climáticos del fenómeno ENSO (Niño).

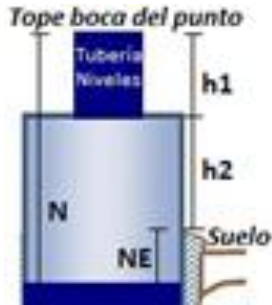
- **Inventario de puntos de agua subterránea.**

Se debe efectuar el inventario de puntos de agua subterránea incluyendo pozos (de captación y de despresurización), manantiales, aljibes y piezómetros. Cada punto debe estar georreferenciado y nivelado topográficamente indicando: profundidad, nivel estático, unidad geológica e hidrogeológica captada, caudal de extracción o descarga (l/s), usos y usuarios del agua, y su estado (en uso, inactivo, abandonado o desmantelado).

Se debe presentar el Formulario Único Nacional – FUNIAS, totalmente diligenciado para todos los puntos inventariados. Se debe indicar aquellos puntos de agua subterránea que serán potencialmente afectados por el proyecto y describir el grado de intervención o afectación esperado (descenso del nivel piezométrico, agotamiento, afectación a sus características fisicoquímicas etc.). A partir del inventario se debe diseñar una red de monitoreo de aguas subterráneas representativa de cada unidad geológica e hidrogeológica en sus respectivos niveles acuíferos, tanto en área como en profundidad, que permita medir como mínimo los niveles freáticos y/o piezométricos, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, potencial redox y temperatura durante mínimo un año hidrológico. Todos los puntos inventariados deben estar correctamente codificados y mantener esta numeración o codificación en cada uno de los componentes del modelo hidrogeológico conceptual y numérico.

El nivel estático del agua para todos los puntos inventariados debe reportarse en metros, al igual que en términos de la cota del terreno (en metros sobre el nivel del mar -m.s.n.m), siempre tomando como referencia el nivel del terreno (NE), tal como se indica en la siguiente figura 2:

Figura 2. Representación gráfica para la toma de Niveles Estáticos en los puntos hidrogeológicos



Los niveles de agua deben ser reportados al nivel del SUELO (NE).

H (altura desde el nivel del suelo hasta la boca del pozo) = $h1 + h2$

$$NE = N - H$$

Fuente: SGC 2019 Se debe instalar una red piezométrica cuya distribución garantice la representatividad tanto en área como en profundidad. En caso de que no existan suficientes puntos de agua subterránea representativos para el área se deben perforar e instalar piezómetros que garanticen la representatividad de la red de monitoreo. Para el diseño de los piezómetros se requiere establecer la relación de los intervalos ranurados del dispositivo con los aspectos determinantes como: litología, presencia de fracturas y nivel piezométrico durante el sondeo e instalación del piezómetro. Así mismo, se requiere presentar las consideraciones que permitieron definir la profundidad de cada piezómetro.

Para conformar la red de monitoreo del proyecto minero se recomienda seguir lo consignado en la Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos (Minambiente, 2014) o aquella que la modifique o sustituya.

- **Uso actual del agua subterránea**

Con base en los resultados del inventario de puntos de agua subterránea, se debe establecer los caudales de extracción y descarga, así como los usos que actualmente se le da al agua subterránea teniendo en cuenta el análisis estadístico sobre la demanda actual de agua para consumo humano, uso doméstico, industrial, agropecuario o cualquier otro uso.

- **Sistemas de flujo subterráneo.**

A partir del modelo, geológico, geofísico y de los niveles freáticos y piezométricos medidos en los puntos de agua subterránea inventariados, se deben construir mapas de niveles piezométricos o de isopiezas con mínimo tres cortes o perfiles longitudinales y tres cortes o perfiles transversales para cada unidad geológica con interés hidrogeológico presente en el área de influencia del proyecto, y determinando los sistemas de flujo locales, intermedios y regionales; para ello debe considerar:

- Efectos de la geología (estratificación, aparición de lentes y anisotropía).

- Efectos de las fallas (permeabilidad de la falla, espesor de la zona de falla, permeabilidad de las rocas en contacto con la falla, buzamiento y orientación de la falla).
- Efectos de la geometría de la cuenca (límites y forma de la cuenca, carga hidráulica y profundidad relativa de la cuenca).

Se debe representar en un bloque diagrama de las direcciones de flujo, las zonas de recarga, tránsito y descarga (en la medida que estas se encuentren dentro del área de influencia). Se debe indicar claramente la dirección del agua subterránea mediante la elaboración de la red de flujo (líneas equipotenciales y de flujo), explicando el (los) método (s) de interpolación o elaboración de los mapas de isopiezas o piezométricos. De presentarse alguna conexión hidráulica entre unidades geológicas se debe realizar su respectiva explicación con sustento hidrogeológico.

Para la construcción de los mapas de isopiezas se debe garantizar que los niveles piezométricos hayan sido medidos en puntos que cumplan las siguientes condiciones:

- Se conozca las unidades hidrogeológica captados o monitoreados (ubicación de filtros, espesor, diámetro y profundidad total).
- Cuento con nivelación topográfica con un grado de precisión de mínimo 0.05 m en x, y y z.
- Tengan una distribución espacial representativa en superficie y profundidad.
- Cuento con condiciones técnicas en campo e instrumentos de medida adecuados (sonda de nivel, transductores de presión, etc.) para la toma de niveles.
- Sea posible obtener niveles estáticos (sin bombeo y sin interferencia de pozos cercanos en aprovechamiento).
- Las mediciones de los niveles freáticos o piezométricos se hayan tomado en un mismo período climático (épocas de alta y baja precipitación).

Para la validación del sistema de flujo subterráneo se debe utilizar la información de la caracterización hidrogeoquímica e isotópica solicitada más adelante.

• **Hidráulica**

Deben estimarse los parámetros hidráulicos (conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, radio de influencia, capacidad específica y rendimiento o producción específica,) de las diferentes unidades hidrogeológicas presentes en el área de influencia del proyecto. El tipo de ensayo hidráulico debe ser acorde al tipo de medio a caracterizar (poroso, fracturado o kárstico).

La duración de las pruebas de bombeo debe permitir conocer espacial y temporalmente el comportamiento del cono de abatimiento generado tanto en el pozo bombeado como en el

pozo de observación (en caso de contar con este), que permita estimar los parámetros hidráulicos durante los tiempos de bombeo y recuperación. Inicialmente la etapa de bombeo debe tener una duración entre 36 a 72 horas siempre y cuando no se alcance un régimen estacionario en las primeras 24 a 36 horas y la etapa de recuperación alcance un 95 a 100% del abatimiento registrando en el pozo bombeado. Se debe reportar que uso y/o gestión se le dará al agua subterránea derivada de las pruebas de bombeo.

Se debe determinar la curva de tendencia natural del nivel freático o piezométrico de la unidad geológica acuífera a caracterizar, midiendo los niveles mínimos una semana antes del inicio de las pruebas. La frecuencia de medición de niveles (abatimiento y recuperación) debe garantizar alrededor de 10 observaciones por ciclo logarítmico del tiempo para elaborar la curva de abatimiento vs tiempo. Para la interpretación de los datos, se deben utilizar gráficas diagnósticas que permitan identificar el tipo de acuífero y/o las condiciones de frontera del sistema (p. ej. goteo, cargas constantes, efectos del pozo, etc.), y así justificar los métodos analíticos o numéricos empleados para la estimación de los parámetros hidráulicos.

Para la medición de los niveles de abatimiento y recuperación se debe utilizar en lo posible transductores de presión. Los datos obtenidos a través de los transductores requieren de la corrección barométrica.

Para las pruebas hidráulicas se debe contemplar el uso de pozos de observación que capten los mismos niveles acuíferos del pozo bombeado. Se podrán usar pozos existentes, siempre y cuando se conozca su diseño, capten la misma unidad geológica acuífera de la cual se hace el bombeo, la toma de muestra y la suspensión del bombeo por lo menos 36 horas consecutivas previas a la realización de la prueba. Se debe suministrar (en formato de campo y Excel) los datos de campo niveles vs tiempo y control del caudal durante la prueba en el pozo bombeado, y niveles vs tiempo en pozos de observación, (siempre y cuando sea posible contar con estos pozos de observación en el área de estudio) y parámetros hidráulicos interpretados.

Se deben realizar y presentar mapas de las propiedades hidráulicas para cada unidad geológica acuífera caracterizada y se debe analizar su isotropía, determinando su estado de confinamiento (libre, semiconfinado, confinado).

Cuando se empleen ensayos diferentes a las pruebas de bombeo p.ej. pruebas de pulso o “slug”, Lefranc, Lugeon, Gilg-Gavard, u otro tipo de pruebas (pruebas de carga ascendente, descendente y de cabeza constante; pruebas con empaques, etc.), se deberán presentar e interpretar los resultados en el marco de la caracterización hidráulica de las unidades geológicas, justificando e indicando la validez de los parámetros interpretados en cuanto a su extensión espacial.

Para los diferentes ensayos hidráulicos realizados se debe presentar el respectivo análisis e interpretación, los soportes de campo y salidas gráficas, el software utilizado y evaluación de la representatividad de los datos y de certidumbre de los resultados obtenidos para los parámetros.

Cuando se proyecte la construcción y/u operación de túneles además de lo consignado en el numeral, se debe presentar y tener en cuenta lo siguiente:

Para las diferentes unidades geológicas presentes, se debe contar con pozos o piezómetros en cada unidad hidrogeológica identificada para la ejecución de ensayos hidráulicos; en caso de no contar con pozos o piezómetros, se deberán perforar e instrumentar piezómetros de mínimo 200 m de profundidad o hasta alcanzar la profundidad de la solera del túnel. Los piezómetros deben estar, separados entre 250 a 500 m sobre el trazado del túnel, garantizando al menos un piezómetro por unidad hidrogeológica y en las zonas de falla o fractura identificadas.

- **Hidrogeoquímica**

Se debe determinar las características hidroquímicas del agua subterránea en cada unidad geológica acuífera o niveles acuíferos presente en el área de estudio, caracterizando los parámetros solicitados en la Tabla 6. Si la Autoridad lo considera, se debe medir adicionalmente el contenido de metales, metaloides y demás sustancias que de acuerdo con la composición mineral de los materiales presentes puedan estar en el agua subterránea.

- **Consideraciones del muestreo**

Los puntos de agua subterránea (pozos, manantiales, aljibes y piezómetros) que conforman el monitoreo para la caracterización hidroquímica deben:

- Ser objeto de una georreferenciación y nivelación topográfica. La nivelación topográfica de precisión debe realizarse en la boca del pozo y de la cota del terreno según aplique.
- Para pozos y piezómetros se debe tener disponible el diseño, identificando ubicación de filtros o niveles acuíferos captados y profundidad total.
- Realizar la purga de los puntos, previa al monitoreo, se debe garantizar la extracción de agua del acuífero (no agua estancada) y la toma de las muestras se debe efectuar después de la estabilización de los parámetros fisicoquímicos in situ (pH y conductividad eléctrica).
- Los puntos seleccionados para el muestreo hidroquímico deben incluir todos los pozos y/o piezómetros objeto de ensayo hidráulico.

El monitoreo debe regirse bajo lo establecido en el Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua”, elaborado por el IDEAM (2021) o aquella que la modifique o sustituya. Todos los muestreos deben realizarse a través de laboratorios acreditados por el IDEAM, o la entidad responsable de su acreditación, tanto para la toma de muestras como para el análisis de parámetros. En caso de que no haya laboratorios acreditados para el análisis de algún parámetro, los laboratorios acreditados por el IDEAM para la toma de muestra pueden enviar la misma a un laboratorio internacional acreditado en su país de origen o por un estándar internacional, mientras se surte el proceso de acreditación en los laboratorios nacionales. Se deben anexar los formatos de campo para la toma de muestras, cadenas de custodia y reportes de laboratorio.

- Control de calidad de los resultados de laboratorio

- Se debe calcular y presentar el valor del error del balance iónico para cada una de las muestras que se tomen en el programa de monitoreo, el error máximo aceptable es de $\pm 15\%$, el cual debe ser reportado por el mismo laboratorio que analice las muestras, determinando de esta forma el nivel de confiabilidad de los valores de concentración reportados.

$$(\%) \text{ diferencia} = \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}} \times 100\%$$

- Para la estimación del error del balance y la determinación de iones disueltos la muestra debe ser filtrada en campo, con el fin de considerar solamente la fracción disuelta.
- Se debe reportar y realizar un análisis comparativo entre la conductividad eléctrica tomada in situ Vs la conductividad eléctrica tomada en laboratorio para cada muestra, justificando si es el caso, las diferencias entre las conductividades eléctricas. Esta diferencia no puede variar \pm el 10%.
- Se deben anexar los formatos de campo para la toma de muestras, cadenas de custodia y reportes de laboratorio, incluyendo los análisis de balances iónicos y de error analítico originales y a su vez presentar los resultados analíticos en formato Excel.

- Análisis e interpretación de los resultados

Con los datos adquiridos en el desarrollo del inventario de puntos de agua subterránea, se requiere realizar mapas de distribución de los valores para los parámetros fisicoquímicos: temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto y potencial redox.

Los resultados hidroquímicos se representarán en diagramas de relación (Piper, Stiff, Schoeller, Mifflin etc.), que permitan determinar las facies hidrogeoquímicas. Así mismo, se deben analizar e interpretar los resultados con el fin de determinar el origen, circulación y evolución del agua en el sistema hidrogeológico. El análisis debe identificar relaciones que contribuyan a la definición de aspectos como: zonas de recarga, tipos de roca con las que el agua ha estado en contacto y a partir de esto establecer aspectos como: evolución hidrogeoquímica, identificar procesos de intercambio y mezclas entre tipos de agua, detectar eventos de disolución o precipitación de fracciones iónicas, interconexiones hidráulicas, mezcla de diferentes tipos de agua subterránea identificados en el área de estudio, circulación, tiempo de residencia e indicadores de contaminación.

Así mismo, se requiere correlacionar los resultados de la caracterización geoquímica del mineral y de los residuos de roca, modelación de la formación de compuestos en lixiviados y de composición de los depósitos temporales y permanentes (botaderos, escombreras, rellenos o relaves), con los resultados del análisis de datos hidrogeoquímicos. Se deben interrelacionar los datos de geoquímica con los de la caracterización hidrogeoquímica, a fin de identificar la interacción de los procesos geoquímicos en superficie con los procesos hidrogeoquímicos que gobiernan la química del agua subterránea (caracterización de facies, análisis de relaciones iónicas e interparamétricas) y que pueden representar la generación de compuestos de interés ambiental y alteración de la calidad del recurso hídrico subterráneo en los tipos de sistemas presentes en el área de estudio. Este requerimiento debe desarrollarse durante las actividades del programa de monitoreo, al igual que para las fases de cierres progresivos, final y post-cierre.

Los resultados deben ser reportados en su totalidad y consolidados en el MAG.

- **Calidad del agua subterránea**

Se debe indicar la calidad del agua subterránea para los usos del agua identificados en las unidades geológicas acuíferas presentes en el área de influencia del proyecto, reportando como mínimo los parámetros establecidos en la Tabla 6, y comparando los resultados con los criterios de calidad definidos en la normativa vigente, según el uso identificado y los parámetros reglamentados.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a caracterizar en las unidades

geológicas y niveles acuíferos presentes en el área de influencia.

PARÁMETROS FÍSICOS	UNIDADES
Nivel Estático	m
Caudal de explotación	l/s
Altura sobre el nivel del mar	msnm
Unidad geológica captada	
PARÁMETROS IN SITU (tomados por el laboratorio en el momento del muestreo)	UNIDADES
Conductividad Eléctrica	μS/cm
Oxígeno Disuelto	mg/L
pH	Unidades de pH
Potencial Redox	mV
Temperatura	°C
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Profundidad de toma de muestra	m
PARÁMETROS GENERALES	UNIDADES
Acidez Total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L
Carbono Inorgánico Total (CID)	mg/L
Carbono Orgánico Disuelto (COD)	mg/L
Carbono Inorgánico Disuelto (CID)	mg/L
Conductividad Eléctrica (CE) (Muestra laboratorio)	uS/cm
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l O ₂
Demanda Química de Oxígeno	mg/l O ₂
Dióxido de carbono (CO ₂)	mg/L
Dureza Cálrica	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	mg/L CaCO ₃
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/L
Nitrógeno Total	mg/l
pH (Muestra laboratorio)	Unidades pH
Sílice Total (SiO ₂)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT) (laboratorio)	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mL/L

Sólidos Totales (ST)	mg/L
IONES	
CATIONES	UNIDADES
Amonio (NH_4^+)	mg/L
Calcio (Ca^{++}),	mg/L
Estroncio (Sr^{2+})	mg/L
Hierro (Fe^{+2})	mg/L
Hierro (Fe^{+3})	
Magnesio (Mg^{++})	mg/L
Manganeso (Mn)	mg/L
Potasio (K^+)	mg/L
Sodio (Na^+)	mg/L
ANIONES	UNIDADES
Bicarbonatos (HCO_3^-)	mg/L
Carbonatos (CO_3)	mg/L
Cloruros (CL^-)	mg/L
Cianuro (CN^-)	mg/L
Fosfatos ($\text{PO}_4=$)	mg/L
Nitratos (N-NO_3)	mg/L
Nitritos (N-NO_2)	mg/L
Sulfatos (SO_4^-)	mg/L
Sulfuro (S^{2-})	mg/L
METALES	UNIDADES
Aluminio (Al)	mg/L
Arsénico (As)	mg/L
Bario (Ba)	mg/L
Bromo (Br)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Cinc (Zn)	mg/L
Cobalto (Co)	mg/L
Cobre (Cu)	mg/L
Cromo (Cr^{+6})	mg/L
Estroncio (Sr)	mg/L
Litio (Li)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Níquel (Ni)	mg/L
Plata (Au)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L

Selenio (Se)	mg/L
Vanadio (V)	mg/L
MICROBIOLÓGICOS	UNIDADES
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL
Coliformes totales	NMP/100 mL
<i>Escherichia. Coli</i>	NMP/100 mL

Fuente: ANLA, 2021

• Isotopía

Se debe efectuar una caracterización de isótopos estables y radiactivos en cuerpos de agua superficial (lóticos y/o lénticos), subterránea (pozos, manantiales, aljibes y piezómetros) y agua lluvia, conforme a los parámetros indicados en la Tabla 7, a su vez se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Consideraciones del muestreo

Las condiciones de muestreo, transporte y almacenamiento de muestras deben seguir las directrices establecidas en los protocolos estandarizados por el Laboratorio de Análisis de Isótopos estables en agua líquida del S. G. C., el Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua”, elaborado por el IDEAM (2021) o aquel que lo modifique o sustituya y/o protocolos internacionales que apliquen debidamente justificadas. El muestreo de Tritio debe ser con enriquecimiento electrolítico y los resultados reportados deben ser corregidos por el laboratorio.

Todos los muestreos deben realizarse a través de laboratorios acreditados por el IDEAM, o la entidad responsable de su acreditación, tanto para la toma de muestras como para el análisis de parámetros. En caso de que no haya laboratorios acreditados para el análisis de algún parámetro, los laboratorios acreditados por el IDEAM para la toma de muestra pueden enviar la misma a un laboratorio internacional acreditado en su país de origen o por un estándar internacional, mientras se surte el proceso de acreditación en los laboratorios nacionales. Se deben anexar los formatos de campo para la toma de muestras, cadenas de custodia y reportes de laboratorio.

- Muestreo de agua lluvia

Se debe caracterizar el ^{18}O y ^2H en la lluvia, de manera mensual (promedio) durante un año hidrológico, con el fin de construir la línea meteórica local del área de influencia, a su vez, en se deben instalar mínimo 3 totalizadores de agua lluvia teniendo en cuenta las condiciones de altitud, instalando cada una con una diferencia máxima altitudinal de 400m (cuando en el

área de influencia se presenten diferencias de altitud). Se recomienda instalar los totalizadores próximos a estaciones climáticas.

Se debe calcular y reportar el exceso de deuterio para las muestras de isotopos estables en agua lluvia descartando aquellos resultados que estén por debajo de los 5% de exceso.

- Análisis e interpretación de los resultados

Con base en los resultados se deben establecer las relaciones existentes entre aguas lluvia, superficiales y subterráneas, identificando las zonas de recarga, tránsito y descarga, la datación del agua, los tiempos de tránsito y residencia del agua subterránea, a su vez se debe construir la línea meteórica local (construida a partir de colectores de agua lluvia distribuidos en la zona de estudio y a diferentes alturas). Se deben analizar los resultados de las caracterizaciones isotópicas vs la línea meteórica local y global.

Para el análisis de los resultados de los isotopos estables ($2H$ y $18O$) se debe hacer una relación con el monitoreo isotópico de la precipitación analizando los efectos latitudinales, continentales, estacionales y de intensidad. Como parte de la interpretación de los resultados isotópicos, se deberán construir las curvas Deuterio- $O18$ vs altura, conductividad vs altura, y potencial redox vs altura para los puntos de monitoreo, y realizar la interpretación conjunta de datos fisicoquímicos e isotópicos. Presentar un análisis comparativo e interpretación de la firma isotópica de cada uno de los acuíferos monitoreados, respecto a las firmas isotópicas de las aguas superficiales y lluvia.

Para el análisis de los resultados del $13C$, se debe identificar la fuente del carbono del agua subterránea, con base en la mineralogía de las rocas y con la concentración de carbono inorgánico total y las demás variables asociada a carbono.

Con los resultados de los isotopos radiactivos ($14C$ y $3H$), se debe estimar de la edad del agua subterránea, en caso del uso del $14C$ se debe corregir la actividad inicial, con las concentraciones de $13C$ y la concentración de carbono inorgánico disuelto y demás parámetros asociados al carbono, justificando el método de corrección empleado.

Tabla 7. Isotopos por caracterizar en el recurso hídrico presente en el área de influencia.

ISOTOPO	UNIDADES	Fuente por caracterizar	Frecuencia Hidrológico) (año
Estable			
Deuterio $2H$		Agua lluvia, superficial y	Época Seca -

ISOTOPO	UNIDADES	Fuente por caracterizar	Frecuencia Hidrológico (año)
		subterránea	Época Húmeda Mensual (lluvia)
Oxígeno Pesado 18O	‰	Agua lluvia, superficial y subterránea	Época Seca - Época Húmeda Mensual (lluvia)
(Carbono 13C	‰	Agua Subterránea y superficial	Época Seca - Época Húmeda
Radiactivo			
Tritio 3H	UT	Agua lluvia, superficial y subterránea	Época Seca - Época Húmeda
Carbono 14C	%CM	Agua Subterránea	Época Seca - Época Húmeda
Gases			
CFC 11	pc/kg	Agua lluvia, superficial y subterránea	Época Seca - Época Húmeda
CFC 12	pc/kg	Agua lluvia, superficial y subterránea	Época Seca - Época Húmeda
CFC 13	pc/kg	Agua lluvia, superficial y subterránea	Época Seca - Época Húmeda

Fuente: ANLA, 2021

Se debe tener en cuenta que para el monitoreo durante el seguimiento al proyecto solo se deben caracterizar el 2H, 18O. El monitoreo isotópico debe iniciar un año previo a la entrega y actualización del modelo hidrogeológico conceptual que sea establecido en el marco del seguimiento del proyecto, con el fin de determinar posibles fluctuaciones en los resultados como consecuencia del proyecto, lo cual, debe plantearse en el respectivo Programa de Seguimiento y Monitoreo.

- **Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación**

Se debe determinar la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para cada unidad geológica aflorante en el área de influencia del proyecto. Para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación se debe considerar entre otras variables, recarga real, el tipo de suelo y la conductividad hidráulica del acuífero. Para la determinación de la vulnerabilidad se debe tener en cuenta la Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la contaminación (MADS, 2010) o aquella que la

modifique o sustituya. Se debe realizar la explicación de obtención, análisis e interpretación de cada una de las capas para la elaboración del mapa de vulnerabilidad.

Se debe entregar el mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea a una escala 1:10.000 o de mayor detalle.

- **Fuentes potenciales de contaminación de acuíferos**

Se deben identificar todas las actividades antrópicas existentes en el área de influencia del proyecto que puedan catalogarse como potencialmente contaminantes del agua subterránea, en especial de los acuíferos someros, para establecer las medidas de manejo adecuadas, con base en su superposición con el mapa de vulnerabilidad a la contaminación, así como de su cercanía a fallas geológicas y zonas de fractura.

6.1.6.1 Modelo hidrogeológico conceptual

A partir de la compilación, análisis, integración de la información geológica y estructural, geofísica, unidades hidrogeológicas, identificación de zonas de recarga, tránsito y descarga, inventario de puntos de agua subterránea, descripción litológica de perforaciones – registros del nivel piezométrico y resultados de ensayos y pruebas realizadas en el sondeo, información de la red piezométrica, resultados analíticos de pruebas de bombeo e hidráulicas, los resultados de la caracterización de sistemas de flujo subterráneo, superficies piezométricas, información hidrogeoquímica, determinaciones asociadas a la caracterización e interpretación de análisis isotópicos, resultados de las determinaciones de calidad del agua subterránea y vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, se debe conformar el Modelo Hidrogeológico Conceptual – MHC, que represente las condiciones del sistema hidrogeológico presente en el área de influencia del proyecto.

Se debe presentar salidas gráficas que representen tridimensionalmente la distribución física de los componentes del sistema hidrogeológico. El sistema a su vez debe contener la información de caracterización de los parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas, las determinaciones de los ensayos de permeabilidad en suelo y de conductancia de lechos, las características hidráulicas asociadas a las zonas fracturadas, los datos de hidrogeoquímica, a su vez presentar un mapa que relacione los atributos numéricos y/o descriptivos para cada componente que integra el MHC (geología, geofísica, unidades hidrogeológicas, hidrología, inventario de puntos de agua subterránea, usos del agua subterránea, sistemas de flujo subterráneo, hidráulica, hidrogeoquímica, isotópica, calidad del agua subterránea, isotopía y vulnerabilidad intrínseca a la contaminación). Señalando, límites de baja y alta permeabilidad, zonas de recarga, tránsito y descarga, flujo, movimiento, interconexión hidráulica y dirección del agua subterránea.

Con base en el MHC, se deben identificar los acuíferos o zonas de los acuíferos objeto de medidas de manejo, protección o monitoreo diferencial, como zonas de recarga, zonas de interconexión hidráulica con fuentes de aguas superficiales, zonas con alta vulnerabilidad a la contaminación, perímetros de protección de pozos en especial los de abastecimiento doméstico, existencia de actividades potencialmente contaminantes, sinérgicas y acumulativas con las actividades del proyecto, entre otros.

Todos y cada uno de los componentes espaciales y no espaciales del modelo hidrogeológico conceptual deben ser reportados en su totalidad y consolidados en el MAG.

6.1.6.2 Modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas

En tanto Minambiente adopta la Guía Nacional de Modelación del componente hidrogeológico, se deben seguir los siguientes lineamientos:

El modelo hidrogeológico numérico debe representar la estructura de la variabilidad espacial y temporal, la totalidad de aspectos contenidos en la información que conforma el modelo hidrogeológico conceptual y la estructura computacional a partir de la información adquirida, procesada e interpretada para la construcción del MH, considerando fenómenos de variabilidad climática en las diferentes fases del proyecto, para lo cual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Dominio**

Se debe presentar el área del modelo numérico, la cual debe ser toda el área de influencia definida para el componente hidrogeológico. El dominio de modelación debe ser definido y acotado, por los contornos asociados a las cuencas o límites hidrogeológicos identificados en el Modelo Hidrogeológico Conceptual y trazarse de acuerdo con el conocimiento confiable del comportamiento hidráulico del sistema, de tal forma que puedan ser representados mediante condiciones de borde (contorno) conocidas o simples de establecer (carga hidráulica, flujo o mixta). Al momento de definir dicho dominio, se deben clasificar los límites con base en la siguiente distinción: límite superior o techo, límite inferior o basamento y límites o contactos laterales.

- **Condiciones iniciales**

Se deben presentar los valores específicos para las variables dependientes (niveles o concentraciones) en todo el dominio al comienzo del período de simulación y la metodología seguida para definir las condiciones iniciales; si el modelo emplea datos de entrada de mediciones en campo y valores de referencia o si se realiza una simulación de régimen

permanente y una vez obtenidas las condiciones de estabilidad se establecen las condiciones iniciales.

- **Condiciones de frontera**

Se debe presentar en un mapa por cada capa y en modo tridimensional (3D), las condiciones de frontera establecidas en el modelo, su descripción, su justificación, clasificación (Dirichlet -Tipo I, Neumann – Tipo II, Cauchy – Tipo III) y asignación de valores numéricos o funciones matemáticas que las estimen durante los pasos de tiempo. Se deben representar las condiciones de frontera empleadas, sus funciones de tiempo y configuración matemática. Para los elementos discretos de fractura se deben justificar las configuraciones geometrías, variables o parámetros asignados y esquemas matemáticos empleados.

Se deben incluir las características de la cobertura del terreno dentro de los determinantes de las condiciones de infiltración, escurrimiento y recarga.

- **Geometría y discretización del modelo**

Se deben describir los elementos geométricos que emplea la malla seleccionada, el número o cantidad de celdas o elementos empleados en el modelo, las dimensiones de las celdas o elementos y justificar la discretización horizontal y vertical de acuerdo con los elementos hidrogeológicos del dominio y de la geometría de la intervención minera y de las fracturas. La discretización tanto espacial como temporal del modelo debe cumplir criterios de estabilidad numérica (p. ej. Número de Courant para flujo o Peclet para transporte).

En caso de emplear un código basado en diferencias finitas la discretización vertical debe evitar el secado de celdas, lo que las inactiva de la simulación. Para el caso de elementos o volúmenes finitos, los grupos de elementos o elementos discretos de fractura deben garantizar un grado de refinación progresivo de un elemento de dimensión pequeña a grande para evitar inestabilidades numéricas.

- **Puntos de observación**

Corresponden a los niveles de agua subterránea reportados en cada pozo o piezómetro de observación, los datos de las perforaciones en sondeos de exploración y manantiales. Para la construcción del modelo numérico se deben seleccionar aquellos pozos o piezómetros representativos basados en su distribución espacial, calidad y cantidad de información disponible para cada uno. Algunos criterios que deberán cumplir los pozos o piezómetros que sean seleccionados como puntos de observación serán:

- i) Estar presentes dentro del dominio activo.

- ii) Presentar registros lo más completos posibles dentro del período de calibración.
- iii) Tener una cota o elevación del nivel de terreno confiable.
- iv) Conocer la profundidad de su lectura.
- v) Se deben incluir como puntos de observación del modelo los manantiales identificados en el inventario de puntos de agua.

- **Estructura del modelo**

Se debe presentar el protocolo o marco de modelación, indicando el esquema de modelación adoptado (p. ej. medio poroso equivalente, medio fracturado, fracturas embebidas). Este debe incluir la descripción general de la estructura del modelo seleccionado, las ecuaciones a resolver de acuerdo con los procesos modelados, las variables de estado, los parámetros del modelo, y presentar una descripción y análisis de ventajas, limitaciones y suposiciones.

- **Parametrización**

Se debe presentar la selección de cualquier parámetro numérico usado en el modelo numérico tales como las propiedades hidráulicas (conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, etc.), anisotropía, coeficientes, etc. Los intervalos o valores asignados para dichos parámetros deben ser acordes con los resultados del Modelo Hidrogeológico Conceptual y con los datos de campo.

- **Estructura computacional**

El código o programa seleccionado para la simulación numérica de las condiciones hidrogeológicas del sistema, debe ser específico para la simulación de flujo y transporte de aguas subterráneas y, tener la capacidad de representar la complejidad de las unidades geológicas (geometría, componentes estructurales, anisotropía), la geometría de los túneles mineros, tajos, y demás características, resolver ecuaciones de flujo en medios saturados y no saturados, bajo condiciones de estado estacionario y transitorio, según sean las condiciones del sistema a modelar.

En túneles en materiales no consolidados, se deben considerar los efectos de las fluctuaciones del nivel de agua subterránea y la distribución de las presiones hidrostáticas en el medio ante la intensidad y estacionalidad de la precipitación, y sus implicaciones en la estabilidad del terreno.

Para el caso de acuíferos costeros o con potencial geotérmico y/o proyectos que impliquen flujo a presión, el programa debe tener la capacidad de modelar flujo de densidad variable.

- **Calibración**

El modelo numérico construido debe ser calibrado en estado estacionario, utilizando para tal fin los niveles de agua subterránea registrados. Se debe describir la función objetivo, indicar los intervalos de los parámetros e indicar los criterios de aceptabilidad del modelo.

- **Sensibilidad paramétrica**

Se debe realizar un análisis de sensibilidad paramétrica, indicando los procedimientos usados, los resultados del análisis y sus efectos en el modelo. El análisis se debe enfocar en parámetros críticos del modelo como las conductividades hidráulicas, el almacenamiento específico, la recarga y las condiciones de frontera impuestas.

- **Simulaciones / escenarios:**

Una vez calibrado el modelo, se deben hacer predicciones para analizar como mínimo los siguientes escenarios:

- Condición sin proyecto (línea base estado estacionario).
- Avance minero presentado en el PTO, para aprobación de la autoridad minera competente. (estado transitorio).
- Variabilidad climática para los años más críticos en relación con el incremento y disminución de la precipitación, que podría presentarse en el área según los escenarios prospectivos de cambio climático (modelos RCP (CMIP5) o SSP(CMIP6)) durante la vida del proyecto (construcción, operación, cierre y poscierre). La simulación debe contemplar la variabilidad climática y el avance minero.

Se debe presentar el balance de masa para el área de modelación y los volúmenes de control definidos, contemplando como mínimo cada una de las condiciones de frontera consideradas. El balance se debe presentar tanto en estado estacionario como en estado transitorio.

Cada escenario contemplará las medidas de prevención y mitigación sobre la infiltración hacia túneles mineros y tajos (impermeabilización, inyecciones, entre otras), cuando aplique. Se debe indicar el porcentaje de efectividad de las medidas de manejo respecto a la afectación esperada en un escenario sin medidas de prevención y mitigación sobre la infiltración.

A partir de los escenarios de modelación, se deben presentar los siguientes aspectos de acuerdo con los resultados obtenidos:

- Caudales de infiltración esperados durante la explotación minera tanto en tajos como en túneles y la modelación del caudal con progresión temporal en relación con el avance minero según lo consignado en el PTO. Considerar como mínimo, condiciones

geológicas similares, indicando los caudales infiltrados esperados en el frente minero y en cada portal de acuerdo con el PTO entregado para aprobación.

- Caudal de infiltración esperado para la nueva condición de estado estacionario del avance minero. Cálculos progresivos del volumen de agua pluvial y subterránea a extraer de los frentes de explotación.
- Evolución espacio temporal de los niveles de agua subterránea.
- Afectación de fuentes superficiales y subterráneas
- Efectos en la calidad del agua por el transporte de contaminantes y/o la evolución hidrogeoquímica del sistema.
- Análisis de los conflictos con los usos actuales y potenciales del recurso hídrico.
- Se debe presentar la evolución temporal del nivel de agua subterránea en la red de monitoreo hidrogeológico.
- Se debe analizar y cuantificar a partir de los resultados del modelo numérico, la posible afectación de manantiales y el efecto sobre el recurso hídrico.
- Se debe presentar el cálculo del volumen de agua meteórica a extraer de los pits mineros, de los frentes de explotación y de la escorrentía generada en los depósitos mineros transitorios y también la progresión para los permanentes.
- Se debe presentar las áreas y mapas de variación de los niveles freáticos. Estos mapas deberán presentarse a escalas apreciables donde se pueda evidenciar la extensión de dichas variaciones. Los mapas deberán representar el cambio en los niveles freáticos producto de la operación minera y las obras subterráneas, teniendo en cuenta el rango de las variaciones naturales en las épocas climáticas (época lluvia y seca) y la precisión de las simulaciones.
- Los mapas de variación de nivel freático deberán ser utilizados, junto con los demás resultados de las simulaciones, para determinar el impacto ocasionado por dichas variaciones y determinar claramente su efecto en superficie, el cual será el criterio principal para establecer el área de influencia hidrogeológica

Se deben generar mapas y salidas gráficas 3D donde se presenten los abatimientos calculados respecto a la condición actual para diferentes ventanas de tiempo, presentando como mínimo las correspondientes para el año 1, 2, 5, 10, 15, 20, cierre, condiciones de post-cierre y/o hasta alcanzar una nueva condición de estado estacionario del sistema.

Representar en bloques diagramas la integración de la información obtenida en la descripción abiótica (morfología, geología, suelos, hidrología e hidrogeología) y los resultados de la modelación numérica. Estas salidas gráficas deben presentar como mínimo la siguiente información:

- Túneles mineros y tajos, puntos de observación, estratigrafía, litología y contactos litológicos, estructura y características de las unidades identificadas, geomorfología,

espesor y características de los suelos y capas meteorizadas, nivel de agua subterránea, dirección del flujo del agua, los valores de recarga y descarga en los volúmenes de control definidos.

A partir de los resultados del modelo numérico, presentar el porcentaje de afectación en el balance en los volúmenes de control definidos.

Se deben presentar los archivos fuente o nativos en los cuales se preparó el modelo numérico, especificando la versión del programa utilizado, con los componentes o extensiones necesarios para el completo cargue y corrida del modelo y los escenarios considerados.

Aun cuando la modelación numérica se debe realizar para las etapas de construcción, operación, y cierre del proyecto minero, el análisis de impactos y la definición del área de influencia hidrogeológica deberá utilizar el escenario crítico, es decir, el periodo en que la extensión y efectos del abatimiento de los niveles freáticos sean mayores.

- **Actualización del modelo numérico**

Se debe establecer un protocolo básico de actualización del modelo que incluya las fuentes de datos a utilizar, la disponibilidad requerida de los mismos y una propuesta de frecuencia de actualización justificada a partir de las condiciones del sistema hidrogeológico y los resultados esperados, según las modelaciones para la red de monitoreo que se defina para el proyecto. El modelo numérico debe ser actualizado y calibrado periódicamente durante las fases de explotación, cierre y post-cierre minero, utilizando como insumo además de los registros periódicos en la red de monitoreo hidrogeológico, los registros de caudales de infiltración donde se presenten en el área del proyecto, registros pluviométricos diarios en una red propia del proyecto, información de características litológicas, mineralógicas, estructurales e hidrogeológicas encontradas en el desarrollo del proyecto minero. Se requiere presentar la evaluación de la diferencia entre las simulaciones con lo encontrado y medido (pe. caudal de infiltración y abatimiento). La modelación se debe ajustar a las condiciones encontradas durante la ejecución de los trabajos, de manera que sirva como herramienta de toma de decisiones. En cada actualización se requiere verificar la consistencia respecto a las condiciones geológicas, hidrológicas, hidrogeológicas con los registros del programa de monitoreo y seguimiento y constructivas y de desarrollo registradas en campo.

Se debe incluir en la simulación un escenario crítico que tenga en cuenta los efectos climáticos del fenómeno ENSO (Niño).

-Normas técnicas / Componente hidrogeológico

El desarrollo del componente hidrogeológico debe tener en cuenta las siguientes normas técnicas:

- ASTM D5979-96 Standard Guide for Conceptualization and Characterization of Groundwater Systems.
- ASTM D5609 - 16 Standard Guide for Defining Boundary Conditions in Groundwater Flow Modeling.
- ASTM D5610-94(2014) Standard Guide for Defining Initial Conditions in Groundwater Flow Modeling.
- ASTM D6170 – 17 Standard Guide for Selecting a Groundwater Modeling Code.
- ASTM D5447 - 17 Standard Guide for Application of a Numerical Groundwater Flow Model to a Site-Specific Problem.
- ASTM D5981 - Standard Guide for Calibrating a Groundwater Flow Model Application.
- ASTM D5490 – 93 Standard Guide for Comparing Groundwater Flow Model Simulations to Site-Specific Information.
- ASTM D5611 – 94 Standard Guide for Conducting a Sensitivity Analysis for a Groundwater Flow Model Application.
- ASTM D6000/D6000M-15e1 Standard Guide for Presentation of Water-Level Information from Groundwater Sites.
- ASTM D5718 – 13 - Standard Guide for Documenting a Groundwater Flow Model Application.

6.1.7 GEOTECNICO

Para el área en donde se implementarán las obras y actividades del proyecto se debe presentar un modelo geológico – geotécnico ajustado a la realidad física de las condiciones del terreno, para lo cual se debe tener en cuenta toda la información de geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia y geomecánica. En este sentido, para el área de intervención (huella del proyecto), se debe presentar a escala 1:5.000 o más detallada, la información geológica para ingeniería, la cual debe contener la distribución y propiedades físicas y mecánicas de las rocas, suelos y depósitos, las condiciones de flujo del agua subterránea, las características del relieve y los procesos morfodinámicos actuales; lo anterior como elementos básicos del ambiente geológico, de suma importancia para la aplicación de la geología en ingeniería.

Por lo anterior, se requiere que la cartografía geológica sea elaborada a partir de Unidades de Geología para Ingeniería – UGI, las cuales se encuentran definidas en la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano (SGC – 2016), de tal manera que las mismas permitan realizar los análisis de estabilidad diferenciando los siguientes aspectos fundamentales:

- Distribución espacial y espesores de los materiales, diferenciando entre suelos y rocas aflorantes, así como entre depósitos de origen natural y antrópico.
- Zonas con condiciones estructurales homogéneas en el macizo rocoso, orientado a la delimitación de dominios geomecánicos
- Zonas de comportamiento geomecánico homogéneo, de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas de los materiales (suelos y rocas).

Adicionalmente, para este componente se debe generar e incorporar al modelo geológico geotécnico la información que a continuación se relaciona:

6.1.7.1 Amenaza sísmica a nivel de roca.

La valoración de la amenaza sísmica de la zona debe llevarse a cabo a partir del Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia (MNAS), elaborado por el SGC, o a partir de un estudio detallado de amenaza sísmica según se determine la necesidad de adelantar este último de acuerdo con lo siguiente:

- **Modelo Nacional de Amenaza Sísmica (MNAS)**

Se deben adoptar como valores de amenaza sísmica de referencia, los valores de aceleración pico del terreno a nivel de roca obtenidos del MNAS para Colombia, el cual está disponible en el sitio web <https://amenazasismica.sgc.gov.co> y es de datos abiertos para su uso.

Producto de esta consulta se debe obtener la curva promedio de amenaza sísmica de aceleración pico del terreno (PGA) en roca para la zona. En la Figura 2 se presenta un ejemplo del tipo de consulta que se debe llevar a cabo para obtener la curva promedio de amenaza sísmica.

Para cada uno de los escenarios de análisis (preoperativo, operativo, cierre y post-cierre) y niveles de consecuencias, se debe definir la combinación de tiempo de exposición y probabilidad de excedencia, que permita obtener el periodo de retorno con el cual se debe entrar a la curva de amenaza para determinar el valor de PGA en roca. En todo caso se debe garantizar que el periodo de retorno definido para cada escenario y nivel de consecuencias no sea inferior al que se plantea más adelante en la Tabla 8.

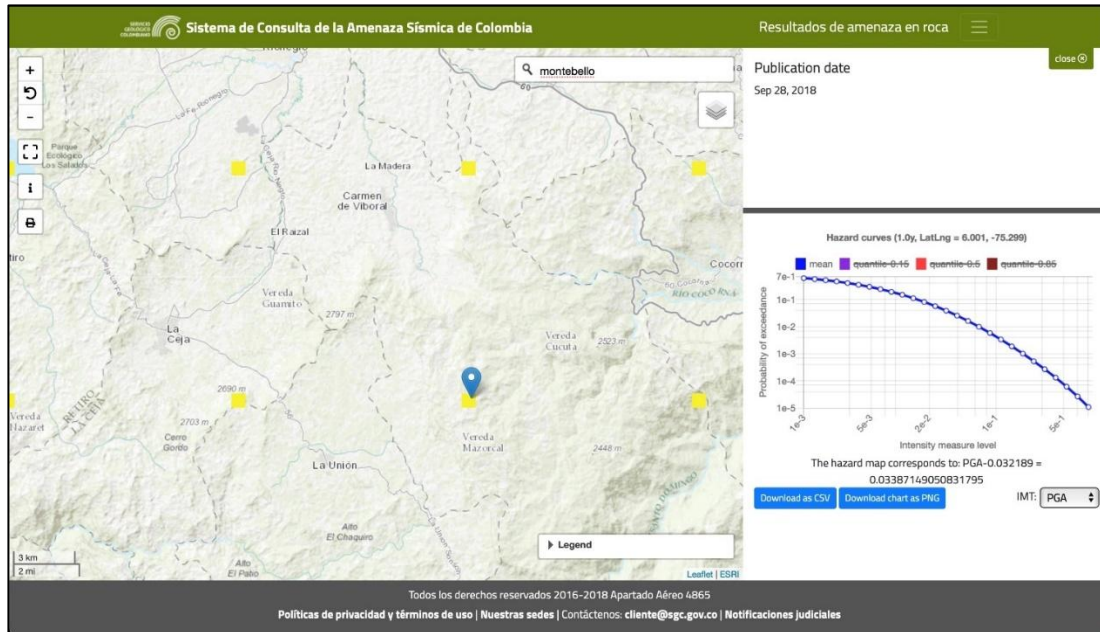


Figura 2 Ejemplo de consulta de la curva promedio de amenaza sísmica en el MNAS

Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2021)

• Estudio detallado de amenaza sísmica

Si en una franja de 25 Km de ancho, circundante al área de intervención del proyecto, se identifican fuentes sismogénicas activas, se deberá elaborar un estudio de amenaza sísmica por métodos de análisis probabilístico y determinístico de escenarios sísmicos. Para identificar las fuentes sismogénicas activas, se debe consultar la base de datos con que cuenta el SGC y se debe incluir la identificación de fuentes sismogénicas activas presentes en la zona y que no están incluidas en la base de datos del SGC.

Para este estudio, el análisis de amenaza sísmica debe llevarse a cabo considerando como mínimo toda la información que tiene disponible el MNAS, complementado con la información local y regional. En este sentido, los aspectos mínimos a considerar en el estudio detallado de amenaza sísmica son los siguientes:

- Insumos básicos para el análisis
 - Catálogo de eventos sísmicos
 - Base de datos de movimientos fuertes (acelerogramas)
- Definición de fuentes sismogénicas
 - Clasificación de ambientes tectónicos
 - Definición de geometría de fuentes sismogénicas

- Definición de parámetros de sismicidad
- Selección de ecuaciones de atenuación
 - A partir de literatura técnica o modelos existentes
 - A partir de análisis estadísticos de la base de datos de movimientos fuertes (opcional)
- Evaluación probabilística de la amenaza sísmica a nivel de basamento sísmico (roca)
 - Obtención de curvas promedio de amenaza de PGA
 - Análisis de desagregación de la amenaza sísmica
- Evaluación determinística de la amenaza sísmica a nivel de basamento sísmico (roca)
 - Definición de eventos máximos creíbles
 - Obtención del PGA determinístico (percentil 50)
 - Obtención del PGA determinístico (percentil 85)

El basamento sísmico a considerar para este estudio debe corresponder a un material con velocidad de onda de corte (V_s) de 760 m/s.

El valor de PGA determinístico obtenido en el estudio, se empleará para los análisis seudoestáticos de estabilidad de taludes de la siguiente manera:

- Para aquellos elementos considerados como de nivel alto de consecuencias en el escenario de cierre y post-cierre se deberá adoptar el valor de PGA obtenido como resultado del análisis para percentil 85. No obstante, si el valor de PGA obtenido en el análisis determinístico es inferior al valor de PGA obtenido de la curva promedio de amenaza sísmica para un periodo de retorno de 2.000 años, deberá usarse el valor de PGA tomado de la curva promedio de amenaza sísmica para dicho periodo de retorno.
- Para aquellos elementos considerados como de nivel medio de consecuencias en el escenario de cierre y post-cierre se deberá adoptar el valor de PGA obtenido como resultado del análisis para percentil 50. No obstante, si el valor de PGA obtenido en el análisis determinístico es inferior al valor de PGA obtenido de la curva promedio de amenaza sísmica para un periodo de retorno de 1.000 años, deberá usarse el valor de PGA tomado de la curva promedio de amenaza sísmica para dicho periodo de retorno.

6.1.7.2 Efectos locales

A partir de los resultados de valoración de amenaza sísmica a nivel de roca, se debe llevar a cabo un análisis de efectos locales que como mínimo incluya efectos asociados a la presencia de materiales blandos (suelos y depósitos), así como los efectos asociados a la topografía local.

Como resultado del estudio de efectos locales, se debe obtener un valor de aceleración pico del terreno a nivel superficial, el cual se le denominará PGA_s y que se obtiene afectando el valor de PGA en roca por cada uno de los factores de amplificación antes mencionado.

- **Por presencia de suelos y depósitos**

Para determinar la necesidad de evaluar los efectos locales por la presencia de suelos y depósitos, es necesario caracterizar el perfil del terreno en los sitios donde se reporte la existencia de dicho tipo de materiales en áreas sobre las que se plantee la disposición temporal o permanente de materiales sobrantes (relaves, colas, estériles, etc.), la construcción de diques, contrafuertes o presas, así como la construcción de rellenos, terraplenes o terrazas, o la implantación de cualquier otro tipo de infraestructura minera.

La caracterización del perfil del terreno debe corresponder, como mínimo, al análisis de los treinta (30) metros más superficiales del mismo para determinar la velocidad media de la onda de corte (V_{s30}), para lo cual es posible el uso de métodos geofísicos. De manera complementaria, debe caracterizarse el perfil del terreno por medio del número medio de golpes del ensayo de penetración estándar (\bar{N}) con las correspondientes correcciones por energía del ensayo SPT.

Para valores de $180\text{m/s} < V_{s30} < 760\text{m/s}$

Para proyectos fuera de zonas de influencia de fuentes sismogénicas activas, en los cuales se adoptan los resultados del MNAS, se deben utilizar los factores de amplificación tomados de la Figura 3, para lo cual será necesario interpolar entre curvas para el valor de PGA obtenido a nivel de basamento sísmico para cada uno de los periodos de retorno a considerar.

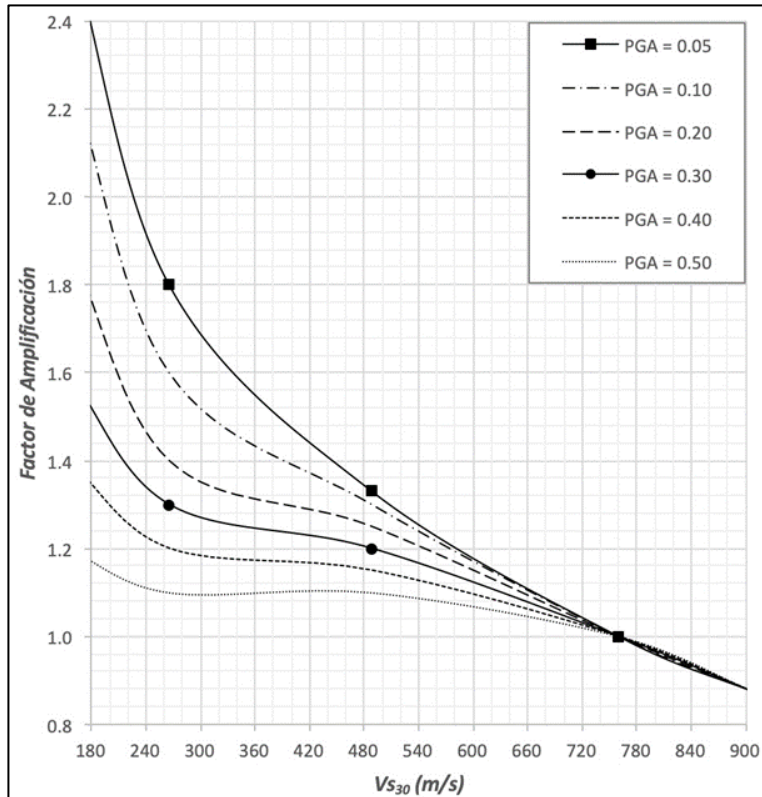


Figura 3 Factores de amplificación por presencia de suelos y depósitos para diferentes valores de PGA en el basamento sísmico.

Fuente: Adaptado de Seyhan & Stewart (2014)

Para valores de $V_{s30} < 180\text{m/s}$

En todos los casos en los que se obtengan valores de (V_{s30}) menores de 180 m/s, o valores de (\bar{N}) menores de 10 golpes, o cuando se detecte la presencia de un estrato de arcillas con alta plasticidad o con alto contenido de materia orgánica, o cuando se identifique cualquier otra anomalía que permita inferir la presencia de una zona de debilidad en el subsuelo, se debe llevar a cabo un estudio de efectos locales en el que se analice el efecto de amplificación de ondas sísmicas por presencia de materiales blandos tipo suelos y depósitos, para obtener los movimientos sísmicos de diseño en superficie.

El estudio de efectos locales por presencia de ese tipo de materiales blandos debe determinar como mínimo lo siguiente:

- Respuesta dinámica del subsuelo haciendo uso de modelos de propagación de onda, bien sean estos en una o dos dimensiones (1D o 2D), dependiendo de la condición espacial de la capa de material blando.
- Factores de amplificación para modificar los valores de coeficientes sísmicos (PGA) obtenidos en la evaluación de amenaza sísmica a nivel de roca.

- **Por rasgos topográficos locales**

De existir posibles efectos topográficos por las formas superficiales como crestas, valles o piedemonte, o en el caso de que el sitio del proyecto esté en una cuenca superficial, se debe considerar la amplificación o de amplificación de las ondas por estos efectos mediante el uso de recomendaciones de la literatura aceptadas y debidamente sustentadas, como mínimo se debe afectar la aceleración superficial con el factor de amplificación topográfica superficial, por medio de los factores de amplificación topográfica superficial para taludes y crestas recomendados por (AFPS,1990)³⁸. También pueden usarse otros métodos de evaluación de amplificación topográfica, debidamente validados, como el método de Molina et al (2019)³⁹.

6.1.7.3 Coeficientes sísmicos

Los resultados de la valoración de amenaza sísmica se deben incorporar al EIA, mediante la determinación de los coeficientes sísmicos para análisis seudoestáticos de estabilidad de taludes, denotados como aceleración pico del terreno PGA, afectados por efectos locales en los casos que aplique para obtener los valores de PGAs.

Los valores de PGAs a considerar en los análisis de estabilidad de taludes deben obtenerse a partir de valores de PGA en roca para los periodos de retorno que se presentan en la Tabla 8 (considerando los respectivos factores de amplificación por efectos locales) y según corresponda al escenario que se esté analizando y al nivel de consecuencias que se puede esperar en caso de que fallen los elementos analizados en dicho escenario. Una descripción de los escenarios de análisis para la valoración de amenaza por remoción en masa se presenta más adelante en el numeral 6.1.7.9.1 Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por remoción en masa.

³⁸ AFPS (1990)- Recommendations APPS-90 pour la redaction des règles relatives aux ouvrages et installations a realiser dans les regions sujettes aux seismes- Association Francaise du Génie Parasismique- Presse des Ponts et Chaussees, Paris, France.

³⁹ Molina, S.; Lang, D. H; Singh, Y.; Meslem, A. (2019)- A period-dependent topographic amplification model for earthquake loss estimation- Bulletin of Earthquake Engineering v17 No 7, pp 3709–3725- Springer, April 2019.

Tabla 8. Periodos de retorno en años para diferentes niveles de consecuencias y escenarios de análisis

Escenario \ Nivel de Consecuencias	Nivel de Consecuencias		
	Bajo	Medio	Alto
Preoperativo	300	500	1000
Operativo	500	750	1500
Cierre y Post-cierre	750	1000	2000

Fuente: ANLA

Para cada uno de los elementos principales del proyecto se debe identificar tanto el escenario en el que se debe analizar, como el nivel de consecuencias de la posible falla del elemento. Esa identificación se debe hacer atendiendo lo establecido en la Tabla 9 y sus resultados permitirán identificar el valor de periodo de retorno a utilizar para identificar el coeficiente sísmico a emplear en los análisis seudoestáticos.

Tabla 9. Elementos a considerar para diferentes niveles de consecuencias y escenarios de análisis

Escenario \ Nivel de Consecuencias	Nivel de Consecuencias		
	Bajo	Medio	Alto
Preoperativo	Taludes y laderas naturales sin evidencias de procesos de remoción en masa.	Taludes existentes. Taludes y laderas naturales con evidencia de procesos de remoción en masa inactivos	Taludes y laderas naturales con evidencia de procesos de remoción en masa activos. Taludes de corte y relleno existentes.

Operativo	Taludes de depósitos temporales proyectados para menos de 2 años.	<p>Taludes depósitos temporales proyectados para menos de 2 años.</p> <p>Taludes de trabajo de depósitos materiales sobrantes.</p> <p>Taludes temporales de trabajo al interior de depósitos de relaves. Taludes de sedimentadores.</p> <p>Otros taludes de corte y relleno temporales.</p>	<p>Taludes para vías de acceso internas al proyecto.</p> <p>Taludes de depósitos generadores de drenaje ácido.</p> <p>Túneles de acceso y producción.</p>
Cierre y Post-cierre	Plataformas para instalaciones de aprovechamiento y producción	<p>Portales de túneles. Taludes y laderas afectadas por actividades subterráneas</p>	<p>Taludes de cierre de mina.</p> <p>Taludes de depósitos de relaves.</p> <p>Taludes de contrafuertes, presas, diques, o cualquier otro elemento de contención de relaves.</p> <p>Taludes de depósitos definitivos generadores de drenaje ácido.</p> <p>Obras y estructuras de contención asociadas a estabilización de depósitos de relaves o estructuras anexas a los mismos.</p>

			Jarillones de protección de cauces de ríos u otros cuerpos de agua.
--	--	--	---

Fuente: ANLA

- Para todos los demás elementos con los que cuente el proyecto y que no se encuentren identificados en la Tabla 9, se debe calcular los correspondientes periodos de retorno a partir de la definición de periodos de exposición del elemento y considerando los siguientes valores para las probabilidades de excedencia del sismo en el periodo de exposición considerado: 20% para elementos con nivel de consecuencias bajo
- 10% para elementos con nivel de consecuencias medio
- 5% para elementos con nivel de consecuencias alto

La justificación del periodo de exposición debe estar claramente soportada con un análisis técnico que se base en el estudio del ciclo de vida del elemento analizado y en las necesidades de mantenimiento durante la operación del proyecto, como con posterioridad al cierre de operaciones de la mina. La clasificación del nivel de consecuencias debe basarse en un análisis de potencial de afectación de la falla del terreno para cada elemento y tener en cuenta la clasificación de elementos similares que se encuentren incluidos en la Tabla 9.

Debe tenerse en cuenta que la valoración de amenaza sísmica para un sitio y para cada uno de los elementos específicos no listados en la Tabla 9, el periodo de retorno se debe determinar a partir de los siguientes parámetros:

(\bar{T}) : periodo de retorno del sismo para la magnitud considerada.

(t) : periodo de exposición del elemento, definido a partir del ciclo de vida del mismo.

(q_0) : probabilidad de que el sismo con periodo de retorno (\bar{T}) sea excedido en el periodo de tiempo (t) .

Adicionalmente, debe tenerse presente que la relación matemática entre estas variables se plantea de la siguiente manera para determinar el periodo de retorno a partir del periodo de exposición y la probabilidad de excedencia:

$$\bar{T} = \frac{t}{\ln\left(\frac{-1}{q_o - 1}\right)}$$

De esta manera, una vez definido el periodo de retorno debe obtenerse el valor de PGA de la curva promedio de amenaza sísmica a nivel de roca, o del estudio determinístico de amenaza, según corresponda y afectarse por los factores de amplificación de efectos locales para obtener los valores de PGAs a utilizar como coeficientes sísmicos en los análisis pseudoestáticos de estabilidad de los elementos no incluidos ni asimilables a aquellos incluidos en la Tabla 9.

6.1.7.4 Investigación del subsuelo para labores superficiales

La investigación geotécnica/minera del subsuelo tendrá por objeto levantar, mediante trabajos de campo y laboratorio, la información suficiente y adecuada que permita caracterizar cuantitativamente los materiales geológicos en el área de influencia, con especial énfasis en aquellos que se encuentren en las denominadas áreas de intervención (huella del proyecto), ya que son las que soportarán de manera directa las obras e intervenciones del proyecto. Se debe prestar especial atención a la caracterización de los sitios del área de intervención en los que se presentan evidencias de procesos de inestabilidad, bien sean estos activos o inactivos. La investigación geotécnica implicará un programa razonable de exploración directa mediante apiques y trincheras, directa mediante sondeos, perforaciones y barrenos, e indirecta, mediante el uso de técnicas geofísicas orientadas a la caracterización superficial. La selección de los métodos y técnicas de exploración será responsabilidad del ejecutor del estudio, quien además deberá garantizar una adecuada distribución espacial de los sitios de exploración sobre el área de estudio, de manera que permita garantizar la obtención de la información geotécnica requerida para plantear el modelo o modelos geológico-geotécnicos de las diferentes zonas dentro del área de interés. Se debe registrar la localización precisa con coordenadas y elevación de los puntos de exploración, así como la profundidad de los puntos donde se lleva a cabo el muestreo.

El uso de correlaciones para la determinación de los parámetros de resistencia de los materiales a partir de pruebas de campo de uso frecuente no es restringido, sin embargo, es entendido que la pertinencia, validez, y confiabilidad del uso de tales correlaciones en un problema específico es de total responsabilidad del ejecutor de los estudios y por lo tanto debe ser plenamente justificado.

6.1.7.5 Investigación del subsuelo para labores subterráneas

La caracterización del macizo rocoso debe garantizar el adecuado conocimiento tanto de la roca circundante (roca encajante) como de la roca mineralizada, garantizando la adecuada caracterización de cada una de las alteraciones presentes. Dicha caracterización debe basarse en los resultados de la caracterización de muestras obtenidas de perforaciones diamantinas, en la información obtenida del logueo geomecánico de fracturas y discontinuidades, así como en los resultados de ensayos de laboratorio.

De manera simultánea, es necesario adelantar un proceso de mapeo geomecánico, tanto en superficie como subterráneo. Para el mapeo en superficie se debe llevar a cabo la caracterización de todos los afloramientos accesibles en la zona de intervención y sectores aledaños. Para el mapeo subterráneo, se debe hacer un planteamiento preliminar a partir de la información obtenida en perforaciones y sondeos, exploración geofísica y otras fuentes de información relacionada con la exploración del macizo. No obstante, se debe también plantear la forma como se adelantará esa actividad para las diferentes labores subterráneas a medida que se avanza con la excavación de la mina. Para excavaciones de gran tamaño y que serán permanentes a lo largo del ciclo de vida de la mina, se debe llevar a cabo el mapeo geomecánico por el método de “arco rebatido”⁴⁰, para las demás excavaciones es aceptado el mapeo por celdas o el mapeo por línea de detalle.

Dentro del plan seguimiento y monitoreo, se debe presentar una actividad específica orientada a la actualización del conocimiento del macizo rocoso, la cual debe establecer la frecuencia con la que se actualizará el mapeo geomecánico subterráneo. En este sentido, se debe garantizar que la toma de datos para caracterización del macizo sea un proceso continuo a lo largo del ciclo de vida del proyecto, ya que a medida que se avanza en las labores subterráneas se tiene acceso a nuevos sitios para toma de más información. Por lo anterior, la información de caracterización del macizo rocoso debe mantenerse actualizada incluso hasta el momento de cierre de la mina.

Con base en la información obtenida en el proceso de mapeo geomecánico se debe presentar una serie de perfiles geomecánicos para las zonas donde habrá intervenciones subterráneas significativas. Cada perfil debe detallar la información geológica (litología, contactos, estructuras, discontinuidades, etc.) y la información de clasificación del macizo, para lo cual se debe usar un sistema de clasificación ampliamente reconocido y aceptado para intervenciones mineras.

Los perfiles geomecánicos deben cumplir dos objetivos específicos:

1. Mostrar la variabilidad espacial de propiedades y condiciones del macizo rocoso.

⁴⁰ USACE. (2001). Geotechnical Investigations, Engineer Manual (EM). U.S. Army Corps of Engineers. Washington.

2. Servir de insumo para la definición de los dominios geomecánicos.

Los dominios geomecánicos se deben definir como las zonas con comportamiento geomecánico relativamente homogéneo, lo cual es de utilidad para los modelos numéricos que se requieran implementar al evaluar el comportamiento esperado del macizo rocoso.

Es fundamental que el modelo de análisis del macizo rocoso involucre tanto, estructuras mayores (zonas de corte y fallas regionales), como estructuras menores (familias de diaclasas y estratificación).

Adicionalmente, se debe definir un modelo de esfuerzos del macizo rocoso, tanto para el escenario inicial (antes de iniciar excavaciones), como para escenarios intermedios en los que ya se han avanzado las excavaciones. El análisis de ese modelo debe definir la posibilidad de que se genere algún mecanismo de falla controlado por esfuerzos.

6.1.7.6 Exploración geotécnica mínima

Para la exploración geotécnica se deberán tener en cuenta como mínimo los siguientes aspectos:

- En la zona de intervención (huella del proyecto), deberá contarse como mínimo con un sondeo por cada 2.5 ha de terreno, su ubicación deberá justificarse en términos del adecuado cubrimiento de los materiales de interés. La exploración deberá soportar adecuadamente el modelo geológico-geotécnico de cada sector o perfil de análisis dentro del área de estudio.
- En el área definida por una franja de 500 metros, circundante a la zona de intervención, se deberá contar como mínimo con un sondeo por cada 5 ha, garantizando siempre que se muestrean adecuadamente los materiales en todas las unidades geológicas superficiales presentes en dicha franja.
- Cuando los mecanismos de falla consecuentes con el modelo geológico-geotécnico propuesto permitan inferir la ubicación más probable de las superficies o zonas de falla, más de 2/3 de las exploraciones realizadas en las zonas de potencial ocurrencia de dichos mecanismos de falla, deberán llevarse como mínimo diez metros por debajo de la potencial superficie de falla inferida.
- Como mínimo, el 50% de las perforaciones deberá involucrar todos los materiales de interés para el estudio, de acuerdo con el modelo geológico-geotécnico propuesto.
- La utilización de métodos indirectos, tales como los geofísicos, para establecer espacialmente la disposición de los materiales involucrados, es aceptada siempre y cuando se demuestre que para cada uno de los sitios donde se llevan a cabo este tipo de ensayos, se cuenta con al menos dos sondeos de calibración que le

permitan entender con claridad los resultados e interpretación de ese tipo de ensayos geofísicos.

La justificación técnica y los alcances del programa exploratorio de campo y laboratorio deben ser explícitos en el informe final de resultados, adjuntando soportes de los análisis y resultados y claridad en cuanto a los valores de los parámetros de densidad, resistencia, permeabilidad y compresibilidad, así como las demás variables y constantes con que fueron alimentados los modelos.

En el caso de proyectos con intervenciones subterráneas, la huella del proyecto se debe entender como la proyección de la vista en planta de las intervenciones propuestas en profundidad, ampliadas o extendidas en lo que corresponda a la zona potencialmente afectada por el proceso de subsidencia que pueda generar dichas intervenciones subterráneas. Para determinar la zona de afectación por subsidencia se pueden usar planteamientos o modelos empíricos de amplia aceptación en proyectos mineros y los resultados deben validarse por medio de simulación con modelos numéricos debidamente calibrados. Estos modelos numéricos deben hacer uso del modelo de dominios geomecánicos previamente definido.

Adicionalmente, en el caso específico de que aplique la construcción de túneles para labores de minería subterránea, también se debe hacer especial énfasis en la definición del modelo geológico de detalle y del modelo de dominios geomecánicos para los corredores de los mismos, el cual debe ser prospectado y técnicamente sustentado y del cual se obtenga, como mínimo, la siguiente información:

- Etapa previa a la exploración: corresponde a la revisión de información secundaria que permita comprender de manera preliminar las condiciones del macizo rocoso.
- Exploración indirecta: debe entenderse como la etapa previa que permite obtener información para definir la forma como se debe llevar a cabo la ejecución de perforaciones exploratorias directas por medio de sondeos. Se debe justificar técnicamente el tipo de fuente a utilizar en las pruebas geofísicas, de tal forma que se garantice que la profundidad de exploración supera la profundidad de las labores subterráneas propuestas en el proyecto.

Debe incluir la descripción del método geofísico empleado, justificando su selección, de acuerdo con la extensión y profundidad y las condiciones geológico-estructurales particulares del área de influencia, la georreferenciación de los puntos de medición empleados, los valores de la propiedad geofísica medida y su correlación con las características de las unidades litológicas. Es necesario que la exploración indirecta se relacione con los resultados de la exploración directa para tener un mejor entendimiento de las condiciones geológicas presentes en el área.

La técnica de exploración indirecta debe tener cuenta para su selección:

- Tener una profundidad de investigación por debajo de la solera y localizarse lo más cerca posible al alineamiento en planta del eje del túnel.

La exploración indirecta debe estar encaminada a determinar:

- Estimación del espesor de los depósitos.
- Localización de contactos litológicos.
- Localización de posibles fallas o estructuras.
- Estimación de la profundidad del nivel de agua subterránea.
- Estimación de los parámetros de comportamiento dinámicos de suelos y rocas.

- Exploración directa:

- Se realizará por lo menos una (1) perforación por cada 500 metros de longitud de túnel propuesto⁴¹, o por cada unidad geológica, o por cada dominio geomecánico, o cada vez que se identifiquen estructuras geológicas relevantes que puedan llegar a influenciar el comportamiento de la excavación del túnel. Las perforaciones deberán ser diamantinas y deben permitir la recuperación de núcleos hasta superar la profundidad de las labores subterráneas propuestas. Se debe presentar en detalle la localización y cuantificación de las actividades de exploración realizadas sobre los corredores y áreas de las obras subterráneas de mayor relevancia a construir en el alineamiento de los túneles del proyecto, tales como túneles accesorios, bóvedas, zonas de trituración, casa de máquinas, pozos de ventilación, etc.

- Para los túneles de acceso, se debe considerar que la profundidad de exploración geotécnica debe superar cualquier superficie de falla potencial en la zona de influencia del túnel y en todo caso no inferior a tres (3) diámetros túnel por debajo de la solera propuesta.

- Como resultado de la exploración del subsuelo a lo largo del corredor del túnel y demás intervenciones subterráneas relevantes, se debe llevar a cabo identificación de tramos con diferentes calidades de roca, y zonificación geológica a lo largo de los ejes de los túneles, dependiendo del estado del macizo (roca sana, roca parcialmente meteorizada, roca fracturada, roca alterada hidrotermalmente, corredores de falla, etc.)

⁴¹ Minambiente 2019, Requerimientos adicionales para la elaboración de diagnóstico ambiental de alternativas y estudio de impacto ambiental para proyectos que requieren la construcción y/u operación de túneles.

6.1.7.7 Ensayos de laboratorio

El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio que permita establecer adecuadamente las propiedades de densidad, compresibilidad, permeabilidad y resistencia de los materiales involucrados en el área de estudio, para lo cual se debe garantizar que los ensayos permitan determinar de manera adecuada, tanto las propiedades índice y de densidad, como las propiedades esfuerzo-deformación, de resistencia al corte y otras propiedades tales como permeabilidad, la conductividad hidráulica, el potencial de colapso, potencial de tubificación y todas aquellas propiedades necesarias para garantizar la adecuada caracterización de los materiales acorde con el mecanismo de falla analizado.

Siempre debe darse prioridad a la obtención de información primaria para caracterizar los materiales, ya que no se considera aceptable el uso de correlaciones basadas en información secundaria (bibliografía, estudios en otras partes del mundo, etc.) para obtener propiedades geomecánicas de los materiales involucrados en las zonas de intervención directa, ni para la caracterización de los materiales que se obtendrán como sobrantes (relaves, colas y estériles) de las labores mineras.

6.1.7.8 Modelo geológico – geotécnico

Como resultado de las labores de exploración e investigación del subsuelo, así como de la interpretación de los resultados de ensayos de laboratorio, se deberá plantear un modelo geológico-geotécnico de análisis, que represente fielmente las condiciones del área de estudio.

El modelo incluirá una clara explicación de la forma como están dispuestos los materiales tanto en planta como en perfil, la orientación de las formaciones geológicas presentes, los espesores de los diferentes estratos de materiales considerados, así como las condiciones del drenaje, la ubicación de los actuales procesos de inestabilidad y la relación de estos con los rasgos geológicos regionales y locales; además para túneles se debe incluir el orden y tipo de elementos de sostenimiento que se planea colocar.

La determinación de las condiciones de flujo y la posición de la tabla de agua en cada uno de los perfiles de análisis debe ser claramente justificada, demostrando los puntos de control utilizados para su correcta definición. En los casos en que no se encuentre tabla de agua dentro de los perfiles de análisis, o que se decida trabajar con otro tipo de planteamientos para considerar el efecto de las presiones de poros, se debe dar claridad con respecto a los

criterios para definir los respectivos parámetros a utilizar en los análisis.

La presencia de depósitos, capas de suelos blandos y anomalías geotécnicas dentro de los perfiles de análisis, debe ser claramente definida, delimitándola dentro de los perfiles de análisis y caracterizando específicamente estos materiales en cuanto a sus parámetros de densidad, resistencia al corte, permeabilidad y compresibilidad.

En los casos en que se planteen intervenciones subterráneas de gran profundidad, entendidas estas como aquellas en las que la profundidad supera la dimensión máxima de la extensión en superficie, se debe plantear de manera adecuada un modelo de dominios geomecánicos, a fin de caracterizar el comportamiento geomecánico de los materiales presentes en el subsuelo del área de estudio.

Para construir el modelo de dominios geomecánicos, se requiere definir a la vez los siguientes cuatro modelos que lo alimentan:

- Modelo geológico y estructural: incluye la descripción de la distribución de los materiales, grados y tipos de alteraciones, condición de anisotropía estructural, la identificación de estructuras mayores e intermedias (pliegues, fallas a escala de mina, etc.) y la identificación de estructuras menores (discontinuidades, fallas a escala local, etc.)
- Modelo hidrogeológico: incluye la incorporación de todos los aspectos incluidos en el análisis del modelo hidrogeológico conceptual y numérico, con las correspondientes consideraciones de escala para garantizar que se hagan análisis acoplados de flujo y estados tensionales en el macizo.
- Modelo del macizo rocoso: incluye la descripción y caracterización de propiedades de la roca intacta, índices de clasificación geomecánica (Q, GSI, RQD, RMR, IRMR, MRMR, etc.), resistencia de estructuras (mayores y menores) y resistencia del macizo rocoso.
- Modelo del campo de esfuerzos: debe presentarse una evaluación de la distribución del campo de esfuerzos in-situ para la zona donde se llevarán a cabo intervenciones subterráneas, para lo cual se debe hacer uso de ensayos en campo (emisión acústica, overcoring, gato plano, inyección y fracturamiento, etc.). Adicionalmente se debe identificar con claridad zonas con concentración de esfuerzo que puedan generar inestabilidad a nivel local o global en el macizo. También se debe presentar un análisis de la capacidad de acumulación y nivelación de energía en el macizo. Para túneles se debe definir un modelo de esfuerzos del macizo rocoso, tanto para el escenario inicial (antes de iniciar excavaciones), como para el escenario en el que ya se han avanzado las excavaciones.

El modelo de dominios geomecánicos debe garantizar que se incorpore de manera adecuada la información de cada componente (geología, hidrogeología, geotecnia y geomecánica) y generar una base de datos que permita la incorporación de nueva información. Por lo anterior,

dentro de los planes y programas de monitoreo, se debe garantizar que se incluye una actividad consistente en la incorporación de nueva información proveniente del monitoreo de variables involucradas en el mismo.

6.1.7.9 Análisis geotécnicos

Los análisis geotécnicos deben evaluarse en tres vías diferentes para el proyecto minero:

1. Geotecnia para obras e intervenciones subterráneas (contornos del macizo), en el caso de minería subterránea.
2. Geotecnia para obras e intervenciones superficiales, incluyendo los frentes de explotación, zonas de depósitos, presas, áreas industriales, etc.
3. Geotecnia para vías, corredores y plataformas de acceso (en superficie).

Por lo anterior, los análisis que se realicen deben contemplar como mínimo lo siguiente:

1. Geotecnia para obras e intervenciones subterráneas: con base en los análisis cinemáticos y la caracterización geológica local de los túneles, pozos, inclinados, niveles y subniveles de excavación, etc., se debe hacer la respectiva caracterización geotécnica identificando los diferentes niveles de estabilidad de las excavaciones en función de la probabilidad de falla por caída de cuñas, abombamiento u otros procesos que impliquen redistribución de esfuerzos posterior a la excavación.

Como resultado de la exploración del subsuelo a lo largo del corredor del túnel y demás intervenciones subterráneas relevantes, se debe llevar a cabo la caracterización del macizo rocoso, identificando con claridad el estado y propiedades de las discontinuidades, para a partir de esa información llevar a cabo los análisis cinemáticos de estabilidad del macizo rocoso, para establecer la posibilidad de falla por la alteración del contorno del túnel.

2. Geotecnia para obras e intervenciones superficiales: conjugar cartográficamente las variables de geología, sísmica geomorfología, suelos de ingeniería, hidrología y meteorología, entregando como resultado la homogenización de polígonos en cuanto al grado de estabilidad de los suelos y susceptibilidad por procesos morfodinámicos e hidrodinámicos. Para el suelo de fundación de presas de relaves (en el caso de minería de metálicos), así como de cualquier otro elemento de contención de relaves (diques, contrafuertes, etc.), el análisis debe incluir lo referente a la condición geológico estructural y la situación sísmica local e igualmente los análisis de estabilidad global y local en condición estática y pseudoestática de los taludes de empotramiento de la presa, dique o contrafuerte propuesto.

3. Geotecnia para vías, corredores y plataformas de acceso: conjugar cartográficamente las variables de geología, sísmica geomorfología, suelos de ingeniería, hidrología y meteorología, entregando como resultado la homogenización de polígonos en cuanto al grado de estabilidad de los suelos y susceptibilidad por procesos morfodinámicos e hidrodinámicos. El análisis debe incluir los respectivos análisis de estabilidad en condición estática y seudoestática de los taludes de corte y rellenos que se realicen en las vías a media ladera.

6.1.7.9.1 Análisis de estabilidad y evaluación de amenaza por remoción en masa.

Con base en el estudio de amenaza sísmica y la investigación geotécnica, se debe realizar el análisis de estabilidad. Se utilizarán métodos de análisis y cálculo de reconocida validez aplicables a los mecanismos de falla que han sido identificados.

La evaluación de la amenaza se debe realizar para los siguientes escenarios en condiciones normal y extrema de parámetros detonantes:

- Escenario Pre-Operativo (actual): se debe evaluar la situación actual, bajo las condiciones normales y extremas de niveles de agua y de sismo a las que podrá estar expuesta el área de estudio. Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre los taludes, de la lluvia máxima diaria anual con periodo de retorno mínimo de 100 años. Para la condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a ser considerado en los análisis de tipo seudoestático no podrá ser menor a 2/3 de la PGAs a nivel superficial. La razón por la que se decide reducir el PGAs debe ser técnicamente soportada.
- Escenario Operativo (construcción, montaje y explotación): corresponde a la condición geométrica que tendrán los taludes temporales que hagan parte de la operación de la mina. Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre el talud, de una lluvia promedio de la serie de máximos diarios anuales de precipitación en 24 horas. Para la condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a ser considerado en los análisis de tipo seudoestático no podrá ser menor a 2/3 de la aceleración pico del terreno a nivel superficial PGAs. Para este escenario se permite que los taludes de trabajo tengan grados de amenaza media por remoción en masa, entendiendo que no se permitirán zonas con amenaza alta.
- Escenarios de Cierre (cierre y post-cierre): corresponde a la configuración final y definitiva de los taludes que quedarán una vez terminadas las intervenciones de la mina. Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre el talud, de una lluvia máxima diaria anual con periodo de retorno de 100 años. Para la

condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a utilizar en este escenario debe ser $2/3$ de la aceleración pico del terreno a nivel superficial (PGA_s). Bajo ninguna circunstancia se pueden proyectar taludes o dejar zonas intervenidas en grado de amenaza media o alta para este escenario; por ende, en todos los taludes, que quedarán como definitivos para este escenario, se debe garantizar un grado de amenaza baja (Tabla 9) tanto en condición normal como extrema de parámetros detonantes.

Para todos los escenarios de análisis, el valor de PGA_s al que se hace referencia corresponde al valor de PGA obtenido del análisis de amenaza sísmica a nivel de roca, afectado por los factores de amplificación definidos en el estudio de efectos locales por presencia de materiales tipo suelos y depósitos, así como por efectos topográficos.

Para todos los escenarios y perfiles de análisis se deben llevar a cabo análisis de estabilidad de carácter general o global en la zona, garantizando que en el perfil de análisis se involucren tanto los materiales del terreno natural, como cualquier otro que se deposite sobre este. También se deberán llevar a cabo análisis de estabilidad de carácter local para los diferentes bancos en los taludes de corte y en los taludes de relleno.

Se entiende por condición extrema, un fenómeno inusual que pueden experimentar los taludes y laderas de la mina como lo son: (1) aumento del nivel freático y de la saturación de la masa de suelo y roca por la ocurrencia de lluvias extremas o (2) sismo. No se considera necesario evaluar la estabilidad bajo la superposición de los dos eventos extremos anteriores.

Para los análisis de estabilidad se entiende que el resultado se debe expresar como un factor de seguridad para cada uno de los perfiles de análisis, el cual debe cumplir los criterios de aceptabilidad de la Tabla 10 para cada uno de los escenarios de análisis antes mencionados. El factor de seguridad se define como la relación entre esfuerzo cortante último resistente y esfuerzo cortante actuante.

En la evaluación de la amenaza por remoción en masa, para cada uno de los escenarios analizados y para la condición extrema de parámetros detonantes, se elaborarán mapas de amenaza a escala 1:5.000 y con curvas de nivel en lo posible cada 1.0 m. Estos mapas se presentarán en escala adecuada que permita realizar la correspondiente lectura, clasificando el área de intervención con base en los siguientes criterios:

Tabla 10. Criterios para la valoración de la amenaza por remoción en masa

Grado de amenaza	Condiciones normales FS	Condiciones extremas
------------------	-------------------------	----------------------

		FS
Amenaza Baja	>1.6	>1.2
Amenaza Media	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
Amenaza Alta	<1.2	<1.0

Fuente: ANLA.

Una vez evaluada la condición de estabilidad de un talud y obtenido el grado de amenaza de este, debe valorarse el alcance de las potenciales afectaciones que se presentarían en caso de materializarse la falla. Esto se debe hacer por medio de un análisis de distancia de viaje en el que se establezca con claridad hasta donde viajaría el material fallado, definiendo así el límite de las zonas de amenaza por afectación directa de la masa fallada.

Para el resto del área de influencia, la clasificación de amenaza por remoción en masa debe obtenerse como resultado de un ejercicio de zonificación a nivel regional, para lo cual se debe usar la metodología propuesta por el Servicio Geológico de Colombia – SGC para zonificación de amenaza por movimientos en masa, llevando a cabo los respectivos ajustes para garantizar que la escala de trabajo sea 1:10.000.

La información geotécnica se debe presentar en planta a escala 1:10.000 para el análisis regional de amenaza por remoción en masa; mientras que para la zona de intervención se debe presentar en planta y en perfil a una escala 1:5.000 o más detallada, considerando siempre que se debe brindar la suficiente claridad, ilustración y comprensión de las condiciones geotécnicas evaluadas.

Se debe presentar el detalle de la aplicación de la metodología utilizada para realizar la caracterización geotécnica, incluyendo las conclusiones obtenidas a partir de los análisis geotécnicos realizados como parte de la línea base del proyecto. Las condiciones sísmicas deben estar descritas adecuadamente en particular cuando el proyecto incluya depósitos de relave (presas o embalses).

Se deben desarrollar los ítems necesarios para garantizar la estabilidad física de los taludes definitivos y depósitos o botaderos, y la estabilidad frente a la ocurrencia de procesos de remoción en masa en la etapa de cierre y rehabilitación, para lo cual se utilizarán métodos de análisis y cálculo de reconocida validez aplicables a los mecanismos de falla que han sido identificados.

6.1.7.10 Consideraciones geotécnicas para el cierre y post-cierre minero

Con base en lo definido a través del análisis de estabilidad geotécnica, se presentarán las condiciones finales de conformación del terreno. La evaluación de la estabilidad geotécnica para las etapas de cierre y post-cierre minero debe garantizar que el grado de amenaza de los taludes sea bajo.

Se deben tener presentes las siguientes consideraciones para las zonas intervenidas en superficie:

1. Descripción de las intervenciones que quedarán permanentes (aquellas que no se van a dismantelar) y aquellas que serán objeto de rehabilitación (las que se van a dismantelar).
2. Definir el tipo y frecuencia de mantenimiento que se debe llevar a cabo durante la etapa de post-cierre minero. El post-cierre debe considerar la necesidad de mantenimiento a largo plazo de instalaciones que queden remanentes.
3. Describir la forma como se llevará a cabo el cierre de accesos, cierre de almacenes de explosivos (polvorines).
4. Medidas finales para el adecuado manejo del drenaje superficial.
5. Análisis del potencial de reutilización y/o reciclaje de estériles.
6. Señalización

Las actividades correspondientes al cierre de labores subterráneas deben involucrar la instalación de barreras para evitar el ingreso o salida de aire, agua y gases, entre otros. Se deben tener presente:

1. Definición del tipo o tipos de cierre propuestos: se debe definir la cantidad de sitios de cierre a implementar y la categoría de cada uno de ellos clasificándolos como simples, pasivos o activos, dependiendo de las necesidades de mantenimiento (simple: que no requiere mantenimiento, pasivo: mantenimiento mínimo, o activo: mantenimiento permanente).
2. Tipo de cierre y necesidades de mantenimiento: dependiendo del tipo de cierre propuesto (simple, pasivo o activo), se debe plantear con claridad las necesidades de mantenimiento que se requiere atender en la etapa de cierre y post-cierre, de tal suerte que se defina la frecuencia específica esperada y las labores de mantenimiento que se deben ejecutar para cada uno de los sitios de cierre.
3. Condición del macizo rocoso: a partir de un análisis de la condición geotécnica y geomecánica en el entorno de las labores subterráneas, tanto horizontales, como inclinadas y verticales, se debe proponer la ubicación más idónea para los elementos de cierre (tapones).
4. Condición del agua subterránea: para los sitios de los tapones se debe definir el caudal máximo esperado que se manejará y la forma como el mismo será

manejado, para de esta manera definir si la condición del cierre será seca, húmeda o totalmente inundada. En el caso de cierres húmedos y cierres inundados, además del planteamiento de las respectivas soluciones hidráulicas, se debe presentar la solución que impedirá la entrada de aire para evitar procesos de alteración por oxidación de minerales y la generación de drenaje ácido. Adicionalmente, en el caso de cierres inundados se debe evaluar el efecto de tener las discontinuidades del macizo con presión de agua constante, así como el efecto de dichas presiones en la alteración de patrones de flujo a nivel subsuperficial.

5. Instrumentación y monitoreo: se deben proponer los sistemas de monitoreo geotécnico e hidráulico necesarios para los sitios seleccionados para los tapones, siendo consistentes con las condiciones de esfuerzos y flujo de agua esperadas en esos sectores del macizo.

6.1.8 ATMOSFÉRICO

La presente línea base servirá de referencia para determinar los posibles impactos al componente atmosférico en el área de influencia del proyecto y evaluar su evolución a través del tiempo, para lo cual es necesario disponer y analizar la información requerida, de acuerdo con las directrices y metodologías establecidas en la MGEPEA. En concordancia con lo anterior, se debe efectuar una caracterización del área de estudio que cuantifique las fuentes de emisión, calidad del aire, los niveles de presión sonora y condición climatológica.

6.1.8.1 Meteorología

La caracterización meteorológica se realizará con información reciente, disponible y representativa para el área de estudio y será generada a partir de estaciones meteorológicas del IDEAM o aquellas de entidades públicas que hayan sido avaladas por esta entidad (periodo mínimo 3 últimos años); y/o información meteorológica satelital para la zona (mínimo 3 últimos años de registros horarios). Se debe describir e ilustrar la distribución espacial de las condiciones meteorológicas medias y extremas mensuales multianuales del área. La información básica asociada a las estaciones se deberá identificar claramente, a saber: tipo, nombre, código, localización, elevación, periodo de los registros analizado y parámetros.

Cuando no exista información disponible de estaciones meteorológicas del IDEAM, la información meteorológica puede ser tomada de los datos de reanálisis global (satelital), obtenidos directamente de fuentes confiables en internet, que puedan ser validadas. Por ejemplo, modelos de clima o tiempo como CFRS, ERA 40, CAM, WRF, MM5, etc. Se debe realizar un análisis estadístico del error y demostrar el procedimiento de validación de resultados empleado. Para este caso se requiere que el estudio establezca claramente la

fuelle de la información, precisando las coordenadas de localización, el periodo analizado, la resolución de la información, el tipo de dato procesado y las variables (anexar la ficha técnica de la información, además de los datos origen en un formato de texto de fácil manipulación y visualización). Para este análisis, se requiere como mínimo analizar los tres (3) años más reciente de la serie de datos manejada. Cabe aclarar que, si esta información es horaria y representa adecuadamente el comportamiento en el área de influencia podrá usarse como insumo para la modelación de emisiones atmosféricas. Los parámetros básicos de análisis se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Parámetros meteorológicos mínimos para el análisis

PARÁMETRO	UNID.	FRECUENCIAS	FORMATO DE PRESENTACIÓN	REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS
Vientos	Dirección (grados) magnitud (m/s) y frecuencia (%)	Horaria Diaria Mensual Anual	Series de tiempo completa, histograma de distribución de frecuencias con información horaria y rosa de vientos estacional. Diagramas (X, Y) promedios estacionales.	<ul style="list-style-type: none"> •Análisis de la velocidad, dirección y frecuencias de los vientos. •Presentación de la rosa de los vientos diurna y nocturna de 1, 3 o 5 años (de acuerdo con el periodo de registros para este parámetro). •Determinar si en el área de estudio existen varias condiciones micro meteorológicas de comportamiento de los vientos. •Análisis de las tendencias y variaciones mensuales de las rosas de vientos. •Construcción y análisis de un histograma de

PARÁMETRO	UNID.	FRECUENCIAS	FORMATO DE PRESENTACIÓN	REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS
				<p>distribución de frecuencias con información horaria.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Análisis de la variabilidad en la velocidad de los vientos, la cual tiene como finalidad indicar el comportamiento de los vientos en una jornada de 24 horas (diaria) para un periodo específico (mensual o anual).
Temperatura superficial	°C	Diaria Mensual Anual	Serie de tiempo completa. Diagramas (X, Y) estacionales.	<ul style="list-style-type: none"> •Análisis del promedio, mínimo y máximo de temperatura registrada diaria, mensual y anual. •Distribución de la temperatura en el área de estudio (isotermas).
Presión atmosférica	mb	Mensual	Serie de tiempo completa y diagrama de cajas (box- plot) del ciclo anual. Diagramas (X, Y) promedios estacionales.	Análisis de promedios mensuales.

PARÁMETRO	UNID.	FRECUENCIAS	FORMATO DE PRESENTACIÓN	REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS
Precipitación	mm	Horaria Diaria Mensual Anual	Series de tiempo completa. Diagramas (X, Y) estacionales.	<ul style="list-style-type: none"> •Tendencias de precipitación medias horarias, diarias, mensuales y anuales. •Distribución de la precipitación en el área de estudio (isoyetas). •Presentar histograma de temperatura vs precipitación, para identificar y definir época(s) seca y húmeda.
Humedad relativa	%	Diaria Mensual Anual	Series de tiempo completa. Diagramas (X, Y) estacionales.	Análisis de promedio, mínimo y máximo registrada diaria, mensual y anual.
Radiación solar	Unids. Radiación solar	Diaria Mensual Anual	Series de tiempo completa. Diagramas (X, Y) estacionales.	<ul style="list-style-type: none"> •Análisis de la tendencia de radiación solar. •Análisis de media diaria, mensual y anual. Además de perfiles horarios de radiación solar. •La obtención de la información de radiación solar podrá realizarse a partir de cálculos con ecuaciones teóricas y el uso de otros parámetros.
Nubosidad	Octas	Horaria	Series de tiempo	Análisis de la

PARÁMETRO	UNID.	FRECUENCIAS	FORMATO DE PRESENTACIÓN	REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS
		Diaria Mensual Anual	completa. Diagramas (X, Y) estacionales	tendencia y variación de la nubosidad horaria, mensual y anual.

Fuente: ANLA 2021

Una vez realizado el análisis de los anteriores parámetros meteorológicos, se debe analizar anomalías climáticas incluyendo los fenómenos ENSO: El Niño y La Niña (se debe tener en cuenta que sí, en el periodo de registros elegido para el análisis meteorológico no se presentan ambos fenómenos, se debe ampliar el periodo de análisis). Adicionalmente, debe determinar el balance hídrico y la zonificación climática para el área de estudio.

Con el propósito de establecer la calidad y consistencia de la información meteorológica se debe realizar un análisis que incluya pruebas estadísticas paramétricas y/o no paramétricas sobre homogeneidad, consistencia e identificación de datos anómalos. De ser posible, hacer el completamiento de las series, indicando claramente el método adoptado y efectuar la caracterización estadística básica de las series de tiempo tratadas.

Para el componente atmósfera el detalle y análisis meteorológico deberá permitir, entre otras cosas:

- La correlación con el comportamiento de los contaminantes atmosféricos (dirección y grado de dispersión).
- Con el análisis del comportamiento de los vientos, la correcta localización de las estaciones de muestreo de calidad del aire del sistema de vigilancia (SVCA) para la caracterización del proyecto.
- Con el análisis de precipitación, temperatura y la definición de periodos húmedos y secos, además de lo establecido en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, se podrá definir el tiempo adecuado de ejecución de las campañas de monitoreo de línea base y seguimiento del SVCA.
- Con el balance hídrico, se aporta información para el análisis del comportamiento de los contaminantes de acuerdo con el inventario de emisiones para escenarios con control y sin controles naturales. Además de establecer la disponibilidad de agua y el balance de humedad, para el plan de riego como medida de control de emisiones.

6.1.8.2 Aire

6.1.8.2.1 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas y receptores (inmisión).

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

Tanto la identificación y caracterización de fuentes de emisión como de receptores, debe realizarse siguiendo las directrices establecidas en la MGEPEA. Los datos e información cartográfica del componente se deben presentar de acuerdo con las especificaciones establecidas en el MAG.

Y tener en cuenta que:

La caracterización de presencia de fuentes de emisión y cuantificación de emisiones en la etapa de línea base del proyecto, se encuentra contenida en inventarios de emisiones oficiales, que cuantifican con rigor técnico las descargas de emisiones. Por otra parte, con el fin de validar otras fuentes de emisiones atmosféricas, el usuario debe consultar el SIAC y el AGIL, los proyectos de competencia de la ANLA que cuentan con permisos de emisiones vigentes, así como los permisos de emisiones otorgados por otras autoridades ambientales en el área de estudio.

En el caso de que haya inventarios oficiales de emisiones para el área de influencia del medio realizados por las Autoridades Ambientales Competentes u otras entidades, se debe entregar la información disponible sobre la cuantificación de las emisiones por fuente y la identificación de los tipos de contaminantes generados.

No obstante, sin perjuicio de lo anterior, se debe presentar la siguiente información:

- **Fuentes de emisión existentes**

- Identificar, describir y georreferenciar las fuentes fijas de emisión atmosférica existentes en el área de influencia del medio las cuales son de área y puntuales. Además, para aquellas que aplique describir el sistema o equipos de control existentes, eficiencias y parámetros de diseño y operación del/los mismos, incluir esquemas (s) de diseño (s).

- Identificar, describir y georreferenciar los trazados de las fuentes dispersas o difusas (fuente lineal) y móviles con sus respectivos aforos.

- Identificar, describir y georreferenciar las fuentes de emisión atmosférica naturales relevantes (volcanes, desiertos, entre otros).

- Identificar, describir y georreferenciar otras fuentes externas de emisión de contaminantes relevantes para el área de estudio (p. ej. emisión de polvo del desierto del Sahara).

- Para cada identificación relacionar el tipo de fuente y la actividad económica asociada.

- **Fuentes de emisión proyectadas**

Identificar, describir y georreferenciar el tipo y las diferentes fuentes contempladas durante las fases del proyecto y que son objeto de evaluación.

- **Receptores de emisión**

Identificar y georreferenciar los potenciales receptores de interés, ubicados en asentamientos humanos (viviendas, e infraestructura social, económica, cultural y/o recreativa), en zonas agropecuarias y en áreas con elementos naturales susceptibles para el área de influencia del medio.

6.1.8.2.2 Estimación de la emisión atmosférica

Para las fuentes de emisión (fijas, lineales y móviles), se deberá estimar la masa de descarga de los contaminantes atmosféricos asociados con el inventario de fuentes y previstos en los procesos y actividades del proyecto. Esta estimación se debe realizar con base en:

- Los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas⁴², o aquel que lo modifique o sustituya.
- La Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas⁴³ o aquella que la modifique o sustituya.
- Cuando aplique se podrá hacer uso de los factores de emisión reportados por EPA-E.E.U.U., EMEP/EEA, EMEP/CORINAIR y NPI/NATIONAL POLLUTANT INVENTORY, u otro que cuente con reconocimiento técnico y científico a nivel nacional e internacional. Deberá anexar la hoja de cálculo sustento de los cálculos y suposiciones realizadas, e identificar y valorar las variables utilizadas.
- En el caso en que, una o varias fuentes no deban ser incluidas en el inventario, deberá realizar el cálculo adecuado para sustentar la eliminación de la(s) fuente(s).
- Para fuentes móviles se debe utilizar modelos de estimación de emisiones de reconocida aplicación nacional e internacional (p. ej. IVE, MOBILE, MOVES y/o COPERT, entre otros) combinados con variables locales (distancias viajadas por la flota, velocidades, entre otras), o factores de emisión de entidades nacionales o internacionales con conocimiento en la materia.

⁴² Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes- 2010.

⁴³ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Minambiente. La Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas – 2017.

Realizar un aforo vehicular, a fin de identificar las fuentes móviles que transitan por las vías del proyecto o que se encuentran en el área de influencia del medio. Se deben identificar y señalar las características del punto de aforo, así como clasificar los vehículos de acuerdo con su peso y tipo de combustible. Se deberá tener en cuenta que, el levantamiento de información de la flota vehicular, como mínimo deber ser de veinticuatro (24) horas continuas por día, en día hábil y no hábil. En caso de que, el aforo se realice por un tiempo inferior a las 24 horas, se debe justificar apropiadamente, en función de aspectos tales como condiciones de seguridad, horarios de operación del proyecto, dificultad de acceso, entre otros.

Si de forma sustentada, el proyecto no considera modelación de contaminantes atmosféricos en escenario de línea base, no será necesario presentar las emisiones asociadas a este escenario ya que, los resultados del monitoreo de calidad del aire realizado para la caracterización servirán como inventario de línea base o actual (aclaración respecto al tema de escenarios en el numeral 6.1.8.2.4 Modelación de contaminantes atmosféricos, de los presentes términos de referencia).

Para las fuentes proyectadas que aplique, se debe describir el sistema de control con el que opera la fuente de emisión y presentar su respectivo plan de contingencia, para revisión y aprobación conforme lo establece el Artículo 79 de la Resolución 909 de 2008 de Minambiente (o aquella que la modifique o sustituya).

6.1.8.2.3 Calidad del aire

El levantamiento de esta información debe realizarse siguiendo las directrices establecidas en la MGEPEA. Se debe tener en cuenta que, si en el marco del mismo proyecto para una posible modificación de licencia ya existen registros de un SVCA, estos tampoco deberán superar los dos años de antigüedad.

Presentar los resultados y análisis de la información de estudios sobre la calidad del aire, realizados en el área de influencia del medio. Los datos que se usen pueden ser generados por terceros (incluye a las redes de monitoreo operadas por autoridades ambientales y entidades nacionales) siempre y cuando éstos no superen los dos años de antigüedad y se demuestre la representatividad espacial de las mediciones. En caso de no existir información representativa, se debe determinar la línea base mediante la operación del SVCA, teniendo en cuenta para el monitoreo, todos los contaminantes criterio y periodos de exposición establecidos en la Resolución 2254 del 2017 del Minambiente o aquella que la modifique o sustituya, además de los contaminantes propios de las emisiones características del proyecto, obra, actividad y/o según el mineral a beneficiar. Cabe aclarar que, si en el marco del mismo proyecto para una posible modificación de licencia ya se cuenta con registros de un SVCA, estos tampoco deberán superar los dos años de antigüedad.

El proceso de monitoreo, análisis y reporte de información debe realizarse de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire de Minambiente adoptado mediante la Resolución 650 de 2010 y ajustado por la Resolución 2154 de 2010, así como la Resolución 2254 de 2017 del Minambiente o aquella que la modifique o sustituya. Esta caracterización de la calidad del aire por medio de la toma y análisis de las muestras de la campaña de monitoreo se debe realizar por medio de empresas y laboratorios acreditados por IDEAM, los datos e información cartográfica se deben presentar de acuerdo con al MAG, mapas a escala 1:10.000 o más detallada y según lo establecido en el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Cabe aclarar que, en caso de existir y si el proceso de licenciamiento está en el marco de una modificación de licencia ambiental se deberán presentar los resultados y análisis de monitoreos anteriores, que tengan cubrimiento espacial en toda el área de influencia, que cuenten con la justificación de los puntos de monitoreo y que cumplan con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del IDEAM. Estos monitoreos deben ser complementados y actualizados con una campaña de monitoreo espacio temporal representativa.

6.1.8.2.4 Modelación de contaminantes atmosféricos

Los parámetros para modelar deben ser aquellos que sean identificados durante la estimación de emisiones atmosféricas. En caso de que los parámetros evaluados no cuenten con niveles máximos permisibles normados a nivel nacional, se deben utilizar niveles máximos permisibles a nivel internacional (p. ej. US EPA o Unión Europea).

En tanto, Minambiente acorde a la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire de 2011 emita la Guía de Modelación de Contaminantes Atmosféricos, debe dar cumplimiento con los siguientes lineamientos:

- Formulación de las condiciones a simular: se deben seleccionar los procesos, escalas y resoluciones de representación. Adicionalmente, se deben identificar las fuentes de emisión, receptores de interés y el método más adecuado para su representación.
- Selección de los datos de entrada: se deben describir los criterios de selección utilizados (meteorología, determinación de cargas contaminantes e información topográfica y de características del terreno).
- Formalización del modelo matemático: deberá seleccionar la aproximación matemática más adecuada para representar las condiciones a modelar y su modelo computacional (p. ej. Gaussiano, Lagrangiano o Euleriano). Además, deberá justificar los criterios tenidos en cuenta para la selección del modelo y versión computacional, así como las configuraciones y parametrizaciones utilizadas.
- Análisis de sensibilidad de los resultados: análisis de sensibilidad de parámetros y variables:

- Variación temporal de los inventarios de emisión en función de cambios de humedad, el porcentaje de finos, la velocidad y peso de los vehículos, la discontinuidad de la operación y demás consideraciones para la estimación de los inventarios (tasas de emisión).
 - Variación de la meteorología (p. ej. condiciones micro meteorológicas) y los parámetros superficiales (p. ej. relación de Bowen, albedo, rugosidad superficial) de acuerdo con la resolución espacial de la información ingresada al modelo.
 - Variación de otros parámetros ingresados al modelo (p. ej. resolución del modelo digital de elevación del terreno, tipo de fuente ingresada área/punto/volumen, opciones de cálculo del modelo, condiciones de turbulencia y obstáculos como edificios y árboles, entre otros).
- Definición del dominio de modelación: para elegir el tamaño del dominio de modelación se deben considerar:
 - Las áreas donde los receptores sean sensibles a la dispersión de los contaminantes.
 - Otras fuentes de emisión que deban ser incluidas en la modelación, en la medida que sus emisiones no sean adecuadamente representadas por la concentración de fondo determinada a partir de monitoreos de calidad del aire.
 - Simulación atmosférica de la dispersión de contaminantes: se realizará bajo las siguientes consideraciones:

Escenarios: la modelación deberá considerar los escenarios que se presentan en la Tabla 12, el escenario con proyecto se define con la simulación para el año más crítico, es decir, aquel con mayor tasa de emisión anual (con/sin medidas de control) durante el tiempo de vida del proyecto (teniendo en cuenta condiciones meteorológicas adversas, el inventario de emisiones y el plan de trabajo asociado al proyecto). Lo anterior permitirá establecer una tasa máxima de emisión. Cabe aclarar que, se deben considerar todos los tiempos de exposición de la norma (Resolución 2254 de 2017 del Minambiente o aquella que la modifique o sustituya), no solo los horarios o mínimos. En el EIA se evalúan los escenarios críticos y los episodios de contaminación, serán objeto de seguimiento.

Tabla 12. Escenarios de modelación de contaminantes atmosféricos

No.	ESCENARIO	OBSERVACIÓN
1	Actual o línea base (Sin proyecto)	Actual o línea base. Aplica en caso de contar con inventario de emisiones formal de la zona o en el marco de una modificación del instrumento ambiental. Si no se

No.	ESCENARIO	OBSERVACIÓN
		posee inventario de emisiones, se debe prescindir de la modelización de contaminantes y considerar la línea base que corresponderá a las concentraciones de los niveles de inmisión del monitoreo de calidad del aire, acorde con su cobertura espacial. Lo anterior excepto para aquellos inventarios de emisiones donde sus fuentes modifiquen directamente la calidad del aire y sean consideradas para el proyecto (p. ej. fuentes móviles).
2	Proyecto construcción sin medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de emisión empleadas durante la construcción del proyecto
3	Proyecto operación sin medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de emisión empleadas durante la operación del proyecto.
4*	Proyecto construcción con medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de emisión empleadas durante la construcción del proyecto, teniendo en cuenta la implementación y/o uso de medidas de manejo y/o sistemas de control.
5*	Proyecto operación con medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de emisión empleadas durante la operación del proyecto, teniendo en cuenta la implementación y/o uso de medidas de manejo y/o sistemas de control.

Fuente: ANLA 2021

*Para los escenarios con medidas de control, el solicitante debe tener en cuenta que, las medidas y sistemas de control incorporados en los criterios de modelamiento debe corresponder con los propuestos en las fichas de manejo.

Para cada escenario se debe aplicar un modelo de dispersión en cuyo procedimiento se analice, como mínimo: los datos de entrada y de salida utilizados; y se describa el procedimiento utilizado, descripción de parametrizaciones y los criterios de selección general usados por el modelador. Deberán anexar los archivos de entrada y salida de los procesadores utilizados por el software de modelación.

- Fuentes de emisión y cargas contaminantes: incluir lo referente a las características de las fuentes del inventario y posible localización de todas las fuentes de emisión de los contaminantes que contempla el proyecto con sus respectivas cargas contaminantes

previamente calculadas en el numeral 6.1.8.2.2 Estimación de la emisión atmosférica, dichas cargas, las cuales deben ser incluidas como parte de los datos de entrada para alimentar la modelación de las fuentes fijas (dispersas, de área o puntuales), lineales y móviles.

- Determinación de la concentración de fondo: esta concentración se determina a partir de los resultados de las campañas de monitoreo de calidad del aire y sobre esta se sumarán los aportes determinados por las modelaciones. Se recomienda que, para esta determinación no se tomen los registros mínimos determinados en la campaña de monitoreo. De acuerdo con lo anterior, se deberá justificar, soportar y presentar claramente la metodología seguida para la determinación de la concentración de fondo, teniendo en cuenta que:

La concentración de fondo se calcula para promedios anuales y se determinará siguiendo lo indicado en el parágrafo 2 del artículo segundo de la Resolución 2254 de 2017 o aquella que la modifique o sustituya.

Para los análisis que respecta al modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos, deberá definir las concentraciones de fondo para cada tiempo de exposición.

- Información meteorológica: para que un modelo de dispersión provea estimaciones precisas, la información meteorológica usada en el mismo debe ser representativa de la distribución espacio - temporal de las condiciones de transporte y dispersión de partículas. Por tanto, se deberá hacer uso de registros meteorológicos horarios de mínimo los tres (3) años más recientes, para parámetros como: velocidad y dirección del viento, temperatura, precipitación, radiación solar, nubosidad, altura y capa de mezcla, y estabilidad atmosférica, entre otros. De preferencia, uno de los tres (3) años de registros horarios simulados, deberá incorporar como mínimo las anomalías asociadas al fenómeno del Niño (meteorología adversa), declarado por el IDEAM.

Cuando no exista información horaria disponible y consistente de las estaciones meteorológicas avaladas por el IDEAM, la información meteorológica puede ser tomada de los datos de re-análisis global (satelital), obtenidos directamente de fuentes confiables en internet, que puedan ser validadas. Por ejemplo, modelos de clima o tiempo como CFRS, ERA 40, CAM, WRF, MM5, etc. La información trabajada deberá garantizar representatividad espacial y temporal de acuerdo con las características del proyecto. Así mismo, la resolución espacial y temporal debe permitir evidenciar variaciones que influyan en la dispersión de contaminantes. Finalmente, se debe realizar un análisis de consistencia a los datos meteorológicos disponibles y utilizados para la caracterización meteorológica en el área de estudio y los utilizados para la modelización.

La calidad de la información meteorológica usada para las modelaciones debe cumplir lo establecido por la OMM y la EPA, conforme a las recomendaciones establecidas en el documento Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications.

Presentar las características de la estación o estaciones de monitoreo donde se tome dicha información y anexar los archivos nativos en formatos de uso común.

- Información topográfica: deberá incluir la información topográfica utilizada para la modelación y que haya podido influir en los resultados, tales como elevación de fuentes de emisión y receptores. Anexar los archivos nativos (p. ej. las extensiones para receptores, para fuentes de emisión y el modelo digital del terreno (DEM) en caso de haberse utilizado).
- Localización de receptores: incluir los lugares o sitios de interés (receptores) sobre los cuales se debe enfocar el análisis del impacto atmosférico, teniendo en cuenta especialmente las áreas pobladas identificadas en el área de influencia. Deberán anexar la cartografía base utilizada para la identificación.
- Informe de resultados de modelación: los resultados de la modelación deben ser reportados de manera concisa y clara. El desarrollo de la modelación debe indicar cuáles son los aportes de contaminación producto de las actividades del proyecto, en relación con las concentraciones de fondo y los aportes de las fuentes ajenas al proyecto que tienen incidencia en la zona.

Por otra parte, la modelación debe permitir:

- Análisis para las áreas de receptores identificados (asentamientos humanos y zonas críticas identificadas). Deberá puntualizar el análisis sobre receptores y viviendas dispersas.
- Identificar las zonas de mayor concentración del (los) contaminantes de interés para cada uno de los escenarios del proyecto.
- Identificar el aporte de contaminantes que realiza cada fuente o grupos de fuentes sobre la calidad del aire, en cada escenario.

La estructura del informe debe contener como mínimo lo indicado en la Tabla 13.

Tabla 13. Estructura y contenido del informe de modelación

SECCIÓN	CONTENIDO
Objetivo de la modelación / simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del objetivo de la modelación incluyendo la definición de procesos, fuentes y contaminantes a simular.

Descripción del modelo	<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis del tipo de modelo utilizado y su versión. • Justificación de los criterios usados para su selección y la capacidad para representar los escenarios planteados para el proyecto. • Configuraciones y parametrizaciones utilizadas.
Escenarios	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los escenarios a modelar: propósito de cada escenario, modificaciones requeridas sobre el modelo base, etc. • Contraste de escenarios: congruencia, selección de alternativas, etc.
Modelo conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Características de las fuentes: número, tipo, ubicación, geometría, especificaciones de altura, diámetros, combustible etc. • Características de la emisión: contaminantes emitidos, temperaturas, velocidades, tasas de emisión, métodos de cálculo de emisiones, etc. • Condiciones iniciales y de frontera: concentración de fondo, topografía, usos del suelo y coberturas. • Información meteorológica utilizada (sondeos, superficie, salida de modelos mesoescala). • Relación y localización de receptores.
Análisis de resultados	<p>Para los escenarios simulados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de sensibilidad de los resultados. • Valores simulados (presentados en tablas), estadísticos, gráficos, mapas, etc. Según sea relevante. • Análisis de las concentraciones simuladas en términos de la normatividad aplicable. • Análisis puntual sobre receptores y viviendas dispersas. • Tablas con valores simulados para los principales receptores de interés para los diferentes escenarios simulados
Conclusiones y Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Congruentes con el objetivo los escenarios, los resultados, etc.
Referencias	<ul style="list-style-type: none"> • Referencias de trabajos citados
Anexos electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos de entrada y salida, archivos de control y demás necesarios para reproducir los resultados y originarios de los diferentes procesadores del software.

Fuente: ANLA, 2021

Los mapas de dispersión de contaminantes se deben presentar con el tiempo de exposición para cada parámetro en términos de la normatividad vigente, teniendo en cuenta la adición de la concentración de fondo, con la cual se determine el área de afectación debido a las fuentes presentes hacia cada uno de los receptores o centros poblados identificados.

Los datos e información cartográfica se deben presentar de acuerdo con las especificaciones establecidas en el MAG. La anterior información, se debe presentar en mapas a escala 1:10.000 o más detallada y de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

El modelo de dispersión de emisiones de las fuentes a ser emplazadas durante las diferentes fases de ejecución del proyecto, le permitirá delimitar el área de influencia del componente atmosférico para el factor de calidad del aire. Por tanto, deberá tener en cuenta:

- Considerar el escenario más crítico de la modelación (año de mayor producción o por condiciones meteorológicas adversas⁴⁴). Se debe tomar como referencia la isopleta (isolínea de concentración) de mayor extensión obtenida entre la concentración modelada anual de PM₁₀ (concentración de fondo incluida) y de PM_{2.5} (concentración de fondo incluida) de acuerdo con lo establecido en la Resolución 2254 de 2017, del Minambiente o aquella que la modifique o sustituya.
- En caso de no contemplar emisiones de material particulado durante ninguna de las fases de la ejecución del proyecto, la delimitación del área de influencia para este componente se obtendrá a partir de la isopleta correspondiente a la modelización de otros contaminantes de interés incluidos en la mencionada Resolución, teniendo en cuenta el inventario de emisiones atmosféricas del proyecto y considerando el valor del nivel máximo permisible en el mayor tiempo de exposición.

6.1.8.3 Ruido

6.1.8.3.1 Inventario de fuentes de generación de ruido y receptores

Para el área de influencia del componente atmosférico (ruido) se deben identificar, realizar inventariar y georreferenciar:

- **Fuentes de ruido existentes**

Identificar y describir las fuentes de generación de ruido existentes y clasificarlas por fijas, de área y lineales, y los trazados de operación de las móviles con sus respectivos aforos vehiculares discriminando el periodo (horaria – vehículo/hora, vehículos totales). Con respecto a los aforos para las fuentes móviles, en el evento de no contar con información oficial de la zona, tendrán que realizarse en los periodos y horarios establecidos por la Resolución 627 de 2006 del Minambiente, o aquella que la modifique o sustituya (día, noche,

⁴⁴ Entiéndase como meteorología adversa, aquella que presenta anomalías climáticas por fenómeno ENSO

hábil y no hábil (dominical/festivo)). Cabe aclarar que la información debe ser representativa de la actividad existente.

- **Fuentes ruido proyectadas**

Relación de fuentes proyectadas, incluyendo como mínimo: tráfico proyectado, número y tipo de fuentes (puntual, área o lineal), caracterización de las fuentes (tipo, marca, referencia, horas de operación y horario), potencia sonora de referencia basada en bibliotecas de información y/o en estándares internacionales, se deberá anexar todos los soportes como memoria técnica del estudio.

- **Receptores**

Potenciales receptores de interés en asentamientos humanos (viviendas, infraestructura social, económica, cultural y/o recreativa), en zonas agropecuarias, avícolas y en áreas con elementos naturales susceptibles⁴⁵ (p. ej. AICA), entre otras, en el área de influencia del medio.

Localizar y clasificar por medio de cartografía temática el área objeto de estudio en relación con en los usos de suelo y actividades tanto del sitio donde se emplazará el proyecto, obra o actividad, como de los potenciales receptores.

Todo lo anterior debe estar debidamente identificado por medio de mapas temáticos que permitan verificar de manera gráfica la representación en el espacio de la información respecto al área de influencia del componente atmosférico. Adicionalmente, deberá incluir la información en el MAG y anexar los respectivos soportes o memorias técnicas al documento.

6.1.8.3.2 Monitoreo de ruido

Los muestreos de ruido ambiental deben realizarse de conformidad con los parámetros y procedimientos establecidos en la normativa vigente (Resolución 627 de 2006 del Minambiente o aquella que la modifique o sustituya). Adicionalmente, considerar realizar muestreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental) en las zonas que se hayan identificado como áreas habitadas, áreas con especial presencia de fauna silvestre, áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA), áreas de importancia para la biodiversidad y/o servicios ecosistémicos, áreas con presencia de actividades industriales,

⁴⁵ <https://www.minambiente.gov.co/index.php/sala-de-prensa/130-notas-de-interes/4059-planes-de-accion-para-la-conservacion-de-especies-y-ecosistemas-herramientas-indispensables-en-la-conservacion-de-la-biodiversidad>

zonas de actividades pecuarias y áreas donde se identifiquen fuentes de generación de ruido que interfieran de manera significativa en la zona objeto de estudio.

Los tiempos del monitoreo de ruido, deben ser representativos de la actividad proyectada y deben contemplar los rangos horarios durante los cuales se proyecta los escenarios de máxima emisión de ruido de la fuente.

El fin último de las evaluaciones de ruido ambiente debe estar encaminado a la caracterización del ambiente sonoro de una zona, garantizando que la información durante el muestreo corresponda a las condiciones normales y/o típicas y no contemple eventos ocasionales (p. ej. manifestaciones, fuegos artificiales, entre otros). Por tanto, estas deben responder a un proceso de planificación y seguimiento de la magnitud muestreada (presión sonora), a fin de obtener una muestra que represente la realidad del entorno; por tanto, los resultados deben reportar registros de ruido en función de las variaciones de modo, tiempo y lugar que se tengan proyectados para la futura fuente de emisiones, verificando, horarios de evaluación (diurno y nocturno), horarios diarios de funcionamiento y modos de operación.

En el caso que, los niveles registrados superen los límites establecidos en la norma, debido a fuentes de emisión naturales sin que exista intervención antrópica o fuentes diferentes a las del proyecto, se debe realizar el respectivo análisis sustentado técnicamente.

Los monitoreos de ruido deben realizarse por firmas acreditadas ante el IDEAM en concordancia con lo establecido en el parágrafo 2 del artículo 2.2.8.9.1.5 del Decreto 1076 de 2015.

Respecto a la presentación de los informes técnicos de las mediciones de ruido ambiental, se debe tener en cuenta lo establecido en el artículo 21 y anexo 4 de la Resolución 627 del 2006 del Minambiente, o aquella que la modifique o sustituya. Adicionalmente, en dicho informe se presentarán los puntos muestreados con una descripción de las fuentes sonoras que influyen en las mediciones, tipo de emisión y modo de operación.

6.1.8.3.3 Modelación de ruido

Se debe realizar una simulación que permita proyectar los niveles de presión sonora que pueden llegar a generarse producto de la realización de las obras de construcción y las actividades de operación del proyecto, sobre los receptores y/o áreas sensibles identificadas

Para el escenario asociado a la construcción y operación de los POA, se deberá demostrar que durante la ejecución del proyecto se cumplen los niveles previstos de la Resolución 0627 de 2006 del Minambiente o la que la modifique o sustituya; con base en esta información si es del caso, se debe proponer medidas de mitigación del impacto por ruido.

La modelación de ruido permitirá también determinar el área de influencia del proyecto. Para la realización del modelo deberá tener en cuenta (según aplique) los escenarios indicados en la Tabla 14.

Tabla 14. Escenarios de modelación de niveles de presión sonora (ruido)

No.	Escenario	Observación
1	Actual sin proyecto (línea base)	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a tramos viales (en caso de presentarse).
2	Proyecto en construcción sin medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de ruido empleadas durante la construcción del proyecto
3	Proyecto en operación sin medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de ruido empleadas durante la operación del proyecto.
4*	Proyecto en construcción con medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de ruido empleadas durante la construcción del proyecto, teniendo en cuenta la implementación y/o uso de medidas de manejo y/o sistemas de control.
5*	Proyecto en operación con medidas de control	Corresponde a todas aquellas actividades asociadas a fuentes de ruido empleadas durante la operación del proyecto, teniendo en cuenta la implementación y/o uso de medidas de manejo y/o sistemas de control.

*Para los escenarios con medidas de control, el solicitante debe tener en cuenta que, las medidas y sistemas de control incorporados en los criterios de modelamiento debe corresponder con los propuestos en las fichas de manejo.

Fuente: ANLA, 2021

Para aquellos proyectos que no presenten modelización línea base debido a las condiciones inexistentes de fuentes de tráfico vehicular, se tomará como valor inicial los niveles línea base monitoreados en la zona como insumo para evaluar el aporte de ruido para cada escenario de modelación evaluado.

Deberá justificar los escenarios de modelación elegidos. Estos deben ser consistentes con las características del plan de trabajo del proyecto y las fuentes determinadas para el mismo. Cabe aclarar que los escenarios modelados deben corresponder a las máximas operaciones, durante la vida útil del proyecto.

Las modelaciones deben permitir:

- Identificar y evidenciar por medio de un descriptor acústico, las zonas de mayor incremento en los niveles de ruido ambiental para cada uno de los escenarios del proyecto, obra o actividad.
- Valorar la magnitud del impacto ocasionado por esta actividad sobre las condiciones del ruido ambiental en los receptores de interés teniendo en cuenta el marco normativo vigente (Resolución 627 de 2006 del Minambiente).
- Identificar el aporte de niveles de presión sonora que realiza cada fuente o grupos de fuentes sobre los niveles de ruido ambiental de la zona objeto de estudio utilizando para esto los resultados de los modelos predictivos de ruido y la evaluación de estos sobre los receptores.
- Determinación de la cobertura de ruido o isolíneas (isófonas) respecto de los usos de suelo acorde a los instrumentos de manejo y a los sectores y subsectores establecidos por la Resolución 627 de 2006 de Minambiente o la que la modifique o sustituya, definidos previamente en las zonas objeto de evaluación, a fin de indicar el posible conflicto de uso de suelo respecto a la norma e impacto identificado, sobre los receptores sensibles presentes en el área de influencia del componente.
- Determinar el indicador referente al número de personas expuestas que se encuentran en el área con niveles de presión sonora por encima de los niveles de referencia asociados a los estándares de ruido ambiental establecidos por la normatividad. Lo anterior será herramienta para toma de decisiones a la hora de establecer posibles sistemas de control, medidas de prevención, mitigación o abatimiento de ruido.

Información para tener en cuenta en las modelaciones de ruido.

- Plataforma de modelación acústica y métodos complementarios: el software de simulación acústica así como los métodos de cálculo empleados en este deben contar con estándares de calidad (p. ej. sistemas de calidad ISO) que garanticen la rigurosidad en la aplicación del método o estándar aplicable (p. ej. ISO 9613) así como procesos de mejora y actualizaciones constantes para los métodos que contienen, permitiendo asegurar la calidad de los resultados, de igual manera dichas herramientas deben tener en cuenta las recomendaciones de calidad de agremiaciones internacionales (p. ej. ISO 17534 entre otras).

Se debe informar el uso de métodos complementarios para cálculo de emisiones (carreteras, trenes, aeronaves), dichos modelos deben indicar supuestos, consideraciones y limitaciones de la información ingresada al software como de los resultados obtenidos.

- Topografía (modelo digital de elevación de terreno): para la realización del cálculo de emisiones sonoras se debe contar con un modelo digital de terreno que represente las condiciones del suelo del proyecto, obra o actividad y su área de influencia. Dicho modelo debe corresponder a las particularidades del terreno donde se considera las fuentes de emisión, de tal manera que la escala o resolución de este represente los obstáculos acústicos que influyen en la propagación del sonido entre la fuente y el receptor (zanjas, terraplenes, desniveles, áreas llanas) a fin de evitar contribución en la incertidumbre de los resultados obtenidos.

Para modelos digitales de superficie obtenidos a partir de sensores remotos, se debe revisar, si la información representa la geometría del terreno adecuadamente para en un proceso posterior ser tratada en los software de modelación acústica, de lo contrario se recomienda realizar una adecuación de los mismos a fin de obtener un plano representativo del área con el fin de evitar tener en cuenta elementos no representativos del terreno que generen distorsión en los resultados y no corresponden con la realidad del proyecto.

El modelo de terreno debe abarcar el área total de cálculo o dominio de modelación, la cual debe incluir como mínimo los receptores identificados previamente, las vías o fuentes lineales objeto de análisis, se debe adjuntar archivos de entrada, de salida al motor de cálculo y archivos del modelo digital de elevación de terreno (curvas de nivel o puntos de elevación).

- Meteorología: las variables meteorológicas a emplear corresponden a temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, viento (dirección y velocidad). La información debe corresponder con los lineamientos establecidos en el numeral 6.1.8.1 Meteorología.
- Datos de entrada: presentar el inventario de fuentes (puntuales, de área y lineales) que contemplará la modelación. Presentarlas por tipo de escenarios, georreferencias e identificar sus potencias acústicas en dB(A), globales y por octava, aportando la fuente de información de esta, la cual debe ser de reconocida idoneidad (p. ej. estándares internacionales). De igual manera el solicitante debe informar la altura de la fuente teniendo como referencia el modelo digital de elevación.
- Datos de salida: presentar los resultados del cálculo de las isófonas como archivo shape file y raster, los valores de ruido asociados a receptores y el reporte del cálculo que resuma los parámetros asociados a cada método empleado.

- Sistema de control: reportar el tipo de sistema de control empleado, documentando: diseño, características, métodos de cálculo, atenuación final obtenida, ubicación debidamente georreferenciada acorde al MAG, fuente objeto de control, origen de la información del sistema de control empleado en caso de ser aportado por terceros (el cual debe ser de reconocida idoneidad, cumpliendo con estándares internacionales y/o información técnica del fabricante).
- Cartografía: los resultados de la modelización deben ser presentados en planos con curvas isófonas, donde se identifiquen las fuentes de generación de ruido, los receptores sensibles identificados y las curvas isófonas.
- Informe: presentar además del modelo y sus resultados, un documento técnico de soporte asociado a este, en donde se detalle el proceso metodológico utilizado, los insumos, configuración del proceso de cálculo, listado de fuentes, descripción de escenarios y todas aquellas consideraciones relevantes para el proceso de modelización.
- Resultados: la presentación de resultados de la modelación sobre una situación acústica presente y/o pronosticada, debe permitir identificar:
 - El indicador de ruido y el periodo de exposición.
 - Nivel de ruido sobre cada receptor inventariado previamente y sobre la ubicación de los puntos de monitoreo de línea base, para cada escenario evaluado.
 - Aporte de ruido de la fuente sobre receptores evaluados y puntos de monitoreo de ruido ambiente tomando como referencia los monitoreos de ruido ambiente de la línea base del proyecto, para cada escenario evaluado.
 - Cantidad y porcentaje de población expuesta a niveles de ruido que superen los estándares normativos
- Anexos: adjuntar al informe lo siguiente: memorias de cálculo de potencia acústica de cada fuente (puntual, de área y lineal), memorias de cálculo de sistemas de control implementados, soportes de datos de entrada y salida en formatos de archivos intercambiable (editables), acorde al MAG y ejecutables asociados al software.

El área de influencia del factor ruido ambiental estará definida por los resultados del modelo proyectado de emisiones sonoras de las fuentes involucradas en el proyecto.

El criterio de delimitación del área de influencia del componente ruido, debe estar sustentado a partir de la isófona que represente el estándar máximo de ruido ambiental permisible más estricto menos 10 dB(A).

6.1.8.4 Vibraciones

Para evaluación de vibración transmitidas vía terrestre se deben realizar muestreos conforme a lo dispuesto en el estándar DIN 4150-1-2-3⁴⁶, sobre receptores y/o infraestructura identificados al interior del área de influencia del proyecto, orientados a caracterizar la vibración normal previa a la operación del POA, así como en las áreas cercanas a ubicaciones proyectadas de instalaciones o actividades que sean generadoras de vibraciones.

Las mediciones de vibraciones se deben ejecutar utilizando sensores sísmicos y equipos de almacenamiento y procesamiento de datos que permitan evaluar los diferentes parámetros de aceleración, velocidad y desplazamiento los cuales deben tener en cuenta lo estipulado por dicho estándar de acuerdo con las normativas de referencia DIN 45669⁴⁷ en relación con equipos y procedimientos de medida.

El propósito de la medición es realizar una evaluación general que permita estimar los niveles globales de vibración del suelo que puedan llegar a generar riesgo o daño cosmético en las edificaciones dentro del área de influencia de la explotación minera.

La cantidad de muestras debe estar asociada al número de receptores y las diferentes características constructivas de la infraestructura existente objeto de evaluación, de tal forma que el estudio sea representativo en relación con la totalidad de los tipos de estructuras identificadas.

Los tiempos de monitoreo deben representar las condiciones de operación de la fuente objeto de estudio en tal sentido estos deben realizarse para los escenarios de máxima operación de la fuente proyectada con el fin de tener muestras que permitan evidenciar los cambios tendenciales en el comportamiento de las vibraciones en relación con las diferentes etapas del POA.

Los resultados deben contemplar lo estipulado por el estándar previamente citado y cumplir con lo expuesto en los anexos de este, en este sentido deberá contener información asociada a velocidad pico de partícula, contenido frecuencial de la muestra, frecuencia dominante, caracterización de la estructura (dimensiones, condiciones, entre otras), condiciones ambientales, límites de comparación, fuentes de vibraciones existentes, distancia – fuente, dirección de la fuente (en relación con el equipo de medida), tipo de fuente, frecuencia de ocurrencia, condiciones de operación y toda aquella información relevante propia del muestreo.

⁴⁶ Erschütterungen durch Baumaßnahmen - Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2 vom Juni 1999

⁴⁷ DIN 45669-2: "Messung von Schwingungsimmissionen - Teil 2: Messverfahren"; Stand: Juni 2005

Los equipos de medición deben contar con certificados de calibración vigentes los cuales no deben superar un año o de acuerdo con lo estipulado por el fabricante, el tipo de equipo deberá estar asociado estrictamente a los requerimientos del estándar de evaluación.

6.2 MEDIO BIÓTICO

Para el área de influencia del medio biótico la información sobre los ecosistemas presentes y su evaluación para establecer sus características previas a la ejecución del proyecto debe ser abordada de acuerdo con las directrices y metodologías establecidas en la MGEPEA, lo indicado en el numeral 2.3 de estos términos y las demás disposiciones particulares que se soliciten en el presente documento.

Para la selección de los ecosistemas, comunidades y/o especies a caracterizar del medio biótico, se debe tener en cuenta la complejidad de las obras y actividades específicas del proyecto minero⁴⁸ y el sitio donde se pretenden desarrollar. Esta selección debe consistir en un análisis integral de la información de la biodiversidad con base en criterios sólidos, apoyados en objetivos del estudio, información adecuada y herramientas metodológicas, técnicas y científicas apropiadas. Aquellos puntos de muestreo que no puedan ser evaluados deben relacionarse en una tabla, indicando la justificación en cada caso.

Los estudios a realizar mediante el levantamiento de información primaria para la caracterización de los diferentes componentes del medio biótico (líquenes, flora, fauna e hidrobiota) deberán reflejar las condiciones y características vigentes de cada componente al momento de la solicitud, por cuanto debe estar acordes con la realidad del área y con el soporte técnico (fotografías, imágenes satelitales etc). En los casos que se requiera la recolección de especímenes para el levantamiento de información primaria, el solicitante deberá contar con el permiso de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales de acuerdo con lo establecido en el Artículo 2.2.2.9.2.1 del Decreto 1076 de 2015 o el que lo modifique o sustituya.

Las caracterizaciones del medio biótico deben ser reflejo fiel de la línea base y, en cualquier caso, la autoridad ambiental dentro del proceso de evaluación podrá solicitar actualizaciones de una o varias caracterizaciones si como consecuencia de las visitas técnicas de campo, se evidencien dinámicas en el territorio que generen diferencias considerables con lo reportado en el estudio en ese rango de tiempo.

6.2.1 ECOSISTEMAS

⁴⁸ Describas anteriormente en el numeral 3.2 de estos Términos de referencia

Se debe realizar el mapa de ecosistemas donde se identifiquen y delimiten los ecosistemas naturales y transformados presentes en el área de influencia de los componentes del medio biótico, incluyendo los ecosistemas acuáticos, según los lineamientos descritos en la MGEPEA y debe presentarse a escala 1:10.000 o más detallado de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Los mapas de cobertura vegetal y uso actual del suelo se deben elaborar a escala de trabajo o captura 1:7.500 y de presentación 1:10.000 o más detallada de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

Presentar en el documento mínimo un gráfico de ecosistemas con el polígono del área de influencia, además presentar la información en una tabla donde se relacione el ecosistema presente con el área de influencia en términos de hectáreas y de porcentaje.

Realizar un análisis multitemporal de las unidades de coberturas de la tierra identificadas en el área de influencia del proyecto, que permita evidenciar los procesos de cambio (pérdida o ganancia en términos de superficie) y la dinámica con el entorno.

6.2.1.1 Ecosistemas terrestres

6.2.1.1.1 Flora

Para la caracterización de este componente, es necesario partir de la revisión de la información existente sobre la flora potencialmente presente en el área de influencia del proyecto, aparte de los sistemas de información y documentos presentados en la MGEPEA se pueden tener como referencia los siguientes documentos:

- Angiosperm Phylogeny Website (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>).
- Para zona Amazonía: La colección científica en línea del Herbario Amazónico Colombiano (COAH), del Instituto SINCHI, <https://sinchi.org.co/coah/consulta-de-especimenes-coah>,
- Para zona Amazonía: Colección en línea de fotografías de plantas vivas determinadas del Instituto SINCHI, <https://sinchi.org.co/coah/buscador-de-plantas-vivas>,
- Para zona Amazonía: colección en línea de plantas invasoras de la Amazonía, <https://sinchi.org.co/coah/buscador-de-especies-invasoras>,
- Para zona Andes: La colección científica en línea del Herbario del Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB), <http://herbario.jbb.gov.co/especimen/simple>.
- Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad de Villareal et al. (2006) o versiones posteriores.

Aparte de lo mencionado, tenga en cuenta al realizar la caracterización que:

El muestreo estadístico para unidades de coberturas leñosas debe cumplir con un error de muestreo no superior al 15% y una probabilidad del 95%.

Identificar y presentar el listado de las especies endémicas muestreadas tanto en el área de influencia como en el área de intervención en categorías de amenaza de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1912 de 2017 de Minambiente, o aquella norma que la modifique o sustituya, los listados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN Red List por sus siglas en inglés), los libros rojos de Colombia y los apéndices I, II y III de CITES, se deberá consolidar la información de acuerdo con la Tabla 15.

Tabla 15. Flora endémica y en categoría de amenaza en el área de influencia del proyecto minero

Familia	Especie	Abundancia			Sigla de categoría			Endemismo
		En el área de influencia muestreada del medio biótico	En el área de intervención muestreada	Total	Resol. 1912 de 2017 MADS ⁴⁹	UICN	CITES	Departamento(s) ⁵⁰
	Sp.1							
	Sp.2							
	Sp.n							
	Total							

Fuente ANLA, 2021

Asimismo, se debe reportar a las entidades competentes (como el ICN-UN, el IAvH, el SINCHI y el IIAP), las especies nuevas identificadas y depositarlas en colección biológica válida.

• Carbono y Biomasa

A partir de la información recolectada en la fase de muestreo realizar la estimación de carbono y biomasa de los individuos inventariados y determinar su contenido por ecosistema; utilizar la metodología actual implementada por el IDEAM, como, por ejemplo, el estudio Estimación

⁴⁹ O la que la modifique o sustituya.

⁵⁰ Reportado en Colombia en Catálogo de plantas y líquenes de Colombia, <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es>

de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia⁵¹.

6.2.1.1.2 Flora y Líquenes en categoría de veda nacional y regional

Para las especies en categoría de veda se debe dar cumplimiento al Decreto – ley 2106 de 2019, artículo 125 y los lineamientos incluidos en la MGEPEA, en las circulares 8201-2-2378 de 02 de diciembre de 2019 y 8201-2-808 de 9 de diciembre de 2019 de Minambiente, o sus posteriores actualizaciones, teniendo en cuenta las resoluciones normativas nacionales y regionales para especies en veda que apliquen, así como las normas que los modifiquen o sustituyan. Se debe revisar el comunicado de vedas de ANLA. <http://www.anla.gov.co/documentos/Comunicaciones/Vedas.pdf>. O su posterior modificación.

Presentar la caracterización florística para estas especies de cada una de las unidades de cobertura vegetal para cada ecosistema presente en el área de influencia del medio biótico, que contenga las características y los análisis de composición, estructura horizontal y vertical siguiendo los lineamientos de la MGEPEA.

Para el área de intervención, se debe relacionar los resultados de la caracterización florística para cada grupo en veda y sobre esta línea base proponer las medidas de manejo para cada grupo biológico de bromelias, orquídeas, antocerothales, hepáticas, líquenes, musgos, helechos arborescentes y demás especies en veda nacional y regional.

Se debe especificar la relación de las áreas por cobertura de la tierra para cada ecosistema en el área de influencia y en el área de intervención definidas para el proyecto, en donde se identifiquen especies en veda, se deberá consolidar la información de acuerdo con lo indicado en la Tabla 16. La plena identificación de la cantidad de hectáreas a intervenir permitirá presentar el Cálculo del área de retribución por afectación a especies no vasculares y líquenes en veda (Instrumento en el link de la entidad https://www.anla.gov.co/01_anla/proyectos/nuevo-licenciamiento-ambiental/calculo-del-area-de-retribucion-por-afectacion-a-especies-no-vasculares-y-liquenes-en-veda-y-sus-criterios-de-evaluacion) dentro de las medidas de manejo tendientes a retribuir la afectación de las especies no vasculares y líquenes en veda nacional.

Tabla 16. Relación de áreas de las coberturas de la tierra para cada ecosistema en el área de influencia y de intervención del proyecto

⁵¹<http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13548/Estimaci%C3%B3n+Carbono+2010.pdf/e0861b29-7cf2-4c43-8fd3-ea50cbbba7db>

Cobertura para cada ecosistema	Área de influencia		Área de intervención	
	Área (ha)	Área en %	Área (ha)	Área en %
Total				

Fuente: ANLA, 2021

Indicar y describir la metodología utilizada, describiendo tipo y tamaño de la unidad de muestreo, relacionando el método de análisis utilizado (Estadígrafos, Curvas de acumulación de especies, entre otros.) para cada hábito y grupo biológico, justificando el esfuerzo y la representatividad del muestreo ($\geq 80\%$), o si es por un diseño estadísticamente representativo debe tener una probabilidad del 95% y un error de muestreo no mayor al 15%.

A partir de la revisión de la información existente sobre la flora potencial presente en el área de influencia del proyecto. Se tomarán como referencia los siguientes documentos o bases de datos en línea, u otras publicaciones o herramientas con reconocimiento nacional del SINA, a continuación, se recomiendan:

- El “Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia” <http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>.
- El Catálogo de información biológica del IAVH, i2d.humboldt.org.co/ceiba/,
- El catálogo de plantas y líquenes de Colombia, <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es>
- La colección científica en línea del Herbario Nacional de Colombia (COL), del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/>
- Para zona Amazonía: La colección científica en línea del Herbario Amazónico Colombiano (COAH), del Instituto SINCHI, <https://sinchi.org.co/coah/consulta-de-especimenes-coah>,
- Para zona Amazonía: Colección en línea de fotografías de plantas vivas determinadas del Instituto SINCHI, <https://sinchi.org.co/coah/buscador-de-plantas-vivas>,
- Para zona Amazonía: colección en línea de plantas invasoras de la Amazonía, <https://sinchi.org.co/coah/buscador-de-especies-invasoras>,
- Para zona Andes: La colección científica en línea del Herbario del Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB), <http://herbario.jbb.gov.co/especimen/simple>

Los individuos registrados deben ser identificados a nivel de especie o al nivel taxonómico lo más detallado posible, de no ser así debe justificarse. La nomenclatura taxonómica debe estar de acuerdo con las versiones en línea del Catálogo de plantas y líquenes de Colombia, de

ser necesario, alguna especificación para una o más especies, debe indicar cuáles especies y la fuente taxonómica que se utilice. Las determinaciones de líquenes y flora deberán certificarse mediante documento y soportes de la experticia podrán provenir de herbarios registrados en Colombia ante el Registro Nacional de Colecciones biológicas (RNC) o de especialistas en los grupos taxonómicos mencionados.

Identificar y presentar el listado de las especies que presenten endemismos, grado de amenaza o de importancia ecológica regional, con referencia en The Red list UICN, libros rojos a nivel nacional, así como las especies incluidas en los apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y otros contemplados en la MGEPEA.

Se debe realizar como mínimo el cálculo y análisis de los índices mencionados en la MGEPEA, así como otros índices de diversidad alfa, beta y gama o diversidad verdadera relevantes para la caracterización de las especies en veda, según aplique.

Registro fotográfico de las especies categorizadas en veda y del trabajo en campo.

Presentar un mapa de localización de las especies identificadas en veda en relación con el área de influencia del medio biótico y el área de intervención del proyecto, incluir esta información en los modelos de conectividad.

Tener en cuenta que para cada grupo biológico se debe presentar la siguiente información:

➤ **Especies arbóreas y helechos arborescentes**

- Se deben registrar los helechos arborescentes con altura superior o igual a dos (2) metros de altura del fuste (tomada desde la base hasta la parte basal de la unión de los muñones de las frondas que no se han desplegado aún).
- Para registrar individuos de helechos arborescentes con altura menor a dos (2) metros, realizar un muestreo con una probabilidad del 95% y un error de muestreo no superior al 15%, por unidad de cobertura de la tierra.
- Para las especies arbóreas se debe realizar un censo al 100% de individuos fustales (DAP >10cm).
- Para individuos de especies arbóreas con diámetro a la altura del pecho (DAP ≤10cm) se debe realizar un muestreo representativo con una probabilidad del 95% y un error de muestreo no superior al 15%, por unidad de cobertura de la tierra. Entregar los datos de las variables de caracterización de la flora conforme a la MGEPEA, para cada individuo, incluyendo los datos necesarios para la generación de los perfiles de vegetación del componente flora.

- Resultados de la totalidad de individuos en veda registrados en el área de intervención, realizando el diligenciamiento correspondiente en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG).
- Anexos: Bases de datos, registros fotográficos, entre otros.

➤ **Especies vasculares y no vasculares**

- Se deberealizar el muestreo siguiendo las metodologías y lineamientos planteados en la MGEPEA. A través de la metodología de Gradstein et al., (2003) para las especies de los grupos taxonómicos de Bromelias, Orquídeas, Musgos, Hepáticas, Antocerothales y Líquenes, incluidas en la Resolución 213 de 1977 del INDERENA o la norma que la modifique o sustituya, que se desarrollan en los diversos hábitos de crecimiento (epífita, terrestre, rupícola, entre otros).

Se debe presentar el cálculo de representatividad del muestreo de especies en veda nacional (Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes) con base en el instrumento ambiental que contiene la lista de coberturas de la tierra en las cuales debe realizarse la caracterización de especies en veda nacional (Hábito: epífitas y en “otros sustratos”), y permite obtener el cálculo mínimo de unidades de muestreo para el área de intervención. (ANLA, 2022). Este instrumento se encuentra en la página WEB de la ANLA, en la sección de apoyo para la elaboración del estudio de impacto ambiental dentro del nuevo licenciamiento ambiental: https://www.anla.gov.co/01_anla/proyectos/nuevo-licenciamiento-ambiental/calculo-de-representatividad-del-muestreo-de-especies-en-veda-nacional

- Indicar y describir la metodología utilizada, describiendo tipo y tamaño de la unidad de muestreo, relacionando el método de análisis utilizado (Estadígrafos, Curvas de acumulación de especies, entre otros.) para cada hábito y grupo biológico, justificando el esfuerzo y la representatividad del muestreo ($\geq 80\%$), o si es por un diseño estadísticamente representativo debe tener una probabilidad del 95% y un error de muestreo no mayor al 15%.
- Presentar la caracterización general y por ecosistema que contenga riqueza, abundancia o cobertura, frecuencia, estratificación vertical, preferencia de forófitos^[1], estructura horizontal (diversidad de sustratos “hábitos terrestres, rupícolas y epífitas”, diversidad por ecosistema) para cada hábito y grupo biológico.
- Presentar un mapa de localización de las especies identificadas en veda para el área de intervención del proyecto.
- Resultados de la totalidad de individuos en veda registrados en el área de intervención, realizando el diligenciamiento correspondiente en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG)

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

- Anexos: Bases de datos, registros fotográficos de las especies categorizadas en veda y del trabajo en campo, entre otros.

Tener en cuenta para cada grupo biológico:

- Especies vasculares de hábito epífita

Con relación a las epífitas vasculares, registre y detalle la estratificación vertical y la preferencia de forófitos, y luego analice la información registrada para cada cobertura teniendo en cuenta la variabilidad ecosistémica del proyecto (Krömer and Gradstein, 2003; Krömer and Kessler, 2006; Krömer et al., 2007a; Krömer et al., 2007b y Martínez-Meléndez et al., 2008)⁵². Estos análisis serán la línea base para las propuestas de medidas de manejo tendientes a minimizar el impacto generado sobre estas especies en el área de intervención. En la página web de ANLA se relaciona el instrumento Modelo base de datos de rescate de especies vasculares en veda nacional y preferencia de forófitos en apoyo para la elaboración de un ICA https://www.anla.gov.co/01_anla/proyectos/nuevo-licenciamiento-ambiental/modelo-base-de-datos-de-rescate-de-especies-vasculares-en-veda-nacional-y-preferencia-de-forofitos, este instrumento presenta una forma de identificar la preferencia de forófitos, que servirá como insumo para los análisis requeridos.

- Especies no vasculares y líquenes de hábito epífita

Para la relación de las especies de briofitos y líquenes con respecto a la estratificación vertical se debe registrar para todas las zonas según Johansson, 1974⁵³. Se recomienda para las zonas I, II y III colocar la cantidad de cuadrantes requeridos para el registro según el tipo de forófito (Arbóreo o arbustivo), para las zonas IV y V se sugiere hacer cortes por forófitos de segmentos de ramas/zona de estratificación con ayuda del baja-ramas o desjarretadora para los fustales con mayor altura para la toma de datos de las especies presentes e indicar su cobertura con la plantilla, buscando una representatividad de muestreo para estos estratos.

La relación de las especies por estratificación vertical y la preferencia de forófitos se debe analizar para cada ecosistema, esto servirá como línea base para las propuestas de medidas

⁵² Krömer, T. & S.R. Gradstein. 2003. Species richness of vascular epiphytes in two primary forest and fallows in the Bolivian Andes. *Selbyana* 24: 190-195.

Krömer, T. & M. Kessler. 2006. Filmy ferns (Hymenophyllaceae) as high-canopy epiphytes. *Ecotropica* 12: 57-63.

Krömer, T., M. Kessler & S.R. Gradstein. 2007a. Vertical stratification of vascular epiphytes in submontane and montane forest of the Bolivian Andes: the importance of the understory. *Plant Ecol.* 189: 261-278.

Krömer, T., S.R. Gradstein & A. Acebey. 2007b. Diversidad y ecología de epífitas vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. *Ecol. Bolivia* 42: 23-33.

Martínez-Meléndez, Nayely, Pérez-Farrera, Miguel A. & Flores-Palacios, Alejandro. 2008. Estratificación vertical y preferencia de hospedero de las epífitas vasculares de un bosque nublado de Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)*. Vol.56 (4): 2069-2086.

⁵³ JOHANSSON, D.R. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeography Sueca*, 59: 1-136

de manejo tendientes a retribuir la afectación a los hábitats de las especies de briofitos y líquenes en veda.

➤ Especies vasculares, no-vasculares y líquenes en otros hábitos.

Se debe relacionar las especies presentes en diversos sustratos (suelo, rocas, troncos en descomposición, hojarasca, humus) dentro del área de intervención. Si bien, se sugiere en el instrumento “Cálculo de representatividad del muestreo de especies en veda nacional indicadas en la Resolución 0213 de 1977 INDERENA” un mínimo de parcelas a realizarse, esto se debe planificar teniendo en cuenta la extensión y tipos de coberturas del proyecto, de tal manera que se logre una representatividad del muestreo por tipo de cobertura, teniendo en cuenta la diversidad ecosistémica del área de intervención. Ya que, por ejemplo, en áreas de bosques de niebla, ecosistemas altoandinos, robledales, subpáramo, páramo y coberturas boscosas o semi-boscosas de ecosistemas amazónicos, entre otros, se registra gran cantidad de especies no vasculares de hábito humícola y rupícola.

Adicionalmente, para estas especies, se debe realizar un análisis de la diversidad presente por tipo de sustrato, teniendo en cuenta la cobertura de la tierra y los tipos de suelo presentes en el área de intervención, que servirá como línea base para las propuestas de medidas de manejo tendientes a retribuir la afectación a los hábitats de las especies de briofitos y líquenes en veda.

6.2.1.1.3 Fragmentación y conectividad

Realizar el análisis de fragmentación y conectividad, con base en los lineamientos establecidos en el capítulo III (Análisis de fragmentación y conectividad), de la MPEGEA, a partir de las unidades de cobertura vegetal de tipo natural y seminatural teniendo en cuenta:

- Estado actual y la dinámica de fragmentación de la zona en términos de tamaño, número de parches, aislamiento y forma.
- Identificar los agentes y elementos principales que más contribuyen con el cambio generando las dinámicas de transformación de las coberturas de la tierra y el estado actual de la fragmentación y pérdida de hábitat.
- Generar un modelo de conectividad ecológica potencial tomando como insumo la información obtenida en la caracterización para el Medio Biótico, y vinculando la estructura del paisaje con la capacidad de movimiento de las especies focales.
- Realizar el análisis comparativo en el escenario con proyecto y el escenario sin proyecto de los efectos de las actividades sobre la fragmentación y pérdida de hábitat.
- Describir los elementos que aportan a la conectividad del territorio con el propósito de establecer medidas para asegurar la sostenibilidad de los hábitats.

6.2.1.1.4 Fauna

Con base en información primaria y secundaria, se debe identificar la fauna asociada a las diferentes unidades de cobertura de la tierra (definidas mediante la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia) y usos del suelo; caracterizar la composición de los principales grupos faunísticos y describir sus relaciones funcionales con el ambiente, haciendo énfasis en especies endémicas, amenazadas, migratorias, CITES, vedadas, invasoras, entre otras.

Para la caracterización del componente se deben surtir como mínimo las fases: previa, de muestreo y de análisis, descritas en el capítulo III, (Fauna) de la MGEPEA, igualmente incluir en la caracterización y muestreo los grupos faunísticos de herpetofauna, aves y mamíferos y, clasificarlos a nivel de especie o al nivel taxonómico más detallado posible.

Elaborar las matrices primarias de datos, predicción de la riqueza específica, análisis de la estructura de cada grupo, junto con los otros parámetros bióticos, descritos en el mencionado numeral.

Se precisa que la técnica de sacrificio y la preservación de individuos no debe ser utilizada de manera generalizada y por tanto solo se debe realizar en caso de que se presente incertidumbre taxonómica y teniendo en cuenta que los individuos, no se encuentren en fases de cuidado parental o periodo de gestación. Para estos casos, se deberá entregar los especímenes a colecciones biológicas registradas en Colombia en el RNC y deberá adjuntar al estudio el respectivo soporte.

Adicionalmente:

- Presentar los métodos, técnicas y periodicidad de los muestreos, así como registros fotográficos con georeferenciación, cobertura y fecha de registro.
- Presentar un mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo, con la distribución de especies faunísticas, a escala de trabajo o captura 1:10.000 y de presentación 1:25.000 o más detallada, donde se señalen:
 - Las áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación, así como la presencia de zonas de paso de especies migratorias.
 - Especies de especial importancia por su categoría de amenaza o por su grado restringido de distribución.
 - Especies faunísticas de importancia económica, ecológica y/o cultural.
- Describir los principales usos dados por las comunidades a las especies de mayor

importancia.

- Anexar los formularios de recolección de información (planillas de campo) para la caracterización de la flora y la fauna.
- Se debe presentar un análisis de puntos calientes y de patrones puntuales a partir de los registros en campo y de información secundaria de individuos de fauna atropellados o cruzando la vía por sitios diferentes a los pasos de fauna existentes o propuestos. Para proyectos que requieran la construcción vial, los muestreos para la identificación de sitios potenciales por donde la fauna cruzará la futura vía, deberán establecerse según los modelos de conectividad estructural y funcional.

6.2.1.2 Ecosistemas acuáticos continentales y marino-costeros

Con el fin de determinar la composición y estructura de la flora y fauna existente en los ecosistemas acuáticos continentales, o marino - costeros u oceánicos presentes en el área de influencia, se deben tener en cuenta los aspectos descritos en el capítulo III, (Ecosistemas acuáticos continentales y marino-costeros) de la MGEPEA, al igual que las siguientes indicaciones.

Como fuentes de información secundaria en línea para proyectos en la Amazonía se puede consultar en dos colecciones, 1) la colección ictiológica del Instituto SINCHI (<https://sinchi.org.co/ciacol/consulta-de-especimenes>) y 2) de macroinvertebrados acuáticos (<https://sinchi.org.co/colecciones-biologicas-de-la-amazonia-colombiana1>).

En aras de identificar y describir las especies migratorias o con categorías de conservación asociada, el titular del proyecto, obra o actividad deberá analizar la información (mapas, geo servicios y reportes técnicos) producidos por el INVEMAR, disponibles en el SIAM <https://siam.invemar.org.co/>

La caracterización de los grupos hidrobiológicos se deberá realizar de manera simultánea y en los mismos sitios de muestreo donde se realizó la caracterización fisicoquímica del agua con el fin de hacer un análisis de correlación. Estos sitios deben georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal (en relación con los sitios a intervenir por el proyecto, y las actividades asociadas).

Adicionalmente para la fauna íctica se debe identificar la presencia de metales pesados, mediante análisis toxicológico, considerando metodologías específicas para este fin. Las muestras de fauna íctica deben ser tomadas en los cuerpos de agua que serán objeto de intervención y en aquellos que de acuerdo con el análisis de impactos ambientales se podrían ver alterados por el desarrollo del proyecto.

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

6.2.2 Áreas de especial interés ambiental (AEIA).

Se debe identificar y cartografiar las AEIA que se presenten en el área de influencia, según lo estipulado en la MGEPEA.

6.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Teniendo en cuenta los lineamientos presentados en la MGEPEA, se debe realizar la caracterización del medio socioeconómico involucrando la información de contexto para los componentes demográfico, espacial, económico, cultural y político-organizativo.

La información del medio socioeconómico debe presentarse en planos a escala 1:10.000 o de mayor detalle.

El análisis de la información deberá relacionar los impactos socioeconómicos que el proyecto pueda ocasionar involucrando información relevante de los medios abiótico y biótico y las condiciones con que la población garantiza sus derechos fundamentales, derechos colectivos y del ambiente.

Para los siguientes componentes debe especificar:

COMPONENTE DEMOGRÁFICO

Para las unidades territoriales se debe presentar la información relacionada con:

- Grupos poblacionales.
- Estructura de la población.
- Patrones de asentamiento.
- Población en situación de desplazamiento.
- Tendencias demográficas.

Presentar el análisis de las tendencias demográficas que permita identificar y describir los principales indicadores de demografía y efectuar un análisis histórico con base en información disponible.

COMPONENTE ESPACIAL

- Realizar la identificación, descripción y análisis de servicios públicos.

- Acueducto y alcantarillado.
 - Sistemas de recolección y disposición de residuos sólidos.
 - Servicios de energía.
 - Servicios de gas.
 - Servicios de telefonía.
- Realizar la identificación, descripción y análisis de servicios sociales.
 - Infraestructura educativa.
 - Infraestructura de salud.
 - Infraestructura recreativa y deportiva,
 - Viviendas
 - Infraestructura de transporte vial (incluyendo uso de las vías, frecuencia y tipo de transporte, condiciones de la movilidad entre otras).
 - Infraestructura social y comunitaria.
 - Centros poblados que ofrecen servicios administrativos y financieros.
 - Medios de comunicación,
 - Formas de conectividad y relaciones funcionales para acceso a servicios

COMPONENTE ECONÓMICO

- Identificar, describir y analizar las actividades económicas de las unidades territoriales del área de influencia.
 - Estructura de la propiedad.
 - Actividades productivas.
 - Actividades económicas.
 - Programas y proyectos productivos.
 - Características del mercado laboral.
 - Describir y analizar las características de la población que se encuentra en el área de influencia del proyecto y que depende de la actividad minera, relacionando con información secundaria el número de personas dedicadas a la minería, tipo de minería ejercida y niveles de organización social.

COMPONENTE CULTURAL

- Para la población de las unidades territoriales del área de influencia, presentar y analizar la información relacionada con:
 - Modificaciones culturales.
 - Bases del sistema sociocultural.
 - Patrimonio cultural inmaterial.
 - Bienes inmuebles declarados de interés cultural.
 - Espacios de tránsito y desplazamiento.
 - Formas de organización comunitaria.
 - Áreas de identidad y uso cultural para recreación, turismo, esparcimiento y uso ceremonial o religioso.
 - Uso y manejo del entorno.
 - Redes culturales.

En caso de procedencia de la consulta previa, se debe acatar las disposiciones de la normatividad actual a nivel nacional, artículo 329 de la Constitución Política de Colombia, Ley 21 de 1991 adicionalmente se deben incorporar al EIA los elementos relacionados con la caracterización ambiental, zonificación ambiental y de manejo ambiental, evaluación ambiental, medidas de manejo, entre otros (según sea el caso y de acuerdo con la información obtenida), información de las comunidades étnicas objeto de la consulta.

Para la caracterización se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dinámica de poblamiento, demografía, salud, educación, religiosidad, cambios culturales, etnolingüística, economía tradicional, organización sociocultural y presencia institucional.

Presentar el contexto histórico de escenarios de conflicto en el territorio, por uso y disfrute de la tierra para actividades agrícolas y pecuarias, conflicto armado interno, presencia de grupos armados al margen de la ley, presencia de ONG en materia de DDHH y ambientalistas, entre otros.⁵⁴

En caso de identificar en el territorio escenarios de conflicto, relacionar la forma en que se ha realizado la atención e indicar la existencia y estado de espacios de concertación y responsables

COMPONENTE POLÍTICO-ORGANIZATIVO

⁵⁴ Ministerio de minas y energía. 2018. Resolución 40796. Por medio de la cual se adopta la Política de Derechos Humanos del Sector Minero Energético.

La información de las características político-administrativas y de la presencia institucional y organización comunitaria deberá incluir:

- Instituciones públicas
- Organizaciones privadas, sociales y comunitarias.
- Instancias y mecanismos de participación de la población
- Intervenciones de tipo social, así como la participación y representatividad que han tenido instituciones y organizaciones frente al desarrollo de otros proyectos ejecutados en la zona.

Relacionar las instituciones presentes en el territorio y los medios para la atención a las manifestaciones (peticiones, quejas, reclamos, sugerencias-PQRS), que puedan presentar los actores de interés en el área de influencia del proyecto.

TENDENCIAS DEL DESARROLLO

- Realizar un análisis de las dinámicas socioculturales y de los modelos de organización política y social, identificando proyectos que incidan en las dinámicas sociales, económicas y culturales de la población.
- Identificar los procesos de desarrollo local, regional y nacional.
- Realizar el análisis integral socioeconómico que resulte de la evaluación de los anteriores componentes (demográfico, espacial, económico, cultural y político organizativo).

INFORMACIÓN SOBRE POBLACIÓN A REASENTAR

Caracterizar la población objeto del programa de reasentamiento de acuerdo con los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

El procedimiento para implementar debe ser consistente con la normatividad vigente expedida por las entidades del sector al que corresponda.

7. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

De conformidad con lo establecido en la MGEPEA y a partir de la información obtenida en la caracterización del área de influencia para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, el solicitante deberá definir la unidad mínima de análisis, identificar y describir los servicios que

prestan los ecosistemas presentes en el área de influencia y analizar las relaciones, funciones y estructuras, entre otros, de los servicios ecosistémicos.

El análisis de la información de los servicios ecosistémicos en el área de influencia debe brindar pautas para vincular la caracterización y la zonificación ambiental, con la demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales y la evaluación ambiental (incluyendo evaluación económica ambiental) y deberá facilitar que la zonificación de manejo ambiental y los planes de manejo del EIA sean formulados de manera integral.

8. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL⁵⁵

Con base en la información de la caracterización ambiental del área de influencia y la legislación vigente, se debe efectuar un análisis integral de los medios abiótico, biótico y socioeconómico de acuerdo con la sensibilidad ambiental de cada uno de sus componentes, con el fin de zonificar el área donde se desarrollará el proyecto minero.

El análisis de la sensibilidad ambiental del área, en su condición sin proyecto, reflejará la susceptibilidad del medio ante fenómenos naturales y antrópicos, considerando aspectos de los componentes del ambiente que podrían ser objeto de una posible afectación (áreas de producción económica, áreas de importancia social, entre otras). Se deben elaborar y presentar los respectivos mapas de zonificación utilizando sistemas de información geográfica conforme al MAG e información recogida y analizada de acuerdo con la MGEPEA.

Aparte de las áreas mencionadas en la MGEPEA que son sensibles a fenómenos naturales y antrópicos y que se deben delimitar y analizar, para establecer la zonificación ambiental, es importante tener en cuenta entre otras:

- Áreas de reserva especial, artículo 31 de la Ley 685 de 2001 o aquella que la modifique o sustituya.
- Áreas de exclusión minera, artículo 34 de la Ley 685 de 2001 o aquella que la modifique o sustituya.
- Áreas restringidas para la minería artículo 35 de la ley 685 de 2001 o aquella que la modifique o sustituya.
- Áreas de inversión estatal para conservación y/o protección de Microcuencas, ya sea adquiridas para tal fin o con reforestación o protección de suelos
- Unidades de paisaje, de acuerdo con los resultados de la categorización obtenidos en el numeral 6.1.3 Paisaje de los presentes términos de referencia.

⁵⁵En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a estos términos de referencia una metodología de zonificación ambiental y zonificación de manejo ambiental, ésta debe ser utilizada por el solicitante.

Tanto la zonificación ambiental de cada medio (mapas intermedios), como la zonificación ambiental final, deben cartografiarse a escala 1:10.000 o más detallada, acorde con la sensibilidad ambiental de la temática tratada.

La zonificación ambiental final debe ser el insumo básico para el ordenamiento y planificación del proyecto. A partir de esta se debe realizar la zonificación de manejo correspondiente.

Para la zonificación ambiental, en el método utilizado se debe integrar los escenarios de variabilidad y cambio climático en la definición de la sensibilidad ambiental del área de influencia. Se debe identificar e integrar en el resultado de la zonificación ambiental las Áreas de Especial Interés Ambiental declaradas por efectos de cambio climático.

9. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Para solicitud de los permisos, concesiones y autorizaciones para aprovechamiento de los recursos naturales, presentar la información técnica y ambiental requerida de acuerdo con el tipo de recurso a solicitar siguiendo los lineamientos establecidos en la MGEPEA y presentando el respectivo Formularios Únicos Nacionales.

Tener en cuenta además de lo indicado, que se debe presentar un programa de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas, de acuerdo con la Ley 373 de 1997, el Decreto 1090 de 2018 (que modifica el Decreto 1076 de 2015) y Resolución 1257 de 2018 del Minambiente o aquellas que lo modifiquen o sustituya.

9.1 CONCESION DE AGUAS SUPERFICIALES

Cuando se requiera la captación de aguas superficiales continentales, deberá diligenciar el Formato Único Nacional para Permiso de Concesión de Aguas Superficiales y presentar para cada uno de los sitios propuestos, como mínimo la información relacionada con el caudal solicitado para los diferentes usos y fases del proyecto, identificar el sitio de captación (nombre, localización georreferenciada, el caudal ambiental de cada una de las fuentes a utilizar, predio), ubicación y diseño hidráulico de las estructuras de captación, derivación, conducción y restitución de sobrantes, análisis de los conflictos actuales de uso y por la disponibilidad del agua, de acuerdo con las directrices y lineamientos establecidos en la MGEPEA.

La información deberá consolidarse en el documento y estructurarse debidamente en el MAG.

La ubicación de la infraestructura para la captación debe realizarse en planos escala 1:1000 o mayor, y para los detalles resultantes del diseño hidráulico deben ser en planos escala 1:100 o mayor.

Para el análisis fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico del agua superficial para su concesión se deben caracterizar los parámetros establecidos en la Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a caracterizar en cuerpos superficiales presentes en el área de influencia, que se encuentra en el numeral 6.1.5.1 Calidad del Agua.

9.2 CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Cuando se requiera el permiso de exploración y/o el permiso de captación de aguas subterráneas, se debe diligenciar el Formato Único Nacional para Permiso de Exploración y/o el Permiso de Concesión de Aguas Subterráneas o para cuyos casos se proyecte la construcción de túneles, a fin de concesionar las aguas alumbradas con la perforación de este. De acuerdo con la caracterización hidrogeológica del área, el inventario de los puntos de agua subterránea, los resultados de la exploración de las aguas subterráneas, los estudios realizados sobre la productividad del pozo (pruebas de bombeo) y el análisis de los posibles conflictos por la disponibilidad y usos del recurso, se debe presentar la información técnica y ambiental siguiendo los requerimientos y lineamientos establecidos en la MGEPEA y los que a continuación se mencionan:

Permiso de exploración:

- Localización georreferenciada de los sitios propuestos para realizar la(s) perforación(es) exploratoria(s) en cartografía 1:10.000 o más detallada.
- Formulario Único Nacional de Solicitud de Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas debidamente diligenciado, o aquel que lo modifique o sustituya.

Permiso de Concesión:

- Presentar la información bajo el MAG.
- Localización georreferenciada de los pozos exploratorios perforados en mapas en escala 1:10.000 o más detallados.
- Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua según lo solicitado en la Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a caracterizar en las unidades geológicas y niveles acuíferos presentes en el área de influencia / Calidad del Agua Subterránea.
- Entregar cada uno de los soportes de campo, análisis e interpretación de los ensayos hidráulicos y geofísicos realizados.

Cuando se plantee el uso de agua de infiltración del túnel, incluir además la localización, descripción litológica del sector donde se va a captar, descripción del sistema de captación, almacenamiento y conducción a emplear, el caudal de infiltración esperado y el caudal requerido.

9.3 PERMISO DE VERTIMIENTOS

Cuando el solicitante pretenda realizar vertimientos, debe cumplir lo establecido en los artículos del 2.2.3.3.5.1 hasta el 2.2.3.3.5.4. de la sección 5, capítulo 3, título 3, parte 2, libro 2 del Decreto 1076 de 2015, o aquel que lo modifique o sustituya y sus normas reglamentarias (Resolución 1514 de 2012, Resolución 1207 de 2014, Resolución 631 de 2015 del Minambiente, etc.).

La solicitud del permiso de vertimientos debe contener entre otra, la siguiente información:

- Identificación de las actividades generadoras de las aguas residuales, entre ellas aguas ácidas tanto de la mina / bocamina, aguas provenientes del proceso de beneficio / transformación, drenajes provenientes de zonas de disposición y almacenamiento temporal de sobrantes y demás áreas de apoyo del proceso minero.
- Caracterización del vertimiento: caudal máximo de descarga para cada una de las alternativas de vertimiento propuestas, duración, periodicidad (continuo o intermitente), clase de agua residual (domésticas, no domésticas, industriales y ácidas), caracterización fisicoquímica típica de referencia del agua que se pretende verter antes y después del tratamiento.
- Descripción de la operación y del sistema de tratamiento (diseños tipo, esquemas y figuras), manejo y estructuras de entrega en los sitios de disposición final, que serán implementadas durante las diferentes fases del proyecto.
- Plan de gestión del riesgo para vertimientos (Resolución 1514 de 2012 del Minambiente), para el sistema de tratamiento de aguas residuales, en caso de eventos no planeados, situaciones de suspensión temporal, falla o mantenimiento rutinario, entre otros.

En el marco de la evaluación de los vertimientos, si se opta por la opción de reúso, se debe tener en cuenta la Resolución 1256 de 2021 del Minambiente o aquella que la que modifique o sustituya, así como la viabilidad y la aplicabilidad de ejecución que apruebe la autoridad ambiental.

El vertimiento del agua de infiltración del túnel debe ser previamente tratado durante la etapa de construcción y cuando el sistema de drenaje del túnel presente mezcla de agua de

infiltración y agua asociada con la construcción y/u operación del túnel.

9.3.1 PERMISO DE VERTIMIENTOS EN CUERPOS DE AGUA

Cuando el proyecto, obra o actividad requiera realizar vertimientos, debe acogerse a lo establecido en los artículos del 2.2.3.3.5.1 hasta el 2.2.3.3.5.4. de la sección 5, capítulo 3, título 3, parte 2, libro 2 del Decreto 1076 de 2015, o en aquel que lo modifique o sustituya; Decreto 1553 de 2024 y sus normas reglamentarias (Resolución 1514 de 2012, Resolución 1207 de 2014, Resolución 631 de 2015, etc.), y seguir las directrices presentadas en la MGEPEA, en la cual se detallan entre otros aspectos la modelación de la capacidad de asimilación del cuerpo de agua receptor frente a las descargas de agua residual producidas por las actividades del proyecto y presentar el estudio de modelación hidrodinámica, de modelación hidráulica y/o de ensayos con trazadores, con el fin de caracterizar la variación espacial y temporal de la velocidad y profundidad del agua y de las principales propiedades geométricas en cada tramo o sector de análisis.

Se deberá determinar la capacidad de asimilación del cuerpo de agua receptor frente a las descargas de agua residual producidas por las actividades del proyecto, de acuerdo con lo estipulado en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico establecida mediante Resolución 959 de 2018 de Minambiente.

Además de lo ya mencionado se debe plantear la simulación como mínimo, en los siguientes escenarios:

- Condición sin proyecto (línea base).
- Carga máxima en el vertimiento tratado y caudal/nivel característico de condiciones mínimas sobre el cuerpo de agua receptor.
- Carga promedio en el vertimiento tratado y caudal/nivel promedio sobre el cuerpo de agua receptor.
- Carga máxima en el vertimiento tratado y caudal/nivel máximo ordinario sobre el cuerpo de agua receptor. En este escenario y para el caso de cuerpos lóticos, se debe considerar la resuspensión de sustancias (sedimentos, patógenos, tóxicos) provenientes del fondo del cauce.
- Carga máxima en el vertimiento antes del tratamiento y caudal/nivel característico de condiciones mínimas sobre el cuerpo de agua receptor.

Se deberá realizar la comparación de todos los escenarios de modelación, así mismo, realizar la comparación respecto a los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico establecidos por la autoridad ambiental competente (si existen) o a nivel nacional, y análisis de los conflictos con los usos actuales y potenciales del recurso hídrico de acuerdo con los resultados obtenidos.

Para vertimiento en fuentes superficiales, deberá el solicitante tener en cuenta los parámetros establecidos en la Resolución 631 de 2015 del Minambiente de acuerdo con los tipos de mineral a explotar.

9.3.2 PERMISO DE VERTIMIENTOS EN SUELO

Para el permiso del vertimiento al suelo de las aguas residuales domésticas y no domésticas tratadas se debe cumplir lo establecido en los artículos del 2.2.3.3.5.1 hasta el 2.2.3.3.5.4 de la sección 5, capítulo 3, título 3, parte 2, libro 2 del Decreto 1076 de 2015, o aquel que lo modifique o sustituya y sus normas reglamentarias y debe considerar las prohibiciones previstas en el artículo 2.2.3.3.4.3 de la Sección 4. VERTIMIENTOS del mencionado Decreto, específicamente los incisos: 11, 12 y 13, adicionados por el Decreto 50 del 2018. Así mismo, se debe entregar la información prevista en el artículo 2.2.3.3.4.9 del Decreto 1076 de 2015, modificado por el artículo 6 del Decreto 50 del 2018.

A su vez se debe cumplir con lo que se establezca en la normatividad que se expida para el vertimiento al suelo de las aguas residuales domésticas tratadas.

Cuando el solicitante pretenda realizar vertimientos en suelos, debe presentar la siguiente información:

- Posibles áreas de disposición por cada unidad de suelo, presentando las pruebas de percolación respectivas.
- Caracterización fisicoquímica del área de disposición propuesta incluyendo textura, capacidad de intercambio catiónico, pH, relación de adsorción de sodio (RAS), porcentaje de sodio intercambiable, contenido de humedad y capacidad de infiltración. Para la disposición de aguas industriales se debe adicionalmente evaluar grasas y aceites, hidrocarburos totales y metales (los metales a evaluar dependerán de la composición fisicoquímica del vertimiento y de los insumos a utilizar durante el desarrollo de las actividades planteadas).
- Análisis de los elementos meteorológicos que pudieran afectar la disposición de aguas residuales.
- Avance del frente húmedo en el perfil del suelo y sus implicaciones en aguas subterráneas, a través de modelos matemáticos y propiedades fisicoquímicas del suelo.
- Estimación de la variación del nivel freático con base en la información recolectada en campo.
- Evaluación del riesgo de contaminación del acuífero asociado a la zona de infiltración.

El análisis de la infiltración de las aguas vertidas en suelos debe tener en cuenta lo dispuesto

en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH, donde los objetivos de calidad del agua establecen los usos actuales y potenciales del mismo. Se cuenta con los siguientes instrumentos de Planificación: Cuencas - POMCA/Comisiones Conjuntas, Calidad – PORH/Objetivos de Calidad, Aguas Subterráneas - Planes de Manejo de Aguas Subterráneas.

Se debe presentar el diseño tipo de la adecuación de los sitios propuestos para la disposición de las aguas a verter, así como la descripción de las medidas a implementar para prevenir la contaminación del suelo teniendo en cuenta la composición estimada del vertimiento.

Las diferentes alternativas de disposición final de aguas residuales deben contemplar niveles de riesgo a la salud humana y al ambiente.

9.4 OCUPACIONES DE CAUCES

Cuando el proyecto requiera realizar ocupaciones de cauces de cuerpos de agua, en primer lugar, deben diligenciarse los respectivos formularios únicos nacionales, y luego, presentar la información necesaria y su análisis siguiendo las directrices y lineamientos establecidos en la MGEPEA. Para el análisis fisicoquímico de los puntos de ocupación de cauce, se deben caracterizar los parámetros definidos en la Resolución 631 de 2015 del Minambiente, de acuerdo con los tipos de mineral a explotar.

Para el caso que la ocupación de cauce esté relacionada con actividades de rectificación y/o desviación del cauce, se deberá presentar lo establecido en el artículo 2.2.3.2.19.6 del Decreto 1076 de 2015, en cuanto a incluir los estudios, planos y presupuesto de las obras y trabajos necesarios para la conservación o recuperación de las aguas y sus lechos o cauces, acompañados de una memoria, planos y presupuesto deben ser sometidos a aprobación y registro por la autoridad ambiental.

9.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Cuando el proyecto requiera un permiso para el aprovechamiento forestal único, se debe diligenciar y presentar el formulario único nacional para aprovechamiento forestal único, y presentar la información necesaria y su análisis conforme a las directrices establecidas en MGEPEA.

Así mismo se debe presentar:

- Los análisis y cálculos estadísticos detallados para cada una de las unidades muestreadas
- Localización y georreferenciación de las parcelas de muestreo o censo forestal en un

mapa escala 1:10.000 o más detallada, relacionando la vereda o el corregimiento y el municipio en el cual se ubican.

- Al presentar la información de campo se debe entregar la sumatoria de individuos inventariados, discriminando aquellos que serán aprovechados, talados los que serán trasplantados y aquellos que permanecerán en el sitio.
- En caso de que se requiera el aprovechamiento de especies maderables en veda nacional o regional, se debe presentar la información específica de tales individuos de acuerdo con la metodología establecida para su caracterización; en la cual se establecen los requerimientos mínimos y los lineamientos para el registro de información de flora consignados en el numeral 6.2.1.1.1 de los presentes términos.
- La destinación que se le vaya a dar a los productos forestales y el manejo y disposición final de los residuos vegetales que no son aprovechados.

9.6 PERMISO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

Para las fuentes fijas que requieran permiso de emisión de acuerdo con lo establecido en los artículos del 2.2.5.1.7.1. hasta el 2.2.5.1.7.17. sección 7, capítulo 1, Título 5, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 y en la Resolución 619 de 1997 del Minambiente, o aquellas normas que las modifiquen o sustituyan, se debe entregar la información allí prevista. A saber:

- Síntesis del inventario de fuentes y cargas de emisión asociadas al proyecto (numerales 6.1.8.2.1 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas y receptores de emisión y 6.1.8.2.2 Estimación de la emisión atmosférica).
- Síntesis del modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos en los términos indicados (numeral 6.1.8.2.4 Modelación de contaminantes atmosféricos), para los escenarios con proyecto (sin medidas y con medidas) y donde se pueda evidenciar la individualización de las fuentes que serán objeto del permiso de emisiones y la tasa máxima de emisión (la cual será objeto de permiso).
- Allegar debidamente diligenciado el Formulario Único Nacional de Solicitud de Permiso de Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas establecido mediante la Resolución 2202 de 2006 del Minambiente (o lo que disponga aquella norma que la modifique o sustituya), con sus respectivos anexos. En dicho formulario deberá relacionar todas las fuentes objeto del permiso.
- Dar estricto cumplimiento de lo establecido en el artículo 2.2.5.1.7.4 del Decreto 1076 de 2015, relacionado con la solicitud del permiso.

10. EVALUACIÓN AMBIENTAL⁵⁶

⁵⁶ En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a estos términos de referencia una metodología para la identificación y evaluación de impactos, ésta debe ser utilizada por el usuario.

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales se debe partir de la caracterización de las áreas de influencia por componente, grupo de componentes o medio, de acuerdo con lo expuesto en la MGEPE, además de las siguientes indicaciones:

- 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.
- Se deben tomar como referencia, según aplique dentro de la valoración y jerarquización de impactos, el riesgo de la construcción y operación del proyecto sobre los diferentes medios.
- Consultar herramientas de estandarización y jerarquización de impactos por frecuencias, que permite en el escenario sin proyecto, identificar las categorías de impactos presentes en los municipios y subzonas hidrográficas del área de influencia y en el escenario con proyecto, aquellos que mínimamente deben ser considerados en la evaluación ambiental a partir del sector y subsector al cual pertenece el proyecto, obra o actividad. Lo anterior también posibilita identificar impactos acumulativos, dados los registros que se tienen de proyectos licenciados ubicados en la misma zona.
- Una vez identificados los impactos ambientales se debe redefinir la delimitación del área de influencia preliminar de manera que se obtenga el área de influencia final para el proyecto.
- Cuando se presente superposición de proyectos, el estudio deberá dar alcance a lo establecido en el artículo 2.2.2.3.6.4 del Decreto 1076 de 2015, o aquella norma que la modifique o sustituya.
- Para la valoración del escenario sin y con proyecto, se debe considerar la forma en que el cambio climático afecta la significancia de los impactos, analizando los escenarios prospectivos de cambio para las variables de precipitación y temperatura que se empleen, de acuerdo con los lineamientos del Plan de Gestión de Cambio Climático.
- Con la identificación y calificación de los impactos de las actividades en los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico con la valoración de esos impactos para el escenario sin proyecto y con proyecto, se debe integrar la variable de cambio climático en la presentación de la matriz de impactos y su interacción con las actividades que se desarrollan en la región, en la descripción de los impactos que tienen cambios en su significancia por cambio climático y el

correspondiente análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados de la evaluación de impactos.

10.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EL PROCESO DE LICENCIAMIENTO AMBIENTAL

El desarrollador del estudio debe involucrar en la evaluación económica ambiental todos aquellos impactos que resulten significativos durante la evaluación ambiental en el escenario con proyecto, en correspondencia con lo dispuesto en la MGEPEA y el documento “Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, Obras o actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental”, adoptado por la Resolución 1669 de 2017 del Minambiente.

Como se consigna en la normatividad mencionada, para la etapa de viabilidad ambiental de un proyecto, las estrategias disponibles brindan la posibilidad de analizar, por un lado, los impactos cuyas medidas de manejo tienen la capacidad para prevenir o corregir los efectos adversos en los componentes ambientales y los elementos del bienestar, en cuyo caso, el monto de tales acciones pueden considerarse como una aproximación a su costo ambiental internalizado. Por otra parte, llevar a valoración económica y posterior análisis costo-beneficio, todos aquellos impactos que puedan generar externalidades (impactos no perseguidos sobre terceros) bien sea positivas o negativas en el área de influencia delimitada, y se apliquen medidas de mitigación o compensación para su manejo.

En este sentido, a partir de la selección de impactos identificados como relevantes realizada en el capítulo de Evaluación Ambiental del EIA, y tras la cuantificación biofísica de cada uno de ellos, se deberá realizar la jerarquización, de impactos discriminándolos entre INTERNALIZABLES o NO INTERNALIZABLES.

Respecto a la internalización de los impactos más relevantes, se deberá indicar de manera clara las medidas de manejo asociadas a estos impactos siempre que sean prevenibles y/o corregibles, junto con los indicadores de seguimiento del manejo y los costos anuales asociados a estas medidas.

Para lo anterior, se debe seguir lo establecido en la Evaluación Económica en el Proceso de Licenciamiento Ambiental, respecto al Análisis de Internalización de Impactos de la MGEPEA y lo establecido en el documento “Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental”, en lo relacionado con el Instructivo B, de Análisis de Internalización de Impactos en los EIA.

En caso de que el EIA identifique impactos relevantes NO INTERNALIZABLES, es decir que

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

no puedan ser prevenidos ni corregidos por las Medidas de Manejo, se deberá seguir lo establecido en la MGEPEA y lo establecido en el documento “Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental” en lo relacionado con el Instructivo C, Guía para la Valoración de impactos no internalizables como parte del EIA.

Las actividades o proyectos generalmente ocasionan impactos que no son buscados o perseguidos por la actividad o el proyecto mismo, estos efectos se llaman externalidades, porque por el desarrollo de la actividad o del proyecto afecta a otros individuos. Los planes de manejo permiten que estos impactos se puedan controlar, es decir que la actividad o el proyecto hace unas inversiones que evitan, mitigan o corrigen estos impactos por lo que estos costos se incluyen en la actividad o proyecto, este proceso por el que las medidas evitan la afectación a otro individuo se denomina internalización. Los planes de manejo que previenen o corrigen los impactos, “internalizan totalmente” los impactos, mientras que los planes de manejo que mitigan “internalizan parcialmente”.

11. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO

A partir de la zonificación ambiental, los servicios ecosistémicos y la evaluación de impactos realizada, se debe determinar la zonificación de manejo ambiental de acuerdo con los lineamientos y directrices establecidas en la MGEPEA y teniendo en cuenta que:

- Para las áreas de exclusión adicionar las establecidas por Ley 685 de 2001 o aquella que la modifique o sustituya.
- Tanto la zonificación de manejo ambiental de cada medio (mapas intermedios), como la zonificación de manejo ambiental final (la suma de los mapas de cada medio), deben cartografiarse a escala de trabajo 1:10.000, o la más detallada posible en función de la extensión del proyecto y la sensibilidad ambiental del área.

12. PLANES Y PROGRAMAS

12.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Este plan debe establecer medidas y acciones orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales que el proyecto pueda generar durante sus diferentes fases en un escenario de normal desarrollo de sus actividades, así como para reducir los riesgos y dar respuesta a aquellos que se materialicen en un escenario de contingencia y que puedan generar impactos ambientales.

Debe contemplar para la formulación de las medidas de manejo, acciones encaminadas al uso eficiente, reúso y reciclaje de los materiales, agua y energía, la inclusión de tecnologías más eficientes, simbiosis industrial, colaboración y nuevos modelos de negocio, en los casos en que aplique; lo anterior en el marco de la Estrategia Nacional de Economía Circular. Así mismo, contemplar el uso de productos del aprovechamiento de materiales como son las enmiendas y abonos orgánicos en las actividades de reforestación, restauración y paisajismo.

La formulación de estos planes y programas se debe trabajar bajo las directrices, estructura y análisis establecidos en la MPEGEA.

A demás de lo descrito anteriormente tenga en cuenta:

- Al manejo de los impactos se le debe ejecutar el seguimiento y monitoreo de la evolución de las condiciones del ambiente y la efectividad de las medidas implementadas. Con la obtención y análisis de la información proveniente de los indicadores de seguimiento se debe retroalimentar y ajustar las acciones del programa de manejo mejorándolo continuamente.
- Cuando en el desarrollo del proyecto, obra o actividad, y durante la implementación del PMA se identifique la necesidad de llevar a cabo actividades que impliquen la recolección de especímenes de la biodiversidad (p. e. salvamento de fauna silvestre, colecta y reubicación de especímenes de flora, colecta de muestras hidrobiológicas, reubicación de fauna), éstas deben incluirse describiéndolas a partir de incorporar elementos que le permitan evaluar a la autoridad ambiental los métodos y periodicidad de estas prácticas en el PMA.

En este sentido, las medidas de manejo propuestas que incluyan la realización potencial de la recolección y/o manipulación de especímenes de la diversidad biológica, serán evaluadas por la autoridad ambiental.

- Se debe establecer lineamientos y medidas de manejo a las que haya lugar en relación con los impactos ambientales previsibles en los hábitats de fauna silvestre presentes en el área del proyecto minero y en las inmediaciones.
- Para las medidas de manejo ambiental definidas se debe analizar y señalar aquellas de manera específica que pueden atender o generar integridad a la reducción de emisiones de GEI o a la vulnerabilidad al cambio climático en caso en que aplique de acuerdo con el tipo de proyecto.
- En la ficha de manejo ambiental, dentro de la clasificación del tipo de medida según la

jerarquía de la mitigación (prevenir, corregir, mitigar y/o compensar), se deben incluir dos casillas adicionales: mitigación de GEI y adaptación al cambio climático.

12.2 PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

12.3 PLAN DE CONTINGENCIA

Se debe realizar un análisis específico de riesgo que involucre los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta (existente y proyectada) y aquellos eventos que se deriven de las actividades propias de construcción, operación, desmantelamiento y abandono (cierre y post-cierre del proyecto de explotación minera), lo anterior tomado como referencia las consideraciones previstas en la ley 1523 de 2012 (Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres), en el Decreto 2157 de 2017 y la normativa sectorial específica, o aquella que la modifique o sustituya. Si es el caso, deberá dar aplicación al Decreto 1868 de 2021 "Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia frente a pérdidas de contención de hidrocarburos y otras sustancias peligrosas y se adiciona el Capítulo 7 al Título 1 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1081 del 2015, Decreto Reglamentario del Sector Presidencia de la República".

La formulación del plan deberá considerar el desarrollo de las obras y/o actividades del proyecto, incluyendo la reducción de la exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de las personas y de la propiedad, el manejo acertado del suelo y del ambiente, y la preparación de una respuesta frente a la materialización de eventos adversos.

El análisis de riesgos puede ser cualitativo, semicuantitativo y/o cuantitativo, según sea el caso. En los tres casos los resultados de los cálculos realizados y la presentación de los métodos utilizados deben ser presentados como anexo al Plan de gestión del riesgo.

Los resultados del análisis deben ser cartografiados en un mapa de riesgos que integre la zonificación de los eventos amenazantes y la identificación de los elementos vulnerables (sensibles), en escala 1:5.000 o más detallada. Se deben presentar la(s) metodología(s) utilizada(s) para la estimación de áreas de afectación.

El plan de contingencias debe contemplar como mínimo lo siguiente:

12.3.1 Conocimiento del riesgo

Identificar y describir acciones y/o actividades externas o asociadas al proyecto de explotación minera que puedan generar eventos amenazantes dentro del área de influencia. Asimismo,

establecer los hechos o eventualidades que se puedan presentar, configurándose como siniestros, lo anterior debe ser desarrollado teniendo en cuenta los lineamientos definidos en la MPEGEA y lo demás que a continuación se expone.

Descripción de cada una de las actividades que puedan generar riesgo y posible afectación a los medios biótico, abiótico y socioeconómico, listado general de sustancias peligrosas, nocivas y tóxicas, así como de maquinaria y equipos que pueden ser fuente de peligro, identificación elementos expuestos que pueden verse afectados.

Dentro del análisis de riesgo se deben tener en cuenta el riesgo ambiental, el riesgo social, y el riesgo socioeconómico; y generar los correspondientes mapas a escala 1:10.000 o más detallada según corresponda, igualmente presentar los cálculos y la(s) metodología(s) utilizada(s).

Para los proyectos de explotación minera, deberá considerarse escenarios de riesgo asociados a estabilidad donde se implementen métodos de análisis y cálculo de reconocida validez. La evaluación debe realizarse incluyendo parámetros detonantes como es el caso de precipitación y sismicidad en los siguientes escenarios para condiciones actuales y extremas:

- Escenario Actual: se debe evaluar la situación actual, bajo las condiciones normales y extremas de niveles de agua y de sismo a las que podrá estar expuesta el área de estudio. Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre el talud, de una lluvia máxima diaria anual con periodo de retorno mínimo de 100 años. Para la condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a ser considerado en los análisis de tipo pseudoestático no podrá ser menor a $2/3$ de la aceleración pico del terreno (PGA_{EF}).
- Escenario de Operación: corresponde a la condición geométrica que tendrán los taludes temporales que hagan parte de la operación de la mina. Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre el talud, de una lluvia promedio de la serie de máximos diarios anuales de precipitación en 24 horas. Para la condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a utilizar en este escenario debe ser como mínimo el $1/2$ de la aceleración pico del terreno (PGA_{EF}).
- Escenarios de desmantelamiento y abandono (Cierre y Post-cierre): corresponde a la configuración final y definitiva de los taludes/túneles/galerías que quedarán una vez terminadas las intervenciones de la mina. Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre el talud, de una lluvia máxima diaria anual con periodo de retorno de 100 años. Para la condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a

utilizar en este escenario debe ser $2/3$ de la aceleración pico del terreno (PGA_{EF}).

Para todos los escenarios de análisis, el valor de PGA_{EF} al que se hace referencia corresponde al valor de PGA obtenido del estudio de amenaza sísmica, afectado por los factores de amplificación definidos en el estudio de efectos locales, cuando haya sido necesario llevar a cabo dicho estudio. Si las condiciones del perfil de suelo no hacen necesaria la elaboración de un estudio de efectos locales, se considera que PGA_{EF} corresponde al mismo valor de PGA obtenido del estudio de amenaza sísmica.

Se entiende por condición extrema, un fenómeno inusual que pueden experimentar los taludes y laderas de la mina como lo son: (1) aumento del nivel freático y saturación de la masa de suelo y roca por la ocurrencia de lluvias extremas o (2) sismo. No se considera necesario evaluar la estabilidad bajo la superposición de los dos eventos extremos anteriores.

Se deberá considerar escenarios de riesgo que incluyan eventos relacionados con fugas y derrames de hidrocarburos y sustancias peligrosas, así como los posibles sucesos finales que deriven en incendios de tipo estructural y sobre las coberturas vegetales. Como resultado de estos análisis se debe presentar las posibles áreas de afectación a escala 1:5.000 o más detallada según corresponda.

Con base en esta información se debe desarrollar el siguiente proceso:

a. Identificación, caracterización, análisis y evaluación de eventos amenazantes

Se deben identificar las amenazas endógenas y exógenas, en las fases del proyecto, que puedan generar afectación sobre los elementos expuestos. Se deben considerar los siguientes eventos amenazantes:

- Eventos amenazantes extremos generados por la variabilidad climática.
- Eventos amenazantes de origen antrópico.
- Eventos amenazantes de origen natural que puedan desencadenar riesgos directos e indirectos no previstos.
- Eventos amenazantes socio-naturales.
- Eventos amenazantes operacionales producto de las actividades del proyecto.

En el proceso de conocimiento del riesgo, en la caracterización y valoración de las amenazas, se debe integrar los resultados del modelo de variabilidad climática retrospectivos desarrollado en el Plan de Gestión de Cambio Climático y demás información que se considere con el tipo de proyecto.

b. Estimación de áreas de afectación por la materialización de eventos amenazantes

Se deben estimar las áreas de afectación para cada uno de los eventos amenazantes identificados en condición de amenaza y/o de afectación para cada uno de los eventos amenazantes identificados definiendo y georreferenciando dichas áreas para los diferentes escenarios de riesgo.

Presentar los resultados en mapas de consecuencias que diferencie los escenarios de riesgo analizados e integre la identificación de los elementos expuestos, incluyéndolos en el modelo de almacenamiento de datos geográficos, de conformidad con lo establecido en el Modelo de Datos Geográficos – ANLA, Resolución 2182 de 2016.

c. Identificación de elementos expuestos y análisis de vulnerabilidad

Identificar y caracterizar elementos expuestos, según la identificación de las áreas de afectación para los eventos amenazantes definidos. En el caso que las áreas de posible afectación trasciendan del área de influencia del proyecto, se debe realizar el levantamiento de información necesaria para su caracterización, especialmente enfocada en los elementos expuestos identificados.

Realizar el análisis de vulnerabilidad sobre los elementos indicados en la MGEPEA.

d. Identificación, caracterización, análisis y evaluación de escenarios de riesgo

Teniendo en cuenta las fases del proyecto las características de los elementos expuestos (con su vulnerabilidad) y los posibles eventos amenazantes, se deben identificar y caracterizar los escenarios bajo los cuales pueden materializarse dichos eventos amenazantes.

Para el análisis se deben tener en cuenta:

- Los equipos, las actividades y/o procesos involucrados en las fases de construcción, operación, clausura y posclausura.
- El tipo de evento amenazante involucrado (de origen natural, antrópico, socio-natural u operacional).
- Los eventos amenazantes para escenarios tipo.
- La probabilidad de ocurrencia de cada evento amenazante.
- Análisis de consecuencias asociadas a la naturaleza de la actividad a licenciar.

Con la información antes mencionada se debe realizar un análisis que permita estimar los riesgos ambientales, sociales y socioeconómicos que puedan afectar las fases de ejecución del proyecto.

Se deben realizar los análisis de riesgo para cada una de las fases del proyecto.

En el proceso de conocimiento del riesgo, en la caracterización y valoración de las amenazas, se debe integrar los resultados del modelo de variabilidad climática retrospectivos desarrollado en el Plan de Gestión de Cambio Climático y demás información que se considere con el tipo de proyecto.

e. El monitoreo del riesgo

El monitoreo debe contemplar como mínimo lo siguiente:

- Los eventos amenazantes identificados
- Protocolos o procedimientos de notificación previos a una situación de emergencia.

12.3.2 Reducción del riesgo ambiental

El Plan de reducción del riesgo debe involucrar las medidas de prevención (prospectivas) y mitigación (correctivas) que deberán diferenciarse en tipo estructural y no estructural, que se adoptarán con el fin de disminuir la probabilidad de materialización de los eventos amenazantes identificados y analizados en el proceso de conocimiento del riesgo y la exposición de los elementos expuestos al riesgo; el plan debe presentarse de acuerdo con lo indicado en la MPEGEA.

Para las medidas definidas para la reducción del riesgo ambiental se debe analizar y señalar aquellas que pueden atender o generar integralidad con adaptación al cambio climático en caso en que aplique de acuerdo con el tipo de proyecto.

12.3.3 Manejo de la contingencia

El objetivo principal del Plan de respuesta de la contingencia es generar medidas de prevención, control y atención ante potenciales situaciones de emergencia derivadas de la

materialización de riesgos previamente identificados⁵⁷; así mismo, este plan debe permitir identificar estrategias para la intervención y reducción del riesgo. Su contenido mínimo es el siguiente:

a. Componente de preparación para la respuesta

Es el conjunto de acciones previas a la respuesta ante una contingencia, el cual debe contener lo siguiente:

- Información asociada a los procesos de capacitación asociado a la respuesta a emergencias.
- Equipamiento para la atención de eventos.
- Determinar las prioridades de protección.
- Planeación y organización.
- Reporte de la contingencia.
- Ejercicios de simulaciones y simulacros.

b. Componente de ejecución para la respuesta a contingencias

Establece los niveles de contingencia, los actores, instancias de coordinación y estructuras de intervención; asimismo, señala la articulación de la respuesta con actores internos y externos. Establece protocolos y procedimientos de respuesta para cada tipo de contingencia, para lo cual se determina la necesidad de la aplicación de instrumentos de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales (EDANA)⁵⁸.

c. Componente de preparación y ejecución de la recuperación ambiental

Es el conjunto de acciones planeadas y ejecutadas para la recuperación ambiental, comprende entre otras actividades, las siguientes:

- Monitoreo de los medios abiótico, biótico o socioeconómico afectados.

⁵⁷ República de Colombia, Congreso de Colombia. Ley 9 de 1979. Título I. De la protección del medio Ambiente.

⁵⁸ La Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales (EDANA) es una herramienta utilizada para conocer el grado de afectación que la población y los recursos naturales han sufrido, por una contingencia en un lugar y tiempo determinado; es decir, se utiliza para evaluar los daños y priorizar necesidades, por medio de la identificación y registro cualitativo de la extensión, gravedad y localización de los efectos de la contingencia (Adaptado de Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD).

- Restablecimiento de los ecosistemas afectados por la contingencia a las condiciones que se tenían antes de ocurrencia de esta⁵⁹.
- Restablecimiento de los servicios.
- Planteamiento de las medidas de compensación cuando no es posible restablecer las condiciones que se tenían antes de la ocurrencia de esta.
- Reporte del avance del plan de recuperación ambiental conforme a lo establecido en la Resolución 1767 de 2016 o aquella que la modifique o sustituya.
- Seguimiento teniendo como referencia la caracterización ambiental del área de influencia del medio abiótico, biótico y socioeconómico o el estado del medio antes de la ocurrencia de la contingencia.

12.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Partiendo de la información consignada en el EIA, la elaboración y desarrollo del PGCC debe articular los numerales: i) Descripción del proyecto, ii) Caracterización ambiental, iii) Evaluación ambiental, iv) Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, v) Plan de manejo ambiental y, vi) Dimensión ambiental del plan de gestión del riesgo.

Asimismo, con el fin de incorporar consideraciones de adaptación al cambio climático, se debe emplear la información sobre amenazas hidrometeorológicas de la dimensión ambiental del plan de gestión del riesgo para desarrollar el análisis del riesgo climático y formular medidas de adaptación.

Si se identifica que una de las medidas de manejo de los impactos del proyecto obra o actividad es también una medida de mitigación de GEI o de adaptación al cambio climático, es necesario señalarla en el Plan de Manejo Ambiental para facilitar el proceso de evaluación de la autoridad ambiental y la cuantificación y seguimiento a las metas durante la ejecución del proyecto, en caso de que se otorgue licencia ambiental.

El plan de gestión de cambio climático debe contener como mínimo lo siguiente:

12.4.1 Inventario de emisiones de gases efecto invernadero

Estimar las emisiones de los gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) o

⁵⁹ cuando se presenten afectaciones al recurso pesquero, derivadas de contingencias ambientales asociadas al desarrollo de un POA, se deberá consultar el Manual para el conteo y valoración del recurso pesquero

hexafluoruro de azufre (SF₆), entre otros GEI, para las diferentes etapas del proyecto, que además incluya las actividades transversales, para este inventario presentar:

- Identificar sus fuentes de emisión de GEI considerando entre otras, la quema de combustibles, emisiones de procesos industriales y de fabricación, emisiones fugitivas, emisiones asociadas a residuos y a cambios de uso de suelo, emisiones asociadas a energía comprada o adquirida, así como otras significativas.
- En caso de que la estimación de algún GEI no aplique, se debe suministrar el soporte técnico basado en las actividades que desarrollará el proyecto, obra o actividad.
- La estimación de GEI debe realizarse por etapas, considerando la preconstrucción, construcción, operación, desmantelamiento y cierre ambiental, con la mayor información disponible en cada fase.
- Anexar los archivos en formato Excel asociados a las estimaciones de gases de efecto invernadero, formulados y sin protección de ningún tipo, incluyendo en ellos como mínimo los datos de actividad, factores de emisión, suposiciones empleadas, fuentes de información y emisiones calculadas.
- Emplear factores de emisión específicos para el caso colombiano, siempre que estén disponibles.
- En caso de obtener el instrumento de manejo y control ambiental y una vez el proyecto inicie actividades, la estimación de GEI debe realizarse con la frecuencia establecida en el acto administrativo. Asimismo, debe ser objeto de verificación por tercera parte establecida en el acto administrativo.

12.4.2 Metas y medidas de mitigación de GEI

Establecer medidas de mitigación de GEI a partir de las características del POA y de las condiciones ambientales de su área de influencia. Se debe tener en cuenta que este incremento en la cantidad de GEI asimilada en el área de influencia debe ser adicional a la que se logra con las compensaciones del medio biótico previstas para el desarrollo del proyecto, obra o actividad.

En la formulación de las medidas de mitigación de GEI debe garantizar la implementación de acciones a lo largo del proyecto. Esto incluye la etapa de desmantelamiento y cierre, en esta se deben considerar medidas específicas que reduzcan las emisiones generadas por el retiro de infraestructura, la gestión de residuos, asegurando que el proyecto concluya con el menor impacto posible sobre el clima. Para esta última etapa las medidas pueden relacionarse en el Plan de Desmantelamiento y Cierre Ambiental.

Las metas de mitigación de GEI deben establecerse por etapa del proyecto, considerando el inventario de emisiones.

- Se debe realizar proyección de las emisiones de Gases Efecto Invernadero en el escenario sin medidas de mitigación y con medidas de mitigación con una proyección mínima de 10 años o para toda la vida útil del proyecto si es inferior a dicha temporalidad.
- Se deben formular medidas de mitigación de GEI cuyo propósito sea disminuir la cantidad de las emisiones atmosféricas de estos gases que se generarían con la ejecución del proyecto, obra o actividad.
- Se debe especificar si las medidas corresponden a mitigación de GEI o a compensación de GEI⁶⁰, y establecer metas diferenciadas según la etapa del proyecto, asegurando su actualización.
- Las metas de mitigación se establecen a partir de la diferencia que resulte entre la emisión de GEI para el escenario BAU⁶¹ (escenario de ejecución del proyecto sin medidas de mitigación de GEI) y la emisión de GEI para el escenario de ejecución del proyecto con la aplicación de medidas de mitigación. La meta de reducción de GEI debe estar alineada con las metas país⁶²

Para cada una de las medidas de mitigación de GEI se debe establecer lo siguiente:

- Nombre.
- Objetivo
- Hipótesis de mitigación.
- Meta relacionada con cada objetivo en términos del potencial de mitigación en toneladas de CO_{2e}. Deben especificar los resultados finales y parciales esperados mediante la aplicación de la medida para cada fuente identificada en el inventario de emisiones de GEI.

⁶⁰ Considerando la compensación como último recurso, cuando no sea posible mitigar las emisiones de GEI en el proyecto. Las compensaciones fijadas desde el plan de compensaciones del medio biótico y el plan de manejo ambiental no pueden emplearse para compensar las emisiones de GEI.

⁶¹ BAU: Business as usual, por sus siglas en inglés. En español se entiende como el escenario convencional.

⁶² Colombia se comprometió a reducir en un 51 % las emisiones de Gases de Efecto Invernadero al año 2030, lo cual fue establecido en La Ley 2169 de 2021 *“Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones”*. En caso de actualización de la meta país, se debe ajustar la meta.

- Descripción de la medida y sus acciones
- Limitantes de implementación de la medida.
- Lugares de implementación.
- Beneficios de implementación.
- Fases del proyecto, obra o actividad en las que se prevé su implementación.
- Cronograma de implementación, señalando fechas de inicio y finalización.
- Estimativo de los recursos (humanos, técnicos y tecnológicos, maquinaria y equipos, materiales, entre otros) y costos necesarios para la implementación de cada acción.
- Indicador de avance y eficacia de implementación⁶³.

12.4.3 Emisiones evitadas

Relacionar de manera específica y detallada en un archivo en formato EXCEL o CSV la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas atribuibles al POA, entendidas como el beneficio climático neto obtenido al comparar un escenario de referencia (BAU) frente al escenario con proyecto, bajo supuestos homogéneos, límites del sistema claramente definidos y un horizonte temporal consistente con las fases del proyecto. Para lo cual se deberá:

- a) **Estructurar la estimación por fases del proyecto**, presentando como mínimo resultados para construcción y operación (y para cierre o abandono cuando aplique), e identificando las actividades y fuentes relevantes en cada fase.
- b) **Plantear dos escenarios prospectivos comparables** por fase y/o etapa del proyecto, así:
 - **Escenario 1 (BAU)**, correspondiente a la ejecución del POA con alternativas tecnológicas y operativas convencionales aplicables.
 - **Escenario 2 (Con proyecto)**, correspondiente a la configuración real propuesta

⁶³ El indicador de cada medida debe formularse teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del presente capítulo.

para licenciamiento, incorporando las decisiones de diseño y selección tecnológica que reducen emisiones.

- c) **Definir los criterios y supuestos de la comparación**, describiendo y documentando para ambos escenarios y por fase del proyecto el alcance de la estimación (fuentes, actividades y procesos incluidos y excluidos), los límites del sistema (procesos considerados dentro y fuera del proyecto), el periodo de análisis (construcción y un año representativo de operación y, cuando aplique, cierre o abandono) y los supuestos y parámetros que condicionan los resultados (por ejemplo, demanda energética, horas de operación, factores de carga, vida útil considerada, rendimientos, distancias, consumos específicos y tasas de reemplazo), de manera que la comparación entre BAU y proyecto se realice con criterios equivalentes. Para cada supuesto o parámetro se deberá indicar la fuente de información y el sustento técnico y, cuando aplique, el rango o criterio de selección adoptado, de forma que el ejercicio sea verificable y reproducible.
- d) **Cuantificar y presentar las emisiones evitadas**, calculándolas como *Emisiones evitadas = Emisiones BAU – Emisiones con proyecto*, y reportando los resultados de la siguiente forma:
- Para construcción, por año o por periodos representativos, de acuerdo con el cronograma de obras.
 - Para operación, como mínimo para un año representativo de operación (primer año o año típico) y, cuando sea pertinente, para hitos de cambio de capacidad o tecnología.
- e) **Diferenciar las reducciones asociadas al diseño base y a medidas adicionales**, teniendo en cuenta que las reducciones derivadas de decisiones incorporadas desde la concepción y diseño del proyecto se reflejarán en el cálculo de emisiones evitadas frente al BAU, mientras que las optimizaciones posteriores o medidas adicionales, según la Solicitante lo considere necesario, podrán reportarse de forma separada como reducciones del escenario con proyecto, indicando el escenario de comparación correspondiente y evitando registrarlas simultáneamente como emisiones evitadas.
- f) **Precisar el criterio de actualización en seguimiento**, estableciendo que la actualización periódica anual de los resultados y de los supuestos asociados deberá abordarse en el marco del programa de seguimiento del PGCC y del reporte del proyecto, conforme a lo establecido en el instrumento de manejo y seguimiento ambiental.

12.4.4 Adaptación al cambio climático

A partir de las directrices más recientes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y considerando la disponibilidad de información climática y meteorológica, el análisis de adaptación al cambio climático deberá sustentarse en modelos de variabilidad climática retrospectivos y en la identificación prospectiva de eventos climáticos extremos para el área de influencia del proyecto, obra o actividad.

Este análisis deberá permitir determinar las tendencias asociadas a alteraciones en los patrones de variabilidad climática; la identificación de eventos climáticos extremos actuales y futuros (p. ej. olas de calor, tormentas intensas, precipitaciones extremas, sequías u otros relevantes según el contexto territorial) y establecer los efectos potenciales de dichos eventos sobre los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos del área de influencia del proyecto.

12.4.4.1 Escenarios de variabilidad y cambio climático

Se debe desarrollar un análisis de variabilidad y cambio climático utilizando al menos 2 escenarios disponibles de las trayectorias SSP (CMIP6), y al menos uno de los periodos futuros. Este análisis debe integrarse a las modelaciones ambientales existentes en la caracterización del proyecto, obra o actividad, así como a lo establecido en la Dimensión Ambiental del Plan de Gestión de Riesgos, con el fin de formular medidas de adaptación apropiadas al proyecto y a las condiciones ambientales de su área de influencia.

Se debe incorporar al análisis los resultados de la Dimensión Ambiental del Plan de Gestión del Riesgo, con el fin de ampliar la visión de las potenciales vulnerabilidades y así desarrollar estrategias más efectivas de prevención de los impactos asociados.

A partir de las directrices más recientes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y de acuerdo con la disponibilidad de datos climáticos y meteorológicos de los Modelos Globales de Circulación (GCM), se debe:

- Desarrollar modelos de variabilidad climática retrospectivos e identificar eventos extremos en prospectiva para el área de influencia del proyecto, obra o actividad que permitan determinar las tendencias relacionadas con las alteraciones de patrones de variabilidad climática, la identificación de eventos extremos (p. ej. olas de calor, tormentas intensas y precipitaciones extremas) y establecer efectos asociados a los fenómenos de variabilidad climática analizados.
- Los modelos deben emplear como variables de entrada la información sobre el comportamiento histórico de temperaturas y precipitaciones, como mínimo en un

periodo de 20 a 30 años.

-
- Los escenarios de cambio climático seleccionados deben cubrir al menos un periodo futuro analizado (2040, 2070 y 2100), destacando que los datos deberán ser ajustados en lo posible con datos observados y adicional se deberá justificar adecuadamente la fuente de información de los datos observados y de los escenarios de cambio climático utilizados.

Para el **componente hidrológico**, se deben completar los análisis allí presentados con un modelo prospectivo de cambio climático.

- El modelo debe emplear como variables de entrada la información de la precipitación y la temperatura.
- Presentar la fuente de información de los datos históricos y de los escenarios de cambio climático utilizados en el modelo cambio climático.
- Acoplar los registros del Modelo de Circulación Global - GCM con la modelación hidrológica y de esa forma estimar series diarias y/o mensuales de caudales superficiales para cada una de las cuencas definidas acorde a los puntos de interés del POA
- Realizar un análisis espacial y temporal de los caudales de interés como medios, mínimos, máximos, ambientales bajo escenarios de cambio climático.
- Las series de caudales obtenidas de la modelación hidrológica deben alimentar la modelación hidro sedimentológica y de calidad de agua que sea requerida para la evaluación de puntos de interés como puntos de captación, vertimiento y/u ocupación de cauce bajo escenarios de cambio climático. Así mismo se deberá tener en cuenta los cambios en las velocidades de reacción derivada de las variaciones en las temperaturas para estos escenarios de cambio climático.
- Presentar los resultados de caudales, profundidades, elevaciones, concentraciones de sedimentos en suspensión, zonas de erosión y/o sedimentación, y concentraciones de los parámetros de calidad de agua de interés distribuidos espacialmente acorde a la dimensionalidad seleccionada en el ejercicio de modelación (ó acorde a los cambios en la precipitación y temperatura de los escenarios SSP modelados).

Para el **componente hidrogeológico** la estimación de la recarga potencial a los acuíferos, para proyectos, obras o actividades con una vida útil superior a 15 años, debe contemplar los escenarios prospectivos de cambio climático en sus cálculos, donde se consideren los cambios que se pueden generar en el área de influencia del proyecto en relación con la precipitación, temperatura, evapotranspiración y usos del suelo, que alteran directamente la recarga potencial.

Los resultados de la recarga potencial para los diferentes escenarios prospectivos de cambio climático deben ser considerados en el desarrollo de los modelos hidrogeológicos numéricos que se realicen en el marco de la identificación de las posibles afectaciones sobre el recurso. Lo anterior aplica para aquellos proyectos, obras o actividades que presenten un modelo hidrogeológico numérico.

Se debe presentar el informe del modelo con los datos de entrada indicando los años utilizados, los modelos contemplados y el mapa que muestra los resultados obtenidos del cálculo de la recarga para escenarios de cambio climático.

Para el **medio biótico**, (solo en caso de identificar ecosistemas estratégicos o ecosistemas acuáticos o terrestres dentro del área de influencia del proyecto con impactos significativos) de acuerdo con la identificación de ecosistemas estratégicos dentro del área de influencia biótica relacionados con las *Áreas de Especial Interés Ambiental* se deberá presentar lo siguiente:

- Aplicar un modelo que estime la distribución potencial de especies de fauna o flora sensibles ante los cambios de temperatura y precipitación (preferiblemente especies especialistas en dichos ecosistemas)
- El modelo de distribución potencial de especies debe desarrollarse tanto para el escenario actual como su proyección o transferencia del modelo bajo escenarios de cambio climático, los cuales serán los mismos que se utilicen en el componente abiótico.
- Si la transferencia del modelo conlleva la necesidad de extrapolación del modelo debido a la existencia de condiciones no-análogas, es necesario seleccionar un método de extrapolación adecuado y realizar un análisis de climas análogos para verificar la potencia del modelo.
- Se debe presentar un análisis de afectación en los ecosistemas estratégicos teniendo en cuenta los escenarios seleccionados de SSP. Asimismo, se debe evaluar en proyectos continentales la viabilidad del permiso de aprovechamiento forestal o de otros permisos dada la afectación a ecosistemas acuáticos en los sitios susceptibles de intervención.
- Se deben entregar los archivos fuente, los ejecutables, así como también los insumos para la ejecución del programa en formato digital (condiciones iniciales, datos de entrada, etc.). De la misma forma se deben entregar los resultados en el formato en que el programa los arroje.

12.4.4.2 Evaluación del riesgo climático

La evaluación del riesgo por cambio climático deberá realizarse mediante la selección de una metodología que mejor se ajuste a las condiciones del proyecto, que sea aplicable a las condiciones ambientales del área de influencia y a las características del POA, la cual debe ser descrita y justificada técnicamente. Asimismo, la información empleada para sustentar dicha metodología debe provenir principalmente de fuentes primarias —como encuestas de percepción, toma directa de datos y demás actividades de recolección en campo— priorizando estas sobre las fuentes secundarias.

Se deberá presentar un mapa que muestre el grado de riesgo por cambio climático, resultado de la estimación del riesgo por cambio climático, abordado desde una perspectiva geográfica. Se recomienda consultar los lineamientos del IPCC por medio del IDEAM como autoridad que representa a Colombia ante dicho grupo de expertos

12.4.4.3 Amenazas climáticas

Identificar y caracterizar las amenazas climáticas asociadas a cambios en precipitación y temperatura, actuales y futuras, que puedan presentarse en el área de influencia del proyecto, considerando escenarios de variabilidad y cambio climático.

12.4.4.4 Elementos expuestos dentro del área de influencia.

Determinar de manera cuantitativa y cualitativa el nivel de exposición de los elementos considerando la frecuencia de la exposición, la magnitud de las amenazas climáticas identificadas y el valor, importancia y criticidad del elemento expuesto; este análisis puede considerar información secundaria, recorridos de campo, entrevistas a grupos de interés u otros métodos de recolección de información primaria, así como instrumentos de ordenamiento ambiental y territorial.

12.4.4.5 Vulnerabilidad al cambio climático

La evaluación de la vulnerabilidad deberá incluir:

- Un análisis cuantitativo y cualitativo de la susceptibilidad intrínseca de cada elemento expuesto frente a las amenazas climáticas identificadas, considerando posibles daños y atributos hidrológicos o de los ecosistemas.

- La identificación y análisis de los elementos asociados a la disponibilidad de infraestructura, recursos tecnológicos capacidades institucionales, como insumo para evaluar la capacidad adaptativa.

La estimación y análisis de la vulnerabilidad al cambio climático, integrando la sensibilidad climática y la capacidad adaptativa del proyecto y su entorno.

- La descripción clara del método cuantitativo o cualitativo empleado para estimar la vulnerabilidad.

12.4.4.6 Medidas de adaptación al cambio climático

Establecer medidas de adaptación al cambio climático a partir de los resultados del análisis de vulnerabilidad, análisis de resiliencia, estimación del riesgo por cambio climático y resultados del proceso de participación con los grupos de interés del AI, lo anterior para los riesgos de mayor grado de afectación estimados.

Las medidas deben formularse bajo un enfoque integral que, a partir de las condiciones particulares del proyecto y de su área de influencia, combine coherentemente diferentes acciones; también, teniendo en cuenta el contexto ecosistémico. En la formulación de las medidas se deberá integrar y considerar la información, lineamientos y metas establecidos en los instrumentos territoriales de cambio climático y gestión del riesgo aplicables al área de influencia del proyecto, garantizando coherencia con los Planes Territoriales de Gestión del Cambio Climático o instrumentos equivalentes, los Planes Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo, los Planes de Ordenamiento Territorial y sus determinantes ambientales relacionadas con el clima, así como con las estrategias y planes sectoriales territoriales vigentes en materia climática, asegurando la alineación técnica del proyecto con las prioridades y acciones definidas a nivel territorial.

En la formulación de las medidas de adaptación al cambio climático debe garantizar la implementación de acciones a lo largo del proyecto. Esto implica considerar la etapa de cierre, desmantelamiento y abandono, incorporando medidas que aseguren la reducción de riesgos climáticos asociados al retiro de infraestructura y a la rehabilitación del área intervenida. Para esta última etapa las medidas pueden relacionarse en el Plan de cierre, desmantelamiento y abandono.

Para la presentación de cada una de las medidas de adaptación al cambio climático se debe definir:

- Nombre.

- Objetivo
- Meta relacionada con cada objetivo.
- Descripción de la medida y sus acciones.
- Limitantes de implementación de la medida.
- Lugares de implementación.
- Beneficios de implementación.
- Tipo o enfoque de la medida de adaptación.
- Dimensión de la última comunicación en adaptación de país disponible a la cual se asocia.
- Fases del proyecto, obra o actividad en las que se prevé su implementación.
- Amenaza climática que atiende.
- Impacto relacionado.
- Cronograma de implementación, señalando fechas de inicio y finalización.

Especificación del sistema de monitoreo, evaluación y seguimiento de la medida de adaptación, Incluyendo los indicadores de seguimiento

12.3 PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO

De acuerdo con el artículo 2.2.2.3.5.1 numeral 10 del Decreto 1076 de 2015, todo EIA debe incluir un plan de desmantelamiento y abandono, en el que se verán reflejadas las acciones técnicas, ambientales, financieras y sociales definidas para atender el final de la vida útil del proyecto, incluyendo el aprovisionamiento de recursos para tal fin y/o sus garantías (artículo 24 Ley 1753 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya).

El Plan de Desmantelamiento y Abandono, conocido como Plan de Cierre en el ámbito de la explotación minera, representa un documento crucial dentro del ciclo de vida de estos proyectos. El Plan de Cierre Minero (en adelante, PCM) se considera, como una herramienta dinámica fundamental para lograr los objetivos de control y mitigación de los impactos negativos sobre el ambiente natural y el entorno social y deberá ser elaborado tomando en cuenta las características de los diferentes tipos de cierre que se presentan en la vida útil del proyecto⁶⁴ minero.

El cierre del proyecto minero va más allá del agotamiento del recurso explotado, de esta manera el PCM debe ser ordenado, seguro, responsable, técnico y debe permitir que se recupere el área intervenida con condiciones aptas para el desarrollo de actividades futuras dentro de la planeación del territorio, involucrando a las comunidades y actores territoriales

⁶⁴ Vida útil del proyecto: hace referencia a la construcción, montaje, operación, mantenimiento, cierre y post-cierre del proyecto minero.

del área de influencia del proyecto.

El Estudio de Impacto Ambiental debe contener un PCM inicial en donde se planteen actividades para cada uno de los tipos de cierre presentes durante la vida útil del proyecto (temporal, progresivo, anticipado, final) y las actividades para el postcierre. El titular de la licencia ambiental debe entregar cada cinco (5) años, o en un tiempo menor si la autoridad ambiental así lo requiere, la actualización y avance del PCM para evaluación y aprobación por parte de esta.

En la figura 4. Se presentan los 4 tipos generales de cierre que se pueden presentar en la vida útil de una explotación minera de gran y mediana escala, y que el solicitante debe relacionar en el PCM que se entrega en el EIA a la autoridad ambiental competente.

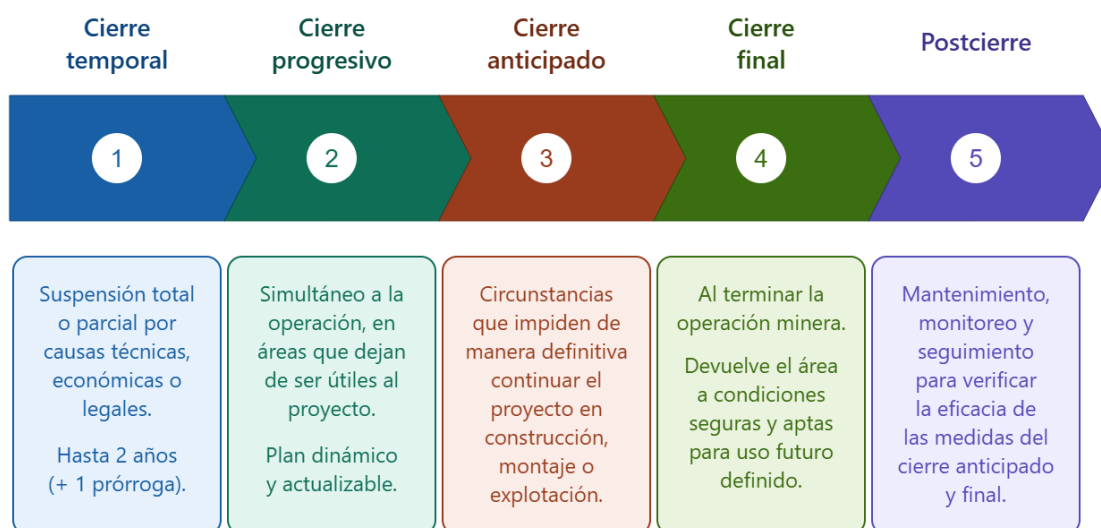


Figura 4. Tipos de cierre minero presentes durante el ciclo de vida de los proyectos mineros de mediana y gran escala.

En tanto se expiden los términos de referencia específicos para la elaboración del plan de cierre minero se deberán seguir los lineamientos aquí establecidos.

12.3.1 Plan de cierre minero - PCM.

El cierre minero contemplará el desmantelamiento y/o demolición de las instalaciones provisionales y específicas implementadas para el desarrollo del proyecto de acuerdo con la proyección del uso final del suelo, la implementación de estas actividades debe evitar

impactos sobre el paisaje y mejora de la percepción de la comunidad sobre el área intervenida, siendo uno de los determinantes para establecer los usos post-minería.

El objetivo general del cierre de la mina es asegurar, la estabilidad física y química del área intervenida, el uso seguro y apto del área posterior a la explotación y el cumplimiento de las actividades sociales propuestas en el PMA, buscando que al finalizar la vida útil del proyecto, el cierre de sus actividades y abandono de sus instalaciones se haya desarrollado paulatinamente, garantizando el menor impacto ambiental residual, beneficios para el desarrollo local y el bienestar de las comunidades del área de influencia, así como de los ecosistemas circundantes.

La información a entregar por el solicitante debe tener en cuenta:

- Cuando se trate de áreas vecinas correspondientes a otros títulos mineros, los titulares de la licencia ambiental podrán coordinar sus respectivos PCM, proyectando que el cierre del proyecto más reciente se acople con los PCM aprobados, la propuesta debe desarrollar criterios regionales que conlleven una misma destinación del uso del suelo de acuerdo con el ordenamiento ambiental y territorial buscando garantizar la funcionalidad y homogeneidad en el manejo paisajístico de los proyectos ya licenciados.
- Se debe incluir un cronograma donde se refleje la implementación de medidas para cada tipo de cierre (progresivo, temporal, anticipado y final) y estas deben estar acorde con el desarrollo de la operación planteada en el capítulo de descripción del proyecto, y debe actualizarse cada cinco (5) años indicando los ajustes, modificaciones, valoraciones y precisiones más relevantes respecto al diseño definitivo del cierre minero. El cronograma debe contener año a año el área proyectada para avanzar en el proyecto, el área liberada para recuperación y las áreas recuperadas.
- Debe incluir las acciones tendientes al mejoramiento en la eficiencia del uso de recursos naturales y los materiales durante el cierre, partiendo del conocimiento previo de la caracterización del depósito mineral y de los residuos generados durante el desarrollo del proyecto. Las acciones se pueden enfocar en:
 - ✓ Aprovechar los residuos mineros (estériles, colas-relaves, escorias) tomando como referencia la caracterización de estos e implementando estrategias de economía circular en función del potencial de aprovechamiento de cada tipo de residuo.
 - ✓ Implementar actividades que reduzcan emisiones contaminantes de efecto invernadero, contaminantes climáticos de vida corta y el uso de sustancias tóxicas

y/o peligrosas dentro de las diferentes actividades del proyecto.

- ✓ Desarrollar actividades para el uso eficiente del agua y la energía.
- Presentar el plan de gestión del riesgo para las actividades propuestas frente al cierre teniendo en cuenta las amenazas endógenas y exógenas y los elementos expuestos además de lo indicado en el Artículo 2.3.1.5.2.1.1 del Decreto 1081 del 2015 adicionado por el Decreto 2157 de 2017 y el Decreto 1076 de 2015 en el Artículo 2.2.2.3.5.1, Numeral 9 y el Artículo 2.2.2.3.9.3 o aquellos que los modifiquen o sustituyan, este plan de gestión de riesgo debe ser actualizado de manera conjunta con la actualización del plan de cierre cada 5 años.
- Formular la propuesta de la destinación del uso del suelo para el post-cierre del proyecto minero teniendo que considere los objetivos de los instrumentos de ordenamiento territorial y ambiental⁶⁵, vocación del suelo, y las prioridades o necesidades socio económicas de los grupos de valor del área de influencia, basada en los resultados de las socializaciones del proyecto con los mismos y su retroalimentación.

La mencionada propuesta debe estar orientada a permitir la reconversión productiva dependiendo de las características de la zona, la reutilización de los activos mineros, considerar actividades de cambio climático y fomentar las inversiones en el territorio, para lo anterior se puede tomar como ejemplo la metodología LURA (<https://lurademo.geosysta.com/>) o la que el usuario justifique y considere pertinente y aplicable para las condiciones particulares del proyecto y que incluya entre otros los siguientes aspectos:

- ✓ Permitir, sobre la base de las características del terreno y considerando sus limitaciones, la restauración de suelos degradados para destinarlos a un uso o usos productivos y/o de conservación.
- ✓ Como se llevará a cabo la reutilización de los activos mineros para otras actividades económicas.
- ✓ La evaluación efectiva del potencial de reconversión o diversificación del área en donde se realizó la explotación minera.
- ✓ Considerar un proceso objetivo de recopilación y evaluación de datos, así como de naturaleza participativa, que ayuden a generar y fomentar la confianza y el

⁶⁵ POT, EOT, PBOT, POMCAS, Planes de Gestión del Riesgo Municipal, Entre Otros.

consenso entre los grupos de valor.

- De ser necesaria y autorizada por parte de la autoridad ambiental competente la sustracción de un área protegida en el desarrollo de la actividad minera, el Plan de Cierre estará orientado a que el área sustraída recupere su vocación anterior.
- Se debe identificar las acciones de monitoreo y seguimiento que serán implementadas posterior al cierre.
- Se debe identificar cuáles son las medidas de manejo que al finalizar el post-cierre quedarán a perpetuidad para la infraestructura remanente, tales como: mantenimiento de cercas, mantenimiento de canales perimetrales, mantenimiento de señalización, pasos de fauna, entre otros.
- Definir los mecanismos a través de los cuales todo cambio o modificación en el desarrollo de la mina, las operaciones, instalaciones y montajes mineros, conduzcan a la revaluación del plan de cierre minero y se vean reflejados en las actualizaciones de dicho plan.
- Involucrar a todos los grupos de valor del área de influencia, en particular los de orden local, a través de un proceso participativo, para lo cual se debe diseñar una estrategia de comunicación y participación, con el objeto de optimizar la toma de decisiones frente a los impactos socioeconómicos y la definición del uso del suelo post-minería, en la cual deben participar las autoridades locales, durante la fase de formulación del EIA, para la revisión de criterios de acuerdo con lo establecido en los POT, EOT, POMCAS y demás instrumentos de planificación del territorio donde se desarrollará el proyecto.

La estrategia de comunicación con los grupos de valor, en la cual se divulguen las actividades específicas del cierre debe contener como mínimo las siguientes temáticas:

- ✓ Actividades específicas para cumplir con los compromisos ambientales adquiridos con relación a permisos, autorizaciones y compensaciones.
- ✓ Descripción de la forma en que se restaurarán rehabilitarán y recuperarán las condiciones ecológicas de las áreas intervenidas por la actividad minera.
- ✓ Medidas de manejo para verificar el estado actual de la fauna terrestre e hidrobiota del área de influencia.

- ✓ Balance total de los compromisos socioeconómicos adquiridos con las comunidades del área de influencia del proyecto y las acciones para el cumplimiento pleno.
- ✓ Descripción de la forma en que se ejecutarán las medidas del cierre.
- ✓ Descripción y ubicación de la reversión de infraestructura a la autoridad correspondiente (de ser el caso).
- ✓ Fecha de devolución de áreas a la autoridad minera.
- Proyectar el desarrollo de actividades que garanticen, establezcan y promuevan procesos formativos y de capacitación para los trabajadores del proyecto, encaminados a lograr una sostenibilidad luego del cierre de la mina, para lo cual la empresa deberá desarrollar como mínimo:
 - ✓ Formación en oficios de acuerdo con las habilidades y conocimiento de la comunidad y las características del territorio que permita la sostenibilidad económica posterior al cierre del proyecto minero.
 - ✓ Capacitación técnica en formulación, y ejecución de proyectos productivos, que permita establecer negocios que, además de suplir la demanda del proyecto, puedan relacionarse con el desarrollo de la región, así como potencializar sectores de la economía, y de esta forma, dinamizar el comercio local.

Es importante que estos procesos se ejecuten con todos los grupos de valor del área de influencia cuya actividad económica sea dependiente del proyecto minero

- Presentar el análisis de costos de las medidas a implementar en el cierre y post cierre del proyecto. El usuario debe aplicar una metodología que evalúe entre otros los siguientes aspectos:

Horizonte de tiempo de las obras: Para la determinación de los costos del plan de cierre, se debe dimensionar las instalaciones remanentes y no remanentes al fin de su vida útil. Se debe considerar el cierre de instalaciones de manera progresiva y así reducir el impacto ambiental y económico.

Enfoque de tercerización de las obras: El cálculo del costo de cierre y post-cierre debe evaluar dos escenarios el primero que el titular, sea quien ejecute las obras, y un segundo escenario en el cual el titular del proyecto contrate a un

tercero que ejecute las obras que implementen las medidas de cierre.

Escenario más conservador: Para decidir la obra de cierre a ejecutar se debe optar por la más segura, para las personas y ambiente, por sobre cualquier consideración económica. Para esto debe presentarse la justificación y criterios técnicos de detalle del escenario de cierre seleccionado.

Mejora continua del nivel de ingeniería y no regresividad: El nivel de exactitud de la ingeniería para la ejecución de las medidas de cierre y post-cierre debe ir en aumento, desde el Cierre Inicial al Final, permitiendo entregar costos más precisos con cada actualización del plan de cierre.

Los costos del cierre minero deben ser determinados considerando los costos directos, costos indirectos, donde:

Costos directos son todos los costos incurridos (mano de obra, gastos de personal, fletes, arriendo de maquinaria, etc.) para la aplicación de la medida de cierre por la cubicación de la instalación.

Costos indirectos son los asociados principalmente a la ejecución de la ingeniería necesaria, adquisiciones, administración, licitaciones, etc., necesarios para la implementación de la medida de cierre.

Costos totales de cierre es la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados a contingencias e impuestos

Los costos de post-cierre deben ser determinados considerando los costos directos de las medidas de cierre, para períodos finitos y a perpetuidad, donde:

Costos directos Los costos directos para el post cierre se calculan considerando el tiempo como un factor, es decir cuánto tiempo involucra el post cierre. Pero para este caso se utilizan fórmulas que permitirán calcular los costos bajo el concepto de “aperpetuidad” y “frecuencia”.

Costos indirectos son los asociados principalmente a la ejecución de la ingeniería necesaria, adquisiciones, administración, licitaciones, etc., necesarios para la implementación de la medida de post-cierre.

Costos totales de post-cierre es la suma de los costos directos, mantenimiento, seguimiento y control, más los costos indirectos, sumados a contingencias e impuestos de cierre y post cierre y las de perpetuidad.

- Actividades de cierre definidas para cada uno de los medios (biótico, abiótico, socioeconómico), en relación con los avances del proyecto minero, que permitan verificar el direccionamiento de las acciones hacia los objetivos definidos de cierre y uso final del suelo. Deberán corresponder con la caracterización del área de influencia, el ordenamiento del territorio y las actividades presentadas en el PTO, así como con los acuerdos definidos con los grupos de valor.
- Obras e infraestructura necesaria para la implementación del plan de cierre.
- Articulación entre la fase de operación del proyecto y las actividades planteadas para los diferentes tipos de cierres (temporal, progresivo, anticipado y final) así como para el post-cierre.
- Aspectos relacionados con la geomorfología, el paisaje, estabilidad física y química, hidrología, hidrogeología y geoquímica.
- Aspectos socio ecológicos en función de la biodiversidad y servicios ecosistémicos.
- Acciones tendientes al mejoramiento en la eficiencia del uso de recursos naturales y la aplicación de los principios de economía circular.
- Indicar las medidas relacionadas en el Plan de Gestión de Cambio Climático numeral 12.4, que contribuyan a contrarrestar los efectos del cambio climático durante el desarrollo del cierre minero.
- Presentar las estrategias que el proyecto minero adopta, de las consignadas en los lineamientos técnicos de buenas prácticas para el control de procesos de generación de drenajes ácidos. (Minenergía, 2020⁶⁶) y demás lineamientos que adopte este ministerio respecto al tema.
- El nivel de actividades de mantenimiento y seguimiento para la etapa post-cierre en cada componente, planeado para el cumplimiento de los objetivos definidos de cierre y uso final del suelo.
- Proyección económica de los costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar las actividades de cierre y post-cierre. (anexo 3)

⁶⁶ Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de drenajes ácidos mineros. Ministerio de Minas y Energía, 2020

- Cronograma de actividades.
- Propuesta para la destinación del suelo en el post-cierre del proyecto minero que articule los objetivos del POT, EOT plan de desarrollo del municipio, vocación del suelo, y necesidades socio económicas de los grupos de valor del área de influencia del proyecto, basada en los resultados de las socializaciones del proyecto con los mismos.

Aspectos especiales a considerar en el cierre temporal

El escenario de cierre temporal debe presentarse para evaluación en la etapa de licenciamiento, teniendo en cuenta que en cualquier momento un proyecto minero puede suspender temporalmente sus operaciones por caso fortuito o de fuerza mayor, o por circunstancias transitorias de orden técnico o económico (cambios en el mercado, cambios de políticas, por disposiciones legales o administrativas, por alguna contingencia u otros imprevistos).

El cierre temporal puede ser total o parcial siendo necesario que este cuente con la aprobación de la autoridad ambiental en cuanto a las medidas que desde los medios abiótico, biótico y socioeconómico, debe implementar para el mantenimiento, manejo, seguimiento y monitoreo que se realizará durante la suspensión temporal del proyecto (de llegar a suceder), las medidas deben garantizar que durante el cese de actividades no se generen afectaciones adicionales a las previstas por el proyecto o se potencialicen situaciones de riesgo.

Este tendrá una duración de hasta dos (2) años, pudiendo ser un término menor a solicitud del titular; así mismo la empresa podrá solicitar una prórroga a la autoridad ambiental por un término de un (1) año más siempre y cuando esta sea solicitada con una antelación no menor a tres (3) meses antes de finalizarse el periodo de suspensión y deberá estar fundamentada en las condiciones de suspensión anteriormente mencionadas.

Si cumplidos los tiempos de suspensión de las operaciones mineras en el cierre temporal, no es viable dar continuidad a la explotación se debe implementar inmediatamente el plan de cierre final anticipado, el cual debe contar con la aprobación de la autoridad ambiental.

Aspectos especiales a considerar en el Cierre progresivo

El cierre progresivo corresponde al cierre de las instalaciones e infraestructura minera que terminan su utilidad durante el desarrollo del proyecto antes del cierre final, para este cierre se deben presentar las medidas a implementar de manera progresiva y paralela a la explotación del mineral (fase de operación), medidas enfocadas en demolición, desmantelamiento, recuperación, restauración física, química, biótica y, socioeconómica de

las áreas intervenidas y las labores e instalaciones que van cumpliendo con su función y no se utilizarán durante el desarrollo del proyecto siendo liberadas del uso minero.

Este cierre debe contener las medidas presentes y futuras, para prevenir, minimizar o mitigar los impactos ambientales derivados de las actividades mineras, debe ser un plan dinámico y detallado que incluya la actualización progresiva a medida que avanza el proyecto minero y en el cual se verán reflejados los cambios en la actividad minera y desarrollos tecnológicos, normativos, económicos, sociales o ambientales, según corresponda a cada proyecto.

Así mismo, debe incorporar información detallada sobre los objetivos y actividades de cierre inicialmente planteados. Incluirá la descripción de las medidas propuestas para el cierre desde cada uno de los medios, según el avance de la actividad de acuerdo con el planeamiento minero. Estas actividades deben ser descritas con su correspondiente cronograma, estrategias, mecanismos y métodos de reevaluación, ajuste y actualización.

A medida que se realizan las actualizaciones al plan de cierre mediante el cierre progresivo, se debe tener mayor certeza en los objetivos y actividades del cierre final, así como de las actividades de post-cierre. En cada actualización y a medida que el proyecto se acerca al año final de operación se debe aumentar la ejecución e implementación del cierre. Por lo anterior se fijarán metas específicas bajo procesos de seguimiento y validación por la autoridad ambiental, involucrando la mayor cantidad de actividades propuestas en el plan de cierre inicial, y así lograr su total implementación durante el cierre final. Igualmente, en cada actualización se deberá presentar la evolución de los acuerdos establecidos con los grupos de valor del área de influencia del proyecto, y el avance de las metas fijadas en temas socioeconómicos.

La autoridad ambiental podrá exigir actualizaciones con una periodicidad menor a cinco (5) años o exigir actualizaciones extraordinarias, como resultado de los seguimientos realizados al proyecto en los cuales identifique el incumplimiento de los objetivos propuestos en el plan de cierre inicial o, condiciones de cierre de infraestructura que requieran mayor seguimiento.

La empresa minera deberá actualizar la totalidad de su plan de cierre cuando se presenten variaciones en el diseño y plan minero aprobado por la autoridad minera que modifiquen o presenten cambios importantes en los avances de la explotación los cuales puede ser debidos a; nuevos diseños, desarrollo de tecnologías en los métodos de explotación, modificación en los sistemas de ventilación, fortificación o tratamiento de minerales, así como necesidad de nuevas áreas de depósitos de residuos mineros, su ampliación o modificación, cambios en la producción de residuos generados por alteraciones en el yacimiento, leyes o calidad de los minerales, modificación de la vida útil de la mina, modificación de un instrumento o licencia ambiental, entre otros.

Durante el cierre progresivo y para cada una de sus actualizaciones se debe evidenciar, el aumento de la efectividad en la implementación de actividades, para este cierre se debe presentar como mínimo:

- Avance en la liberación, desmantelamiento y reconfiguración de áreas (botaderos, frentes de trabajo, tajos liberados, área de pit, áreas de retrolleado, piscinas de relaves, etc.) en concordancia con lo planteado frente a las actividades del planeamiento minero, construcciones, instalaciones y montajes mineros.
- Identificación y caracterización de la infraestructura de desmantelamiento y de la infraestructura remanente.
- Medidas de manejo a implementar para las obras de infraestructura remanente. Avances en las actividades de desmonte de infraestructura, demolición de obras civiles, retiro de equipos, retiro de escombros, descontaminación de suelos. Análisis y validación de los resultados de los programas de monitoreo de cada componente para el manejo de la estabilización física y química de las áreas intervenidas que incluya como mínimo geotecnia, suelos, atmosfera, hidrología e hidrogeología.
- Balance de las actividades y obras de infraestructura propuestas en el plan de cierre inicial y sus modificaciones o ajustes con sus respectivos soportes.
- Avance en las actividades de adecuación de tierras, recuperación, restauración, rehabilitación reconfiguración morfológica, recuperación paisajística y de los procesos de revegetalización y reforestación de áreas intervenidas.
- Balance de las actividades implementadas para el manejo de fauna.
- Balance y evaluación de actividades de rehabilitación y estabilización física y química del recurso hídrico superficial y el subterráneo.
- Balance de la articulación del plan de cierre con planes de ordenamiento territorial o instrumentos equivalentes.
- Actualización de la viabilidad de la destinación final de las construcciones, instalaciones, montajes y equipos asociados a la operación minera.
- Evaluación de las actividades encaminadas a contrarrestar el cambio climático.
- uso de enmiendas y abonos orgánicos como productos del aprovechamiento de materiales en las actividades de reforestación, restauración y paisajismo, incluidas en plan de cierre. Balance en el desarrollo de los programas sociales enfocados a implementar nuevas prácticas económicas en la fase de Post-cierre.
- Balance del Plan de Gestión Social en el sentido de adelantar la comparación entre lo acordado con los grupos de valor del área de influencia del proyecto para propender por la reactivación o la recuperación de la vocación económica del territorio.
- Balance en la formación de oficios diferentes a los del proyecto minero. (proyectos productivos y conversión laboral)
- Avance de la conformación y desarrollo de las industrias alternativas y secundarias desarrolladas por la comunidad de acuerdo con las capacitaciones recibidas por el

proyecto.

- Balance de la ejecución de actividades socioeconómicas con todas las poblaciones o grupos de valor cuya actividad económica sea dependiente del proyecto.
- Balance de la articulación del plan de cierre con planes de ordenamiento territorial o instrumentos equivalentes.
- Avance en la propuesta de las actividades y vocaciones del uso del suelo en el post-cierre minero.
- Avance en la coordinación del PCM, con los PCM aledaños aprobados, y el desarrollo de criterios regionales que conlleven una misma destinación del uso del suelo de acuerdo con el ordenamiento ambiental y territorial buscando garantizar la funcionalidad y homogeneidad en el manejo paisajístico de los proyectos ya licenciados (si aplica).
- Balance y actualización de la proyección económica de los costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar todas las actividades de cierre, desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación propuestas desde la fase de construcción y montaje, la explotación y durante el post-cierre del proyecto minero.
- Avance y actualización del cronograma de actividades, que indique las medidas de cierre, año a año.

Aspectos a especiales a considerar en el Plan de Cierre Anticipado y Final.

El cierre final o anticipado puede estar asociado a la terminación de las reservas económicamente explotables, a la finalización de las operaciones mineras, y/o a la terminación del contrato de concesión con la autoridad minera, o en su defecto, que el proyecto decida no continuar por otras razones (económicas, políticas, etc.). El cierre final comprenderá las actividades que serán definitivamente ejecutadas para este, debe tener un alto porcentaje de certeza y debe establecer las especificaciones detalladas para garantizar la estabilidad física, química, biótica y paisajística, procesos de participación con los grupos de valor del área de influencia y la evaluación de cualquier cambio en el plan de operaciones o en el entorno del proyecto ocurrido durante el cierre progresivo.

Este plan debe contener como mínimo lo siguiente:

- Definición final del uso de las áreas intervenidas y de los objetivos de cierre, determinando la viabilidad ambiental, económica y sociocultural.
- Actividades finales de desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación que serán consultadas e implementadas con los grupos de valor.
- Consideraciones geotécnicas para el cierre que garanticen la estabilidad física de las estructuras remanentes de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.1.7.10 Consideraciones geotécnicas para el cierre y post-cierre minero, de los presentes términos.

- Actualización de la zonificación geotécnica y del plan de contingencias en el último año, y de acuerdo con sus resultados exponer las acciones mínimas que deben considerarse dentro del proceso de reducción de la amenaza, la vulnerabilidad y del manejo del riesgo teniendo en cuenta lo definido para el uso de las áreas post-minería, presentar los soportes correspondientes al aseguramiento de la estabilidad física.
- Las medidas dirigidas a la estabilidad física que buscarán la seguridad estructural (mejora la resistencia y disminuye las fuerzas desestabilizadoras con el fin de evitar fenómenos de falla, colapso o remoción) de las obras y depósitos de la mina, en el post-cierre minero.
- Medidas de manejo y mantenimiento de la infraestructura remanente.
- Presentar una evaluación de riesgos de las instalaciones remanentes teniendo en cuenta las amenazas endógenas y exógenas y los elementos expuestos además de lo indicado en el Artículo 2.3.1.5.2.1.1 del Decreto 1081 del 2015 adicionado por el Decreto 2157 de 2017 y el Decreto 1076 de 2015 en el Artículo 2.2.2.3.5.1, Numeral 9 y el Artículo 2.2.2.3.9.3 o aquellos que los modifiquen o sustituyan.
- Estrategia de trabajo para abordar la estabilidad química de la mina que contemple, además de las variables ambientales, las necesidades requeridas por los grupos de valor del área de influencia, con relación al uso posterior del recurso hídrico (aguas subterráneas y superficiales), ya sea como fuente de abastecimiento o para otros usos.
- Balance de la implementación de actividades aprobadas en el cierre progresivo, identificando actividades pendientes por cumplir y las cumplidas, adjuntando su respectiva sustentación, cronograma y periodicidad en la cual se llevarán a cabo las actividades, justificando los periodos propuestos.
- Propuesta de desmantelamiento y demolición final de instalaciones y equipos.
- Diseño y actividades de monitoreo para la rehabilitación y estabilización abiótica, biótica y programas para el medio socioeconómico a ser evaluadas en la fase post-cierre.
- Actividades de intervención o protección de zonas afectadas de acuerdo con el estado de sucesión vegetal evaluado.
- Actividades específicas para cumplir con los compromisos ambientales adquiridos con relación a permisos, autorizaciones y compensaciones.
- Medidas de manejo para verificar el estado actual de la fauna terrestre e hidrobiota del área de influencia, y la periodicidad en la cual se llevará a cabo, justificando los periodos propuestos
- Balance total de los compromisos socioeconómicos adquiridos con los grupos de valor del área de influencia del proyecto y las acciones para el cumplimiento pleno.
- Se debe presentar un plan básico de integración paisajística hacia el medio biótico (restauración, rehabilitación y recuperación, etc) que considere la información referente al componente paisajístico de acuerdo con el numeral 6.1.3 Paisaje.
- Diseño de obras de restauración paisajística de ser el caso pueden estar acorde con

los PCM aledaños aprobados.

- Descripción y ubicación de la reversión de infraestructura a la autoridad correspondiente (de ser el caso).
- Fecha de devolución de áreas mineras a la ANM o autoridad competente.
- Proyección de costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar todas las actividades del Cierre Final. (Anexo 3).
- Propuesta del uso de suelo en la etapa de post cierre articulada con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, previamente concertada con los grupos de valor del área de influencia.
- Cronograma de actividades a implementar, claramente definidas El cronograma debe incluir las medidas de cierre, término de la operación, inicio de la fase de cierre, término del cierre para cada una de las instalaciones y el hito de cierre de estas, y el tiempo de implementación de las medidas de manejo.

12.3.2 Plan Post-cierre

El post-cierre es la etapa que sigue a la ejecución del plan de cierre final implementado a las instalaciones remanentes de una operación minera, y abarca todas las actividades de monitoreo y verificación de emisiones y efluentes, así como el seguimiento y control de las condiciones establecidas durante el cierre. Su objetivo es garantizar la estabilidad física y química de las instalaciones remanentes a largo plazo, y proteger la vida, la salud, la seguridad de las personas y el medio ambiente. El post-cierre se clasifica en dos tipos según su duración: post-cierre finito y post-cierre a perpetuidad.

Antes de finalizar la implementación de las actividades del cierre final, se presentará para su evaluación y aprobación por parte de la autoridad ambiental, el plan de post-cierre cuyas acciones estarán dirigidas al mantenimiento, monitoreo y seguimiento de las actividades implementadas en las anteriores fases de cierre del proyecto y como mínimo se debe presentar:

- Actividades propuestas para el mantenimiento, monitoreo y seguimiento de cada uno de los componentes ambientales en la fase de post-cierre.
- Estimación de los componentes residuales que permanecerían en el sitio después del cierre de la mina, en función de lo comprometido en la evaluación ambiental, los permisos sectoriales y los resultados de la evaluación de riesgos aplicada a la instalación. Las medidas de post-cierre deben ser presentadas para cada una de las instalaciones remanentes de la mina.
- Evaluación de riesgos para las instalaciones remanentes.
- El post-cierre deberá considerar el mantenimiento a largo plazo de las medidas requeridas por las instalaciones remanentes, con el objeto de asegurar la

estabilidad física y química de dichas instalaciones. Se deberá indicar el tipo de mantenimiento y la periodicidad en la cual se llevará a cabo, justificando adecuadamente los periodos propuestos.

- Relación del uso y aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo de la fase de post-cierre.
- Medidas de seguimiento y control para verificar que los riesgos identificados se mantendrán controlados en el largo plazo, y deberán indicar como mínimo: cantidad y ubicación de puntos de seguimiento y control; periodicidad de las actividades de seguimiento y control, duración total del monitoreo, cronograma y responsables hasta que se demuestre que se alcanzó la estabilidad física y química del área de las instalaciones remanentes.
- Balance y evaluación de resultados de las actividades de mantenimiento, monitoreo y seguimiento en cada uno de los componentes ambientales durante el cierre final, con el fin de verificar el cumplimiento de los objetivos del cierre minero.
- Identificación de las medidas de cierre a perpetuidad y frecuencia de monitoreo.
- Cronograma con la presentación de las medidas a largo plazo (mantenimiento, monitoreo y seguimiento), periodo de ejecución y frecuencia para cada una de las instalaciones (considerando medidas de monitoreo y mantenimiento a largo plazo)
- Resultados finales de la implementación de actividades propuestas en los planes para el medio socioeconómico.
- Resultados del avance de implementación de propuesta del uso de suelo en la etapa de post-cierre articulada con los POT, EOT y plan de desarrollo territorial, previamente concertada con los grupos de valor del área de influencia y las autoridades territoriales, presentada en el cierre final.
- Proyección de costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar todas las actividades de post-cierre (Anexo 3).

12.4 Plan de inversión de no menos del 1%

Plan de inversión aplicable En caso de que haya captación del recurso hídrico de una fuente natural (superficial y/o subterránea), se debe presentar un plan para la inversión forzosa de no menos del 1%, de conformidad con lo establecido en el párrafo 1º del artículo 43 de la Ley 99 de 1993, compilado en el capítulo 3 del título 9 de la parte 2 del libro 2 artículos 2.2.9.3.1.1 y 2.2.9.3.1.3; del Decreto 1076 de 2015 y, posteriormente, modificado por el Decreto 2099 del 22 de diciembre de 2016, el Decreto 075 del 20 de enero de 2017, el Decreto 1120 del 29 de junio de 2017 y la Ley 1955 del 2019, cuyo artículo 321 unificó la base de liquidación de competencia de la ANLA, o bajo aquella norma que lo modifique o sustituya. Para el desarrollo del plan se debe contemplar lo descrito en la MGEPEA.

12.5 Plan de compensación del medio biótico en el marco del proceso de

Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para actividades de explotación minera.

licenciamiento ambiental.

El usuario deberá presentar un plan de compensación de acuerdo con la normativa vigente.

El plan de compensación por los impactos residuales sobre ecosistemas costeros y continentales, de requerirse, deberá desarrollarse de acuerdo con lo establecido en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico adoptado mediante Resolución 0256 del 22 de febrero de 2018 y sus modificaciones y el mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia del 2017.

En el caso de identificarse impactos residuales ocasionados por el desarrollo del proyecto en ecosistemas diferentes a los terrestres, se deben presentar los programas de manejo orientados a compensar dichos impactos.

Para el caso de compensaciones por impactos residuales sobre **ecosistemas marinos estratégicos** (formaciones coralinas y praderas de pastos marinos) se debe considerar, el máximo valor del factor de compensación definido (10) de acuerdo con el manual vigente de compensaciones de Minambiente.

Para la formulación del Plan de compensaciones del componente biótico, se deben tener en cuenta los portafolios de áreas de conservación, así como las demás estrategias de conservación formulados por las entidades que conforman el sistema nacional ambiental-SINA (p. ej. Minambiente, Institutos de Investigación, Corporaciones Autónomas Regionales).

Así mismo, para otros ecosistemas (p. ej. fondos sedimentarios) se sugiere formular el plan siguiendo las directrices registradas en bibliografía existente como el documento publicado por el INVEMAR ***“Fundamentos para la determinación y cuantificación de las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad marina”*** (Vides et al., 2014)⁶⁷

Tener en cuenta que el usuario debe presentar:

- El polígono del área a intervenir del proyecto teniendo como base el mapa de ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia que incluya la cuantificación de las áreas que serán objeto de afectación.
- El polígono del área en donde propone desarrollar la compensación, Incluyendo la cuantificación de las áreas objeto de compensación.

ANEXOS

⁶⁷ Vides M., M. Ocampo, D. Sánchez, V. Rocha, L. Chasqui y D. Alonso (Ed). Fundamentos para la determinación y cuantificación de las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad marina. Informe Técnico Final. Convenio especial de cooperación No. 001-14 suscrito ente el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” –Invemar y The Nature Conservancy. INVEMAR. PRY-BEM001-014-IFP. Julio de 2014. Programa BEM - INVEMAR. Santa Marta. 88 p. + Anexos

Los anexos a continuación obedecen a requerimientos específicos y complementarios para la elaboración de los estudios de impacto ambiental de las explotaciones aluviales de oro “tipo placer” y materiales de construcción (materiales de arrastre).

Estos se hacen indispensables ya que este tipo de explotaciones trae inmerso la modificación de la dinámica fluvial de las corrientes, donde se alteran inevitablemente sus parámetros hidráulicos y en intervenciones no controladas se generan efectos adversos en la dinámica fluvial de las corrientes debido al desbalance causado por el transporte de sedimentos en el sitio de extracción, donde se origina una erosión general del cauce que puede alcanzar grandes distancias aguas arriba y aguas abajo de la corriente, generando a su vez la inestabilidad de las orillas, cambios en la morfología del cauce, erosión regresiva en los afluentes, descenso en el nivel freático, afectación de la flora y fauna acuáticas y riparias, además de poner en riesgo las poblaciones y diferentes estructuras localizadas a lo largo del cauce y sus tributarios.

ANEXO 1

COMPLEMENTO EN CASO DE EXPLOTACIÓN ALUVIAL DE ORO Y METALES PRECIOSOS (DEPÓSITOS TIPO “PLACER”)

Este anexo constituye un complemento a la información requerida en los presentes términos de referencia específicamente para proyectos de explotación aluvial de oro y metales preciosos en depósitos tipo “placer”.

Se debe considerar que la explotación con uso de mercurio está prohibida a partir de julio de 2018, de acuerdo con la Ley 1658 de 2013.

LOCALIZACIÓN

Localización de la infraestructura de otros proyectos mineros en las vecindades del proyecto. Presentar el inventario de actividades extractivas en el valle aluvial, como en el cauce que se encuentren 5 km aguas arriba y 5 km aguas abajo. Así mismo, se requiere presentar información de los proyectos mineros que se adelantan en el área de influencia y que no necesariamente estén asociados a un curso de agua. Presentar en mapa a escala 1:2.000 o aquella que permita una representación completa de los elementos que conforman el área de intervención.

DISEÑO DEL PROYECTO

Se debe presentar el sistema y el método del sistema de explotación del proyecto minero, teniendo en cuenta la clasificación de los métodos de explotación según la UPME (2015)⁶⁸.

Se debe presentar el diseño geométrico de la explotación entregado para evaluación a la autoridad minera, en escala 1:2.000

Presentar la descripción de la infraestructura del proyecto minero en las zonas de explotación a escala 1:2.000, se debe cumplir con el MAG y garantizar precisión en la información cartográfica con el correspondiente amarre a la red geodésica nacional.

⁶⁸ UPME, UPTC y CAS (2015). Elaboración del instrumento de carácter técnico-ambiental que evidencie los diferentes procedimientos y técnicas necesarias para un desarrollo apropiado para la extracción de materiales de arrastre a partir del trabajo conjunto con las autoridades ambientales (corporaciones autónomas regionales), el cual debe constituirse en una herramienta de consulta y orientación conceptual y metodológica para mejorar la gestión, manejo y desempeño minero-ambiental; con base en los análisis realizados. SGC, 2018. Guía metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso de mercurio (para diferentes regiones auríferas de Colombia).

En caso de que el proyecto contemple el dragado como método de explotación deberá presentar el diseño, la caracterización de profundidades, el análisis de corrientes y especificando el tipo de equipos a emplear.

Método de explotación:

Extracción dentro del lecho aluvial y minería en terrazas: raspado de barras (excavación de barras), minería a tajo abierto dentro del sector seco del canal, minería a tajo abierto dentro del espejo de agua (dársenas), trampas de gravas dentro del canal, otros métodos (dragas de succión, malacate en barcazas y métodos manuales: pico y pala y buzos).

Minería en terrazas y planicies de inundación: método de tajo abierto (laboreo seco y laboreo en zonas de inundación).

Método de beneficio

Se deberá presentar el sistema y métodos seleccionados para el proceso de beneficio del oro, en el marco de las buenas prácticas ambientales y teniendo como referencia las publicaciones del SGC (2018)⁶⁹

Se deberá presentar la relación de subproductos del proceso de beneficio y su manejo en el marco de las buenas prácticas ambientales.

CARACTERIZACIÓN

- **Geometría:** presentar el valle aluvial actual o pretérito incluyendo la caracterización de las laderas vecinas, llanura de inundación y el lecho aluvial conformado por levantamientos batimétricos. Presentar en un modelo 3D con representación a escala de los datos hipsométricos.
- **Evaluación de sedimentos en la cuenca:** se deberá realizar la modelación de la producción de sedimentos en la cuenca e identificar factores que puedan afectar la producción de sedimentos y la estabilidad del cauce en el área de explotación. Así mismo se debe realizar la modelación de los efectos de la disposición de los materiales residuales del proceso minero en la sedimentación aguas abajo.
- **Estabilidad del cauce:** para la modelación de la estabilidad del cauce, se deberá relacionar la interacción de los parámetros como carga en suspensión, carga mixta y carga

⁶⁹ SGC, 2018. Guía metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso de mercurio (para diferentes regiones auríferas de Colombia).

de fondo y aspectos como dinámica fluvial, morfología del cauce, disponibilidad de materiales en el área fuente en cuanto a textura, incidencia de procesos erosivos en el área y de eventos de remoción en masa, el efecto de los proyectos vecinos en la carga de fondo del curso de agua y realizar el análisis del efecto de la extracción y disposición de materiales en la dinámica del curso de agua relacionado con el proyecto.

- **Análisis y descripción de la actividad del sistema fluvial:** identificando la dinámica establecida a partir de 5 escenarios en un rango de 50 años. Este análisis permitirá presentar una estimación del comportamiento en el corto plazo del cauce y establecer la relación con el proceso minero.
- Se requiere complementar lo consignado en el numeral 6.1.5 Hidrológico, de los presentes términos, en relación con la identificación de la tendencia de los procesos de depositación y erosión que el curso de agua presenta en el área de intervención a fin de identificar las zonas en las que hay corte o depósito de materiales y determinar los tramos del cauce con tendencia a presentar procesos de agradación y degradación.

PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Se deberá complementar las acciones de seguimiento y monitoreo numeral 12.2 Plan de seguimiento y monitoreo, de los presentes términos de referencia, con las siguientes actividades, entre otras:

- Realizar la actualización de la topografía y batimetría del área del proyecto, a fin de realizar la identificación de los cambios de la morfología del cauce en relación con el monitoreo anterior y detectar el cambio en la hipsometría del tope del material de explotación.
- Actualizar la modelación de la estabilidad del cauce y realizar la comparación con los resultados de las modelaciones anteriores a fin de identificar las áreas prioritarias para la reconfiguración del área intervenida y restauración del ecosistema.

ANEXO 2

COMPLEMENTO PARA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE

Lo siguiente es un complemento específico para la elaboración de los EIA de explotaciones aluviales de materiales de construcción, lo cual formará parte integral del EIA de este tipo de explotaciones.

DISEÑO DEL PROYECTO

Se debe presentar el sistema y el método del sistema de explotación del proyecto minero, teniendo en cuenta la clasificación de los métodos de explotación según la UPME (2015):

- Extracción dentro del lecho aluvial: raspado de barras (excavación de barras), minería a tajo abierto dentro del sector seco del canal, minería a tajo abierto dentro del espejo de agua (dársenas), trampas de gravas dentro del canal, otros métodos (dragas de succión, malacate en barcazas y métodos manuales: pico y pala y buzos)
- Minería en terrazas y planicies de inundación: método de tajo abierto (laboreo seco y laboreo en zonas de inundación).

Se debe presentar el diseño geométrico de la explotación aprobado por la autoridad minera, en escala 1:2.000

Presentar la descripción de la infraestructura del proyecto minero en las zonas de explotación y sedimentación del río, en escala 1:2.000. Debe cumplir con el MAG y garantizar precisión en la información cartográfica con el correspondiente amarre a la red geodésica nacional.

En caso de que el proyecto contemple el dragado como método de explotación deberá presentar el diseño, la caracterización de profundidades, el análisis de corrientes y especificando el tipo de equipos a emplear.

CARACTERIZACIÓN

- **Geometría**: presentar el valle aluvial que incluye la caracterización de las laderas vecinas, llanura de inundación y el lecho aluvial conformado por levantamientos batimétricos. Presentar en un modelo 3D con representación a escala de los datos hipsométricos.
- **Caracterización granulométrica**: realizar una caracterización granulométrica de los

materiales disponibles en la zona de explotación y representarlos a través de perfiles y cortes transversales y análisis estadístico de las fracciones clásticas disponibles.

- **Evaluación de sedimentos en la cuenca:** presentar información sobre la composición de los materiales presentes y una correlación de las áreas fuentes. Así mismo, se deberá realizar la modelación de la producción de sedimentos en la cuenca e identificar factores que puedan afectar la producción de sedimentos y la estabilidad del cauce en el área de explotación.
- **Estabilidad del cauce:** para la modelación de la estabilidad del cauce, se deberá relacionar la interacción de los parámetros como carga en suspensión, carga mixta y carga de fondo y aspectos como dinámica fluvial, morfología del cauce, disponibilidad de materiales en el área fuente en cuanto a textura, incidencia de procesos erosivos en el área y de eventos de remoción en masa, el efecto de los proyectos vecinos en la carga de fondo del curso de agua.
- **Análisis y descripción de la actividad del sistema fluvial:** identificando la dinámica establecida a partir de 5 escenarios en un rango de 50 años. Este análisis permitirá presentar una estimación del comportamiento en el corto plazo del cauce y establecer la relación con el proceso minero.
- Se requiere complementar lo consignado en el numeral 6.1.5 Hidrológico, de los presentes términos de referencia, en relación con la identificación de la tendencia de los procesos de depositación y erosión que el curso de agua presenta en el área de intervención a fin de identificar los sectores potencialmente explotables y determinar los tramos del cauce con tendencia a presentar procesos de agradación y degradación.
- La determinación del método de explotación y su profundidad considerando el modelo geológico y el análisis geomorfológico de la zona de explotación contemplando la hidrogeología, hidrología, batimetría y recarga de sedimentos.

Plan de seguimiento y monitoreo

Se deberá complementar las acciones de seguimiento y monitoreo numeral 12.2 plan de seguimiento y monitoreo, de los presentes términos de referencia, con las siguientes actividades, entre otras:

- Actualizar la caracterización granulométrica de los materiales disponibles en la zona de explotación y realizar el análisis estadístico de las fracciones clásticas disponibles, para establecer los cambios que se presentan de la distribución de clastos según la

modelación inicial realizada junto con el proceso de licenciamiento ambiental y los resultados del monitoreo efectuado. Se requiere identificar los cambios en la distribución de texturas, determinar si el cambio representa incrementos o reducción de tamaños y analizar la fenomenología relacionada a dicho comportamiento.

- Realizar la actualización de la topografía y batimetría del área del proyecto, a fin de realizar la identificación de los cambios de la morfología del cauce en relación con el monitoreo anterior y detectar el cambio en la hipsometría del tope del material de explotación.
- Actualizar la modelación de la estabilidad del cauce y realizar la comparación con los resultados de las modelaciones anteriores a fin de identificar cambios en la recuperación de los materiales del lecho que son objeto de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. 2015

[2] Ibidem.

[3] Ibidem.

[4] Ibidem.

[5] Ibidem.

[6] Ibidem.

[7] Tomado de: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Glosario.

[8] Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2015.

[9] Ibidem.

[10] Ibidem.

[11] Ibidem

[12] COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE–.Conceptos Básicos. Disponible en <http://www.dane.gov.co/files/inf_geo/4Ge_ConceptosBasicos.pdf>. Consultado 23 de mayo de 2021.

[13] Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2015.

[14] Ibidem.

[15] Tomado de: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño para carreteras. Resolución 000744 de 2009, Bogotá, Colombia., INIVAS 2009.

[16] Tomado de la Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario

Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.

[17] Tomado de Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

[18] Tomado de la Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. 2015.

[19] *Ibídem.*

[20] *Ibídem.*

[21] Tomado de Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

[22] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título F

[23] *Ibídem.*

[24] *Ibídem.*

[25] *Ibídem.*

[26] *Ibídem.*

[27] Tomado de la Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

[28] *Ibídem*

[29] COLOMBIA. SERVICIO GEOLÓGICO MINERO. Glosario Geológico – Minero [Glosario]. Adaptado s.l. Servicio Geológico Minero sf disponible e<<http://www.ingeominas.gov.co/resultados.aspx?searchmode=AnyWord&searchtext=glosario>>.

[30] *Ibídem.*

[31] Tomado de la Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.

[32] Adaptado de: VILLOTA, Hugo. El Sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Centro de Investigación en Percepción Remota CIAF, 1995.

[33] Adaptado de: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 – Título H.

[34] Colombia. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Decreto 2981 de 2013. Bogotá MVCT, 2013.

[35] Decreto 2811 de 1974 (Art. 270).

[36] Tomado de la Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. 2015.

[37] *Ibídem*.

[38] Tomado de Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

[39] Tomado de la Resolución 40599 de 2015, Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. 2015.