



MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES

**TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE
IMPACTO AMBIENTAL – EIA DE PROYECTOS DE USO (EXPLOTACIÓN) DE
FUENTES DE ENERGÍA GEOTÉRMICA**

(TdR 020)

Bogotá

2026

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS	4
1 GLOSARIO	7
2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	14
3 RESUMEN EJECUTIVO	15
4 OBJETIVOS	17
5 GENERALIDADES	17
5.1 ANTECEDENTES	17
5.2 ALCANCES Y LIMITACIONES	18
5.3 METODOLOGÍA	19
6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	20
6.1 LOCALIZACIÓN	23
6.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	24
7 ÁREA DE INFLUENCIA	44
8 LINEAMIENTOS DE PARTICIPACIÓN CON GRUPOS DE INTERES	44
9 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	49
9.1 MEDIO ABIÓTICO	50
9.2 MEDIO BIÓTICO	69
9.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO	78
9.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	87
9.5 PAISAJE	87
9.6 ÁREAS Y ECOSISTEMAS DE ESPECIAL INTERÉS AMBIENTAL (AEIA)	88
10 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	88
11 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	90
11.1 CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL	91

11.2	EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	92
11.3	CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	93
11.4	PERMISO DE VERTIMIENTOS	95
11.5	OCUPACIONES DE CAUCES	99
11.6	APROVECHAMIENTO FORESTAL	99
11.7	EMISIONES ATMOSFÉRICAS	100
11.8	MODELO DE DISPERSIÓN	101
12	EVALUACIÓN AMBIENTAL	101
12.1	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO	102
12.2	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO	102
12.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	104
13	ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO	104
14	PLANES Y PROGRAMAS	105
14.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	105
14.2	PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO	106
14.3	DIMENSIÓN AMBIENTAL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO	108
14.4	PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE AMBIENTAL	108
14.5	PLAN DE INVERSIÓN FORZOSA DE NO MENOS DEL 1%	109
14.6	PLAN DE COMPENSACIONES DEL MEDIO BIÓTICO	110
14.7	PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO	110
15	BIBLIOGRAFÍA	122

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLASⁱ

ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

ARD: Aguas residuales domésticas

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

CR: Peligro Crítico

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

DMI: Distrito de Manejo Integrado

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

EN: En Peligro

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial

FUNIAS: Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Aguas Subterráneas

IAvH: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 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”

ⁱ Las siglas incluidas en esta sección son complementarias a las establecidas en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

LC: Preocupación menor

MAG: Modelo de Almacenamiento Geográfico

MINAMBIENTE: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MGEPEA: Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales.

NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas

NE: No evaluado

NT: Casi amenazado

NORM: Material Radioactivo de Origen Natural

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial

PET: Población en Edad de Trabajar

PGIRS: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

PMA: Plan de Manejo Ambiental

PNN: Parques Nacionales Naturales

POMCA: Plan de ordenación y manejo de cuencas

POT: Plan de Ordenamiento Territorial

RURH: Registro de Usuarios del Recurso Hídrico

SGC: Servicio Geológico Colombiano

SIG: Sistema de Información Geográfica

SINAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas



SINCHI: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- SINCHI

SIRAP: Sistema Regional de Áreas Protegidas

SSEE: Servicios Ecosistémicos

SUN: Salvoconducto Único Nacional

SVCA: Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire

TPD: Tráfico Promedio Diario

UAF: Unidad Agrícola Familiar

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

UPME: Unidad de Planeación Minero-Energética

VITAL: Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea de la ANLA

VU: Vulnerable

ZIDRE: Zonas de Interés de Desarrollo Rural Económico y Social

ZODAR: Zona de Disposición de Aguas Residuales

ZODME: Zona de Disposición de Material Sobrante de Excavaciones

1 GLOSARIO

Para la aplicación de los presentes términos de referencia se tendrá en cuenta el siguiente glosario, cuyas referencias se encuentran al final del documento, en el ítem de Bibliografía:

- **Amenaza natural:** aquel que se deriva de un peligro o amenaza hidrometeorológica, geológica o biológica [1].
- **Adaptación al cambio climático:** Es el proceso de ajuste a los efectos presentes y esperados del cambio climático. En ámbitos sociales de decisión corresponde al proceso de ajuste que busca atenuar los efectos perjudiciales y/o aprovechar las oportunidades beneficiosas presentes o esperadas del clima y sus efectos. En los socioecosistemas, el proceso de ajuste de la biodiversidad al clima actual y sus efectos puede ser intervenido por la sociedad con el propósito de facilitar el ajuste al clima esperado [2].
- **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 periodos de tiempo, generalmente decenios o períodos 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 de las concentraciones de gases de efecto invernadero o del uso del suelo. El cambio climático podría modificar las características de los fenómenos meteorológicos e hidroclimáticos extremos en su frecuencia promedio e intensidad, lo cual se expresará paulatinamente en el comportamiento espacial y ciclo anual de estos [2].
- **Capa Sello:** capa de rocas con poca o nula permeabilidad. Puede ser una roca sedimentaria o volcánica con impermeabilidad primaria (arcilla, limolita, toba, etc.) o una roca impermeabilizada por autosellamiento debido a efectos prolongados de la actividad geotérmica [3], y se considera como elemento del sistema geotérmico [4].
- **Conservación:** de acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica, la conservación de la biodiversidad es la práctica de proteger y preservar la riqueza y variedad de especies, hábitats, ecosistemas y diversidad genética del planeta, es importante para nuestra salud, riqueza, alimentos, combustible y servicios de los que dependemos [5].

- **Desarrollo sostenible:** desarrollo que satisface las necesidades de la presente generación, promueve el crecimiento económico, la equidad social, la modificación constructiva de los ecosistemas y el mantenimiento de la base de los recursos naturales, sin deteriorar el medio ambiente y sin afectar el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para satisfacer sus propias necesidades [6].
- **Desastre:** resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antrópicos, que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, las líneas vitales, los medios de sustento, otros elementos del ambiente y la prestación de servicios ecosistémicos, causa pérdidas humanas, daños materiales, económicos o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad [7].
- **Efecto invernadero:** fenómeno natural por el cual la tierra retiene parte de la energía solar, permitiendo mantener una temperatura que posibilita el desarrollo natural de los seres vivos que la habitan.
- **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 [7].
- **Energía geotérmica:** energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en el calor que yace del subsuelo terrestre [8].
- **Estructura del ecosistema:** suma del hábitat y la biocenosis. El hábitat se define como un área con condiciones físicas uniformes que permiten que se desarrollen las comunidades biológicas. La biocenosis es la coexistencia de las comunidades biológicas en una misma área [9]. [10]
- **Flujos de materiales:** comprende la secuencia de las actividades de extracción de materias primas, transformación o fabricación de productos, uso o consumo y gestión de los residuos resultantes del consumo.
- **Fluido geotérmico:** el fluido geotérmico es agua, en la mayoría de los casos de origen meteórico, en fase líquida o en fase vapor, dependiendo de su temperatura y presión. Este fluido transporta sustancias solución y gases como dióxidos de carbono y sulfuro de hidrógeno [10]. A su vez se asocia como el fluido que hace parte del reservorio, considerado como elemento del sistema geotérmico [11].

- **Fondo natural (natural background):** dosis, tasas de dosis o concentraciones de la actividad asociadas a fuentes naturales de radiación o a cualesquiera otras fuentes existentes en el medio ambiente que no sean susceptibles de control [12].
- **Fuente de calor:** anomalía térmica de donde proviene el calor requerido para la formación de un sistema geotérmico que en regiones volcánicas puede ser suministrado por una masa de magma de alta temperatura situada en la corteza ya sea como una intrusión en proceso de enfriamiento o como una cámara magmática que ha alimentado un volcán o una caldera [13]. Parte del manto y el magma contienen una fuente interna de calor proveniente de la descomposición de los isótopos radiactivos y posiblemente de las fuentes de calor que surgen del cambio de fase química luego de las variaciones de temperatura [14]. En sistemas de baja temperatura, la fuente de calor está posiblemente asociada a la temperatura de la corteza terrestre debido al gradiente geotérmico que incrementa con la profundidad, probablemente conformada por la roca caliente (asociados a ambientes sedimentarios) [11], y considerada como elemento del sistema geotérmico [4].
- **Fuentes Naturales de Radiación:** fuentes de radiación natural, como el sol y las estrellas (fuentes de radiación cósmica), y las rocas y el suelo (fuentes de radiación terrestres) [15].
- **Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER):** son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME [8].
- **Gases de efecto invernadero (GEI):** Son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, de origen natural o antropogénico, que absorben y emiten la energía solar reflejada por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el Hexafluoruro de Azufre (SF_6) [2].
- **Gestión del Cambio Climático:** Es el proceso coordinado de diseño, implementación y evaluación de acciones de mitigación de GEI y adaptación al cambio climático orientado a reducir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y ecosistemas a los efectos del cambio climático. También incluye

las acciones orientadas a permitir y aprovechar las oportunidades que el cambio climático genera.

- **Manantial termal:** lugar en el que el agua emerge de forma natural desde una roca o el suelo y fluye hacia la superficie o hacia una masa de agua superficial [16] cuya temperatura es superior a la media anual en el lugar, por lo menos 4°C [17, 18].
- **Manifestación hidrotermal:** corresponden a las representaciones en superficie de los fenómenos de circulación de los fluidos geotérmicos de un área geotérmica propias del proceso de convección del sistema geotérmico [19].
- **Material Radiactivo de Origen Natural (NORM):** Material radiactivo que no tiene concentraciones de radionucleidos más altas de las naturales.
- **Medio:** División general que se realiza del ambiente para un mejor análisis y entendimiento del mismo. En el contexto de los estudios ambientales corresponde al abiótico, biótico y socioeconómico.
- **Medio ambiente:** es todo aquello que rodea al ser humano y que comprende elementos naturales, tanto físicos como biológicos, elementos artificiales y elementos sociales y las interacciones de éstos entre sí [6].
- **Paisaje fisiográfico:** porción del espacio geográfico homogénea en términos del relieve, y de éste 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) [20].
- **Pozos de gradiente térmico:** corresponden a pozos delgados (entre 76 y 150 mm: 3–6 pulgadas) y someros, generalmente con profundidades entre 50 y 500 metros. Para pozos de gradiente térmico con profundidades excepcionalmente superiores a las antes mencionadas, se podrán justificar técnicamente (de acuerdo con las condiciones geológicas, geofísicas y geoquímicas del fluido del área geotérmica a explorar) por medio de la solicitud previa de un concepto técnico a la autoridad ambiental competente, tal y como se ha implementado en otros sectores de energéticos del subsuelo. En todo caso, estas perforaciones de gradiente térmico no podrán alcanzar ni hacer contacto con el recurso geotérmico. Su principal propósito es estudiar las condiciones de temperatura a diferentes profundidades someras (variación con la profundidad, llamada gradiente térmico) y estimar el flujo de calor con fines exploratorios preliminares. En contraste con los pozos geotérmicos, de exploración o producción, los pozos de gradiente

térmico constituyen una herramienta de exploración, sin fines de producción ni pruebas de reservorio (no están diseñados para pruebas hidráulicas ni para producción de fluidos geotérmicos), y se limitan a obtener una ventana de observación geológica (columna estratigráfica, propiedades petrofísicas) y geofísica (a través de los registros de pozo) para caracterizar la estructura termal del área de estudio, garantizando que no interceptan directamente el reservorio geotérmico [21, 22]. En todo caso, un pozo de gradiente geotérmico no será considerado como un pozo estratigráfico del sector petróleo y gas, el cual corresponde a un pozo que se perfora con propósitos de reconocimiento y muestreo, sin objetivo hidrocarburífero, encaminado a determinar la secuencia litológica y las propiedades petrofísicas y geoquímicas de la columna estratigráfica existente en el subsuelo [23].

- **Pozos de exploración geotérmica:** pozos con el objetivo de alcanzar un blanco específico del sistema geotérmico, generalmente el reservorio. Su principal propósito es estudiar condiciones de temperatura, permeabilidad y condiciones químicas del blanco. Son llamados pozos delgados (Slim Wells), si su diámetro es inferior a 15 cm (6 pulgadas), perforados con el único propósito de conocer las condiciones a la profundidad del blanco, o pozos exploratorios diseñados como pozos de producción (pozos de diámetro completo aproximado entre 21.5 cm (8 ½") y 24.5 cm (9 ⅝") o diámetros superiores según corresponda). Los pozos delgados son utilizados para estimar la capacidad de producción de pozos a perforar posteriormente a la misma profundidad. Los pozos de exploración pueden convertirse en pozos de producción, si son exitosos. Los pozos delgados son considerablemente menos costosos que los de diámetro completo y pueden ser más apropiados cuando el riesgo involucrado es grande [21]. Serán considerados pozos de exploración, aquellas perforaciones que superen profundidades mayores a 500 metros, siempre que estos no hayan sido justificados técnicamente ante la Autoridad Ambiental, previo a su realización.
- **Pozos de producción:** son pozos perforados con el único propósito de permitir la producción de energía geotérmica. energía (como líquido caliente, mezcla de dos fases o vapor) de un objetivo específico, o una fuente geotérmica reservorio. Su diseño es de suma importancia, p. el programa de revestimiento aplicado. Producción los pozos están diseñados para la descarga espontánea a través de la ebullición (alta temperatura reservorios) o para la aplicación de bombas de fondo de pozo (reservorios de menor temperatura) [21].
- **Pozos de salida o dimensionamiento:** son pozos de exploración o producción perforados para investigar la extensión de un reservorio geotérmico ya confirmado. Un pozo de salida se acerca al borde o límite, de un yacimiento o se perfora más allá de él. Varios pozos de paso en diferentes Es posible que se requieran instrucciones si un reservorio dado tiene un área extensa [21].

- **Pozos de reinyección:** pozos empleados para disponer o retornar el fluido agotado de energía al sistema geotérmico o para inyectar agua de diferente origen como recarga suplementaria [21].
- **Radiación ionizante:** para los efectos de la protección radiológica, radiación capaz de producir pares de iones en materia biológica [15].
- **Radiactivo:** que presenta radiactividad; que emite radiación o partículas ionizantes que guardan relación con esas emisiones [24].
- **Radionucleidos de origen natural:** radionucleidos presentes naturalmente en la Tierra en cantidades importantes [12].
- **Resiliencia o capacidad de adaptación:** Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación [2].
- **Recurso geotérmico:** calor contenido en el interior de la tierra, y el cual se almacena o está comprendido en las rocas del subsuelo y/o en los fluidos del subsuelo (entendido como agua y/o vapor) [25].
- **Riesgo asociado al cambio climático:** Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza [2].
- **Reservorio o yacimiento geotérmico:** volumen de rocas calientes permeables con un volumen suficientemente grande para asegurar la explotación prolongada de fluidos geotérmicos, localizado dentro de un sistema hidrológico que permita la recarga hidráulica del área en explotación [3], y se considera como elemento del sistema geotérmico [4].
- **Sismicidad Inducida:** se refiere a eventos sísmicos que son provocados por actividades antrópicas. Se originan debido a que las tensiones humanas introducidas al subsuelo son similares en amplitud al estado de estrés presente, lo que permite a los esfuerzos cortantes naturales superar la fricción y causar una falla de deslizamiento. La magnitud de la sismicidad inducida por el hombre se limitaría a la que podría ocurrir de forma natural con la activación de la falla sin intervención humana [26].

- **Uso directo:** se refiere al uso directo del calor contenido en los fluidos o rocas con potencial de aprovechamiento geotérmico sin transformarlo primero en electricidad, para aplicaciones como calefacción de espacios, balneología, invernaderos, acuicultura, procesos industriales, entre otros [27]. A su vez, se caracteriza como la utilización de los recursos geotérmicos para crear bienes de valor a partir del calor, que además se refieren a todas aquellas aplicaciones en las que el producto de valor se obtiene directamente del recurso geotérmico [28].
- **Vigilancia radiológica:** medición de la exposición, la dosis o la contaminación por razones relacionadas con la evaluación o el control de la exposición a radiación o a sustancias radiactivas e interpretación de los resultados [24].
- **Vulnerabilidad:** susceptibilidad o sensibilidad que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos, en caso de que un evento físico peligroso, de origen natural o antrópico, se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, daños y pérdida de bienes, infraestructura, líneas vitales y medios de sustento, así como la predisposición a sufrir daños en otros elementos del ambiente y a la prestación de servicios ecosistémicos [7].
- **Zona de descarga geotérmica:** áreas en donde la tabla de agua alcanza o va por encima de la elevación topográfica. Se considera que las áreas dentro de una zona de descarga tienen el volumen del fluido suficiente para la existencia de un recurso geotérmico. Sin embargo, la existencia de formaciones geológicas que actúan como acuitardo a escala local, podría impedir la presencia de agua en la superficie dentro de una zona de descarga [29]. Se asocian a la presencia de manifestaciones hidrotermales como manantiales termales, fumarolas, suelo humeante/vaporizante (steaming ground), steam vent (salida de vapor), piscinas de lodo, y se considera como elemento del sistema geotérmico [4].
- **Zona de recarga geotérmica:** Área en donde la precipitación puede permear dentro del subsuelo [29] a partir de lo cual las aguas meteóricas pueden reemplazar los fluidos que escapan del reservorio a través de manantiales o que son extraídos mediante pozos [14], , y se considera como elemento del sistema geotérmico [4].

2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El interesado en elaborar y presentar un EIA en proyectos de uso (explotación) de fuentes de energía geotérmica para generación eléctrica, debe atender los requerimientos señalados en los presentes términos de referencia, siguiendo las directrices establecidas en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (en adelante MGEPEA), adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 y modificada por las Resoluciones 0114 de 2019, 1107 del 1 de agosto de 2019 y 629 del 31 de julio de 2020; o aquella que las modifique o sustituya. No obstante, de ser necesario, o por la especificidad de los temas se podrá proponer procedimientos metodológicos adecuados con las variables a medir.

Los términos de referencia contenidos en el presente documento constituyen los lineamientos generales que orientan la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA) para los proyectos del sector eléctrico que hagan uso (explotación) de energía geotérmica, como fuente de energía alternativa virtualmente contaminante con fines de generación eléctrica, para proyectos con capacidad instalada igual o superior a diez (10) MW, cuya ejecución requiere la obtención de licencia ambiental de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.2.2.3.2.2 numeral 4 subnumeral 2, y artículo 2.2.2.3.2.3 numeral 4, del Decreto 1076 de 2015, o aquel que lo modifique, sustituya o derogue.

En todo caso y dependiendo de las condiciones ambientales particulares del entorno y de las características del proyecto, obra o actividad que se propone, la elaboración del EIA debe contemplar los requerimientos de información que apliquen al caso particular, suministrando la información necesaria y suficiente para describir el proyecto y caracterizar el área que podría sufrir deterioro con su ejecución, así como para identificar, calificar y evaluar sus impactos, señalar cuáles no podrían ser evitados o mitigados y para establecer las medidas de manejo ambiental correspondientes y demás planes requeridos por la ley y los reglamentos.

Estos términos son de carácter genérico y en consecuencia deben ser adaptados y aplicados considerando a la magnitud y particularidades del proyecto, así como a las características ambientales regionales y locales en donde se pretende desarrollar, y son aplicables tanto para proyectos competencia de ANLA, como de las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002 y la Ley 1617 de 2013 (modificada por la Ley 2082 de 2021).

El EIA debe ser desarrollado en el marco del principio de desarrollo sostenible, y partiendo de la aplicación de buenas prácticas ambientales y con la mejor información disponible de alto nivel científico y técnico.

Adicionalmente, el EIA debe contemplar los siguientes aspectos:

- La información cartográfica debe estar acorde y debidamente estructurada con el modelo de datos del MAG según con lo establecido en la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 expedida por Minambiente, o aquella que la modifique, sustituya o derogue; y de igual forma, en cuanto al origen de coordenadas con la Resolución 471 del 14 de mayo de 2020 y la posterior Resolución 529 del 5 de junio de 2020 así como la Resolución 370 del 16 de junio del 2021 en cuanto a la proyección cartográfica oficial para Colombia, así como la Resolución 197 del 27 de enero de 2022, emitidas por el IGAC, o la norma que la modifique y/o sustituya. Para la información temática, se recomienda complementar el MAG con el uso y aplicación del Estándar Geográfico para Información Geotérmica del SGC.
- Su contenido debe estar conforme a lo desarrollado en el estudio ambiental y debe garantizar en su entrega los criterios mínimos de calidad de los datos como la exactitud posicional, exactitud de atributos, consistencia lógica, coherencia topológica, compleción, calidad temporal y procedencia.
- En la elaboración del EIA se deben tener en cuenta las especificaciones técnicas señaladas en el Título I y Título III de la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales-MGEPEAⁱⁱ,

El EIA debe ser entregado junto con la solicitud de la Licencia Ambiental a través de VITAL de Minambiente, disponible en el siguiente vínculo:

<http://vital.minambiente.gov.co/SILPA/TestSilpa/security/login.aspx>. Se debe incluir la información requerida en el artículo 2.2.2.3.3.1, sección 3, Estudios Ambientales, y en el artículo 2.2.2.3.5.1, sección 5 Estudio de Impacto Ambiental, del Capítulo 3 del Decreto 1076 de 2015, o el que lo modifique, sustituya o derogue.

El Estudio de Impacto Ambiental debe contener:

3 RESUMEN EJECUTIVO

Se debe presentar un resumen ejecutivo del EIA, el cual debe incluir como mínimo:

ⁱⁱ Las especificaciones técnicas deben ser adaptadas al alcance de los presentes términos de referencia.

- Localización del proyecto.
- Síntesis del proyecto en donde se establecen las características relevantes de las actividades de uso (explotación) geotérmica.
- Síntesis de localización, extensión y características principales de las áreas de influencia.
- Síntesis de las necesidades de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables requeridos por el proyecto. Se debe incluir una tabla donde se indique el permiso requerido y las características generales de la solicitud (caudal, coordenadas, volumen de aprovechamiento, entre otros).
- Síntesis de la metodología y principales resultados de la evaluación ambiental, señalando los impactos ambientales significativos del proyecto.
- Síntesis de la zonificación ambiental, presentar en forma breve los resultados del proceso de zonificación ambiental.
- Síntesis de la zonificación de manejo ambiental, presentar de manera puntual los resultados del proceso de zonificación (Tablas, gráficos etc.).
- Síntesis de la evaluación económica ambiental
- Reseña del PMA. Presentar el listado de programas y subprogramas de manejo ambiental propuestos dentro del EIA; así como los correspondientes al seguimiento y monitoreo.
- Breve reseña del plan de gestión del riesgo.
- Resumen del Plan de Inversión Forzosa de no menos del 1%, en los casos que aplique.
- Resumen del Plan de Compensaciones del Medio Biótico.
- Actividades para seguir a la fase de desmantelamiento y abandono.
- Costo total estimado del proyecto.

- Costo total aproximado de la implementación del PMA.
- Cronograma general estimado de ejecución del proyecto.
- Cronograma general estimado de ejecución del PMA concordante con la ejecución del proyecto.

El resumen ejecutivo debe ser una síntesis de los principales elementos del EIA, de tal forma que permita a la autoridad ambiental tener una visión general del proyecto, las particularidades del medio donde se pretende desarrollar, los impactos ambientales significativos y los programas ambientales identificados para su manejo.

4 OBJETIVOS

Se deben definir los objetivos generales y específicos del proyecto, teniendo en cuenta el alcance de la solicitud.

5 GENERALIDADES

5.1 ANTECEDENTES

Se deben presentar los aspectos relevantes del proyecto, previos a la elaboración del EIA, incluyendo justificación, estudios e investigaciones previas, radicación de solicitudes y/o trámites anteriores ante autoridades competentes entre las cuales se deben considerar, pero sin limitarse a ellas, radicación de solicitudes de sustracción de reservas forestales de Ley 2 de 1959, identificación de ecosistemas y áreas sensibles y estratégicas y áreas protegidas, conceptos de compatibilidad en áreas de manejo especial, zonificación establecida en los instrumentos de ordenamiento territorial, ubicación de otros proyectos en ejecución en el área de influencia (p. e. proyectos de interés nacional y regional), entre otros aspectos que se consideren relevantes, áreas donde se adelanten planes de compensación del medio biótico o de inversión forzosa de no menos del 1%, en caso de ser aplicableⁱⁱⁱ, entre otros aspectos que se consideren relevantes.

Asimismo, se debe incluir en los antecedentes, el acto administrativo que otorgó la licencia ambiental para el proyecto de exploración geotérmica que antecede al de uso (explotación geotérmica), y los que posterior a éste hayan surgido (si es del caso).

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

Se deben relacionar zonas con régimen jurídico especial, tratados y acuerdos internacionales que tengan vigencia en el área de influencia, fronteras marinas, bases militares, rutas de transporte y/o aprovechamiento de recursos, áreas de uso y manejo de recursos biológicos, zonas de interés turístico y asentamientos de comunidades y lo relativo a comunidades y grupos étnicos en dicha área, en el marco que les confiere la Constitución Nacional, la Ley 99 de 1993, la Ley 70 de 1993, la Ley 21 de 1991. Igualmente se deben considerar en su integridad las consideraciones y restricciones establecidas en el Decreto 1318 de 2022 y demás leyes aplicables en la materia.

Adicionalmente se debe incluir, en caso de que aplique, el número del acto administrativo que otorga el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales, de acuerdo con la Sección 2, Capítulo 9, Título 2, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 Decreto Único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, o el que lo modifique, sustituya o derogue.

Se debe establecer la congruencia entre las potenciales implicaciones de la ejecución del proyecto, evaluando las condiciones y/o restricciones de los instrumentos de planificación municipal y departamental que imponen sobre el manejo del ambiente y los recursos naturales renovables y tengan incidencia en el área de influencia del proyecto. Para este análisis se debe partir de la actualización de los determinantes ambientales que dan origen a las restricciones ambientales de dichos instrumentos, tenido en cuenta escalas espaciales y temporales, tales como geometría, áreas y longitudes de acuerdo con el elemento y la restricción establecida

Para la explotación de fuentes de materiales, se debe tener en cuenta lo dispuesto en el Decreto 1374 de 27 de junio de 2013 y demás normativa vigente relacionada con la materia, así como los lineamientos relacionados en el capítulo de descripción del proyecto de los presentes términos de referencia.

5.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

- **Alcance:** El alcance del estudio debe atender lo establecido en los presentes términos de referencia de acuerdo con la pertinencia de los mismos respecto a las características específicas del proyecto.
- **Limitaciones y/o restricciones del EIA:** Cuando por razones técnicas y/o jurídicas no pueda ser incluido algún aspecto específico exigido en los presentes términos de referencia, esta situación debe ser informada explícitamente, presentando la respectiva justificación.

Se deben identificar y delimitar los vacíos de información en los diferentes medios (abiótico, biótico y socioeconómico) y la manera como se abordarán en el EIA.

5.3 METODOLOGÍA

Se deben presentar, de forma detallada, las diferentes metodologías utilizadas para la elaboración del EIA, incluyendo los procedimientos de recolección, el procesamiento y análisis de la información; sus memorias de cálculo y el grado de incertidumbre de cada una de ellas, así como las fechas o períodos a los que corresponde el levantamiento de información para cada componente y medio. Se debe utilizar información primaria y secundaria (siempre y cuando esta sea pertinente, suficiente, actualizada y representativa para el área de influencia) de acuerdo con las técnicas propias de cada una de las disciplinas que intervienen en el estudio, referenciando las fuentes de manera clara.

Las metodologías, completas y detalladas, deben ser presentadas en anexos o como parte del capítulo al que corresponda, soportadas con las referencias bibliográficas correspondientes.

Para que el EIA proporcione la información suficiente para hacer de este el instrumento básico que permita a la autoridad ambiental tomar decisiones sobre la viabilidad ambiental, debe contener los datos y su análisis de acuerdo con los lineamientos, requerimientos y elementos metodológicos generales que se establece la MGEPEA, adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 o aquella que la modifique y/o sustituya.

Igualmente, se debe dar cumplimiento a los aspectos a continuación relacionados:

Los archivos en formato Raster deben ser entregados a la autoridad ambiental en medio digital, como soporte a la información geográfica y cartográfica exigida en el MAG, reglamentado por la Resolución 2182 de 2016 o por aquella norma que la modifique o sustituya. En caso de que aplique, los productos de sensores remotos deben ser entregados con licencia multiusuario, con una resolución espacial acorde a la escala del estudio, con la cual se permita a la autoridad ambiental competente hacer uso de la información. Esta información Raster debe ser, en lo posible, no mayor a tres (3) años de la fecha de captura.

Las imágenes de sensores remotos (imágenes satelitales, de radar, fotos aéreas, ortofotografías, etc.), utilizadas como insumo para la elaboración de cartografía y caracterización ambiental, deben tener una resolución espacial equivalente a 1/3 de la escala cartográfica de análisis (la escala corresponde a 1:25.000 y su temporalidad no debe superar los tres (3) años). En caso de no encontrarse este tipo de insumos, se

puede utilizar una fuente de mayor temporalidad, argumentando las carencias de esta información.

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.

6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El interesado debe presentar la descripción del proyecto en cumplimiento de los lineamientos del capítulo respectivo de la MGEPEA presentando su localización, características técnicas y de diseño, así como del uso y aprovechamiento de recursos naturales.

Por otro lado, 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.

Para cada una de las fases del proyecto 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 o reincorporación; lo anterior en el marco de los diferentes flujos de materiales de la implementación de la Estrategia Nacional de Economía Circular, que promueve el cierre de ciclos de materiales.

Si el proyecto, obra o actividad contempla el desarrollo de actividades relacionada con activos de conexión, se deberá presentar un planteamiento de por lo menos tres (3) opciones para su alineamiento, abordando los siguientes aspectos:

Caracterización de las Líneas de Conexión:

- Localización: Descripción geográfica detallada del trazado propuesto, considerando coordenadas geográficas precisas y mapas georreferenciados.

Detallar las áreas político-administrativas (municipios, veredas, corregimientos) involucradas.

- Extensión: Longitud total de las líneas, indicando los segmentos críticos o más relevantes.
- Características generales del alineamiento: descripción de los elementos físicos y técnicos principales, como:
 - Altura de las torres.
 - Tipo de conductores eléctricos utilizados.
 - Naturaleza del terreno (llano, montañoso, zonas de alta sensibilidad ambiental, entre otros).
 - Áreas de intervención en relación con el entorno ambiental y social.
 - Compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el Plan de ordenamiento territorial o su equivalente.

Alternativas de Trazado

Presentar un análisis comparativo detallado de al menos tres (3) opciones de alineamiento, que contemple los siguientes aspectos:

- Criterios técnicos y ambientales para la selección:
 - Minimización de afectación en áreas ambientalmente sensibles.
 - Eficiencia técnica del trazado.
- Ventajas y desventajas: Evaluar aspectos económicos, técnicos, ambientales y sociales de cada alternativa.
- Implicaciones socioambientales: Identificación de las comunidades que podrían verse impactadas directa o indirectamente y el impacto potencial en la biodiversidad, corredores ecológicos y paisajes culturales.

Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales

- Análisis detallado de los recursos naturales involucrados en cada alternativa, considerando su cantidad estimada, disponibilidad actual y los permisos necesarios para su aprovechamiento. El análisis debe incluir una comparación

entre las opciones, priorizando la eficiencia en el uso de los recursos y la reducción del impacto ambiental.

Evaluación de Impactos y Riesgos

Análisis integral de los impactos y riesgos asociados a cada opción, considerando aspectos ambientales, sociales, culturales y técnicos. La evaluación deberá incluir lo siguiente:

- **Impactos Identificados:** Describir detalladamente los impactos que pueden generarse en las diferentes fases del proyecto (Preconstrucción - Construcción, operación, y desmantelamiento y cierre ambiental), distinguiendo entre impactos: sinérgicos, acumulativos y residuales.
- **Identificación de Riesgos:** Análisis de los riesgos potenciales que podrían comprometer la sostenibilidad del proyecto o generar impactos significativos.
- **Evaluación Cualitativa y Cuantitativa:** Análisis integral de los impactos y riesgos, asignando una calificación de significancia para cada uno, con base en los siguientes criterios:
 - **Magnitud:** Grado de afectación del impacto identificado.
 - **Duración:** Periodo de tiempo durante el cual el impacto será perceptible (corto, mediano o largo plazo).
 - **Alcance:** Extensión espacial del impacto (local, regional, global).
 - **Probabilidad:** Posibilidad de que el impacto o riesgo ocurra.

La evaluación debe integrar métodos cualitativos y cuantitativos, utilizando matrices, escalas o herramientas reconocidas que permitan priorizar impactos y riesgos en función de su relevancia. Asimismo, se deben proponer medidas de manejo específicas para minimizar, mitigar o compensar aquellos impactos considerados significativos.

Justificación y Sustento del Trazado Seleccionado

- **Análisis multicriterio:** Incorporar un análisis que combine factores técnicos, económicos, sociales y ambientales para justificar la selección del trazado.
- **Optimización ambiental:** Explicar cómo la selección final minimiza los impactos ambientales y sociales, maximizando los beneficios.

- Área de servidumbre: Detallar las características técnicas y legales del área de servidumbre definida, incluyendo restricciones y compatibilidad con el uso del suelo circundante.

Para la descripción del proyecto de explotación de fuentes de energía geotérmica para generación eléctrica, en el EIA se deben contemplar como mínimo los siguientes aspectos:

6.1 LOCALIZACIÓN

Se debe presentar de manera esquemática la localización geográfica y políticoadministrativa (departamental, municipal y corregimental y en los casos que aplique incorporará el ámbito veredal), que permita dimensionar y ubicar el proyecto en el entorno geográfico.

Asimismo, se debe localizar el proyecto en un mapa georreferenciado en coordenadas planas a escala 1:10.000 o más detallada, que permita la adecuada lectura de la información, cumpliendo con los estándares de cartografía base del IGAC, así como con los catálogos de objetos y siguiendo la estructura de datos definida en el MAG.

Las escalas indicadas en estos términos de referencia deberán permitir la identificación geoespacial de los diferentes elementos socio ambientales objeto de análisis, evaluación y posterior establecimiento de medidas de manejo según corresponda.

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

- Curvas de nivel.
- Jurisdicción regional y local del área del proyecto.
- Hidrografía.
- Accidentes geográficos.
- Asentamientos humanos.
- Vías existentes y proyectadas.
- Ubicación de áreas del SINAP y el SIRAP, ecosistemas estratégicos y áreas ambientalmente sensibles.
- Infraestructura existente: (p. e. acueductos, vías, líneas de transmisión de energía, líneas de transporte de hidrocarburos, telecomunicaciones), red vial o férrea.

- Equipamientos colectivos.^{iv}
- Áreas con riesgo no mitigable incorporados en los instrumentos de planificación regional (POMIUAC, POT, PBOT, EOT).
- Municipios incluidos en el Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET).
- Ubicación de áreas donde se adelanten planes de compensación del medio biótico o de inversión forzosa de no menos del 1%, en caso de ser aplicable.

En caso de presentarse superposición con otros proyectos, es preciso atender lo establecido en el artículo 2.2.2.3.6.4 del Decreto 1076 de 2015 que regula la superposición de proyectos, en caso de presentarse superposición con otros proyectos, es preciso atender lo establecido en el artículo 2.2.2.3.6.4 del Decreto 1076 de 2015 que regula la superposición de proyectos. Esto sin perjuicio de lo estipulado en la Resolución 40358 del 2022, modificada por la Resolución 40352 del 2025, expedidas por el Ministerio de Minas y Energía, sin que implique un requisito previo a la expedición de la licencia ambiental.

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Realizar la descripción del proyecto de exploración geotérmica señalando los respectivos diseños tipo de la infraestructura a construir y adecuar para la perforación de los pozos de explotación proyectados, incluidos los accesos.

En el caso que el proyecto, obra o actividad contemple el desarrollo de actividades para líneas de conexión, la infraestructura planteada en este numeral deberá estar conforme a la opción seleccionada y descrita en el numeral 6. **Descripción del proyecto** del presente documento.

Adicionalmente, se debe presentar la estimación de los sitios de ubicación y disposición de sobrantes de perforación, demás obras o actividades que se consideren necesarias. Se deben señalar las necesidades de recursos naturales, sociales y culturales.

Se deben presentar los volúmenes de corte y relleno, materiales necesarios, localización de las fuentes de abastecimiento y reportar los volúmenes a emplear, sitios de ubicación y disposición de sobrantes de excavación, demás obras o actividades que se consideren necesarias.

^{iv} Conocidos también como Equipamientos Socioeconómicos, que corresponden a escenarios o instalaciones físicas en las que se prestan servicios en beneficio de una comunidad específica. Se consideran en esta categoría: 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.

Con el propósito de mejorar el desempeño ambiental del proyecto, su estructuración debe propender por la recirculación de materiales e insumos, o en los casos que aplique por el aprovechamiento de la biomasa, por el uso de fuentes renovables de energía, entre otras medidas, que optimicen el uso de recursos e insumos, el aprovechamiento de residuos, y permitan la implementación de buenas prácticas, de tecnologías más limpias y/o encadenamientos productivos^v.

Se deben describir, dimensionar y ubicar en planos o mapas (planta, perfil y cortes típicos), los siguientes aspectos:

6.2.1 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Se debe describir, dimensionar y ubicar en planos o mapas, la identificación de la infraestructura existente en el área de influencia del proyecto, (acueductos, líneas de transmisión de energía, líneas de transporte de hidrocarburos, telecomunicaciones, distritos de riego, vías, predios, infraestructura asociada a proyectos turísticos entre otros).

Con especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Infraestructura social y/o productiva asociada o no al proyecto en evaluación, como centros poblados, zonas de interés turístico, escuelas, centros de salud, entre otros.
- Infraestructura de servicios públicos (energía, acueductos, alcantarillados, gas, entre otros).
- Para los pozos de exploración geotérmica y pozos de gradiente térmico, perforados en la etapa de exploración o preliminares a esta, describir:
 - Áreas intervenidas, número y estado actual de plataformas y pozos perforados.
 - Ubicación aproximada y número de pozos perforados en cada zona de interés geotérmico.
 - Características de los pozos: Profundidad, diámetro, adecuación, entre otras.
 - Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación.
 - Características y condiciones de completamiento de pozos
 - Descripción actividades de pruebas (según aplique)
 - El uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales.
 - Cierre de pozos y restauración de las áreas intervenidas por la actividad.

^v Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.

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

6.2.2 DISEÑO DEL PROYECTO

Se debe presentar la georreferenciación y justificación de las áreas máximas a intervenir, la descripción de las actividades planeadas, los diseños tipo de las obras propuestas (con el nivel de detalle según se precise o se especifique), contemplando la infraestructura proyectada, los mecanismos de producción y las actividades de mantenimiento y resaltando las obras y actividades preexistentes a ser complementadas, modificadas o mantenidas, en caso de que existan en el área componentes y actividades autorizadas en un proyecto de perforación exploratoria que anteceda al proyecto de explotación o uso geotérmico.

Adicionalmente, se debe presentar la información del resultado de la evaluación técnica relacionada con la capacidad y tipo de planta a instalar, el sitio para la localización de la planta, el número y la localización de los pozos de producción y reinyección, así como de las facilidades requeridas, vías, líneas de conducción y equipo electromecánico. Tipo de planta o tecnología a utilizar, configuración y número de unidades, equipos principales y de balance de planta, capacidad a instalar; rangos de presión y temperatura de flujo, requerimientos de transformación y línea de conexión eléctrica, entre otros.

El corredor definido para la construcción de la línea de conexión de la planta de generación al punto de conexión autorizado por UPME en el Sistema de Transmisión Nacional o regional. Debe acompañarse de los diseños y especificaciones según el tipo de infraestructura a instalar.

El diseño básico de la planta y del campo, permitirá soportar el cronograma y presupuesto estimado del proyecto, lo cual será la base para realizar las evaluaciones financieras de viabilidad del proyecto.

Para el diseño de las obras, se deben presentar las características técnicas del proyecto para cada una de las fases mencionadas, incluyendo la información de cada una de las obras de infraestructura que hacen parte de este, estableciendo los criterios de diseño para el dimensionamiento de este.

6.2.3 FASES Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Se debe presentar la descripción de las actividades para cada una de las fases del proyecto (previa, constructiva, perforación, completamiento, pruebas, dimensionamiento

del yacimiento y potencial geotérmico, producción, desmantelamiento, abandono y restauración).

Para cada una de las fases describir: la infraestructura proyectada (vías, plataformas incluidos los detalles de las estructuras de contención propias de la plataforma como contrapozos, placa taladro, skimmers y/o obras de arte o sistemas de contención y recolección de fluidos en caso de contingencia, cunetas y sistemas de contención complementarios como jarillones, locaciones, pozos, estructuras de conducción de agua, áreas y bodegas de almacenamiento, piscinas y sistemas de almacenamiento de aguas, áreas de instalación de equipos, áreas de operación, obras civiles, campamentos, líneas de flujo y otro tipo de transporte dentro del área a licenciar, asociado a las actividades de uso (explotación) geotérmica, entre otras), descripción de otras actividades previstas, reinyección (fluido geotérmico y otros fluidos), captación de agua a partir de pozos, gestión residuos, gestión de sales asociadas a fluidos geotérmicos, gestión NORM y la infraestructura asociada.

6.2.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FASES Y ACTIVIDADES

6.2.4.1 Vías de acceso al área del proyecto y plataformas de perforación

Características de los accesos nuevos y existentes (viales, fluviales, férreos, aeroportuarios y otros) necesarios para el desarrollo de las obras y actividades que hacen parte del proyecto.

Se deben presentar las características de los corredores de acceso (viales, fluviales, aeroportuarios y otros), nuevos y existentes, necesarios para el desarrollo de las obras y actividades que hacen parte del proyecto, para lo cual se debe describir, ubicar y dimensionar (según sea pertinente, considerando para ello las dimensiones y el peso de la maquinaria y equipos que serán transportados).

Identificar las vías e infraestructura asociada existente en el área de uso (explotación) y potenciales vías de acceso de la red vial nacional y vías secundarias y terciarias que pudieran ser utilizadas por el proyecto. Se debe tener en cuenta para la selección de la infraestructura vial a utilizar:

- Anticipar las necesidades reales de las vías a utilizar.
- Considerar el uso de las vías de menor tránsito, en lo posible seleccionar rutas que no crucen centros poblados.
- Examinar opciones de bajo impacto para minimizar el deterioro de la infraestructura existente.

La información cartográfica sobre las vías secundarias y terciarias e infraestructura existente debe presentarse en planos a escala de 1:10.000 o más detallada, que permita la adecuada lectura de la información, cumpliendo con los estándares de cartografía base y catálogo de objetos del IGAC.

6.2.4.1.1 Corredores de acceso existentes:

Para los corredores de acceso existentes, públicos y/o privados, que se identifique serán utilizados por el proyecto, se debe incluir la siguiente información:

- Localización.
- Condiciones actuales: descripción, caracterizar el tipo de vía, estado actual, número de carriles, accesibilidad y nombre geográfico dimensiones y especificaciones técnicas generales del acceso; para las vías incluir el ancho y tráfico promedio diario (TPD) calculado, utilizando los periodos de mayor tráfico vehicular.
- La clasificación de las vías debe estar acorde con lo establecido por el Ministerio de Transporte en la Resolución 411 de 2020 o aquella que la modifique, sustituya o derogue.
- Propuesta de adecuación con la descripción de las obras a construir, estimando las cantidades de materiales y volúmenes de disposición, métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio).
- Referencia descriptiva de los tramos de vías a adecuar; se debe presentar la descripción de las actividades que se ejecutarán incluyendo el mejoramiento geométrico y altimétrico (curvas, pendientes, anchos, drenajes y sitios de cruce de cuerpos de agua).
- Infraestructura asociada a servicios públicos como son redes de transmisión energía, gas, acueductos etc.
- Infraestructura vial asociada a otros sectores económicos: minería, hidrocarburos, turismo, agropecuarios.
- Respecto a las vías de acceso privadas y públicas, establecer quién es el administrador de la vía, y los trámites para obtención de permisos, autorizaciones y/o convenios para la utilización estos corredores viales.
- Describir las actividades de mantenimiento para la infraestructura existente.
- En particular, cuando se prevean convenios, acuerdos u otras figuras para el mantenimiento de las vías con sus administradores, la estrategia prevista para la obtención de materiales de origen natural requeridos para estos mantenimientos.

6.2.4.1.2 Corredores de acceso nuevos:

Para los corredores de acceso nuevos, se debe incluir la siguiente información:

- Especificaciones técnicas de las vías a construir, estimado de cantidades de materiales, volúmenes de corte y relleno y volúmenes de disposición en ZODME, métodos constructivos (incluyendo métodos de estabilización de cortes y rellenos) e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio, entre otros).
- 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).
- Estimación de la longitud máxima a construir.
- Descripción del método constructivo (incluyendo métodos de estabilización de cortes y rellenos), infraestructura requerida: desmonte, requerimiento de material de préstamo, excavación y preparación de la subrasante, control de erosión y sedimentos.
- Estimativo de uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables (agua, suelo, forestal) requeridos para el trámite de los permisos correspondientes.
- Identificación de áreas y actividades requeridas para la solicitud del permiso de ocupación de cauces.
- Describir las actividades de mantenimiento para la infraestructura proyectada.
- En caso de que el solicitante acuerde la entrega del acceso a un tercero, se deberá plantear la propuesta de entrega del acceso.
- En zonas cercanas a planicies de inundación identificadas presentar los elementos previstos para asegurar la conectividad río-zonas inundables.
- Los cruces fluviales y de los sistemas hidráulicos, la ubicación y el tipo de obra requerida y la descripción de las técnicas y métodos constructivos a emplear para los diferentes tipos cruces fluviales.

Nota: para cada uno de los corredores de acceso (nuevos o existentes) se debe especificar si el uso de estos, por parte del proyecto, es de carácter temporal o permanente.

La información sobre los corredores de acceso nuevos debe presentarse en planos a escala 1:10.000 o más detallada, dependiendo la longitud de los accesos proyectados.

6.2.4.2 Plataformas de perforación

Se debe presentar la descripción de las plataformas, así como la información sobre el área a ocupar por cada uno de los componentes o elementos que conformarán las mismas, incluyendo como mínimo la siguiente información:

- Ubicación en planos georreferenciados del número máximo de plataformas proyectadas con las respectivas piscinas o tanques cerrados el manejo para fluidos de perforación y manejo de cortes de perforación.
- Relación de las áreas máximas a utilizar por cada tipo de infraestructura a construir o a adecuar.
- Justificación de las áreas solicitadas, analizando las condiciones operativas y de optimización de áreas, con respecto a las necesidades de espacio y distribución de los equipos dentro de estas.
- Especificar si las áreas estimadas para las plataformas contemplan:
 - Áreas para las facilidades necesarias para el dimensionamiento del yacimiento geotérmico.
 - Áreas para la adecuación de las ZODME.
 - Zonas de Disposición de Aguas Residuales (ZODAR).
 - Instalaciones de apoyo (campamentos, talleres y otras).
- Descripción de los métodos constructivos, de las obras proyectadas, especificando si el sistema constructivo es total o modular, para el cual se deberá indicar las secuencias en las áreas a intervenir. La suma de estas áreas debe estar considerada en el área total de la locación que se presente.
- Descripción de las necesidades de aislamiento del área e indicación de las características de los cerramientos propuestos.
- Fuentes de energía y combustibles a utilizar en el proceso operativo.
- La relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y su gestión.

6.2.4.3 Perforación de pozos de producción

Para la actividad de perforación de pozos de producción se debe describir o definir:

- Número de pozos a perforar por cada plataforma con la respectiva localización aproximada, en cada zona de interés geotérmico.
- Equipos, maquinaria e infraestructura requerida.
- Características de los pozos de producción: profundidad promedio esperada, perfil litológico esperado, diámetro, componentes, entre otras.
- Sistemas, procedimientos y técnicas de perforación.
- Descripción de características de los sistemas de prevención de explosiones.
- Procedimientos previstos para tratamiento de incrustaciones de acuerdo con las características del fluido.
- Instalaciones de apoyo.
- Tiempos estimados de estabilización térmica de pozos una vez perforados.
- Descripción de actividades de completamiento y pruebas

6.2.4.4 Perforación de pozos de reinyección

Para la actividad de perforación de pozos de reinyección se debe describir o definir:

- Objetivo, ubicación aproximada y número de pozos a perforar en cada plataforma zona de interés geotérmico.
- Equipos, maquinaria e infraestructura requerida.
- Características de los pozos: profundidad promedio esperada, perfil litológico esperado, diámetro, componentes, entre otras.
- Sistemas, procedimientos y técnicas de perforación.
- Procedimientos previstos para tratamiento de incrustaciones de acuerdo con las características del fluido.
- Instalaciones de apoyo.
- Descripción de actividades de completamiento y pruebas

En forma transversal para los pozos de producción y pozos de reinyección se deberá presentar la siguiente información:

- Instalaciones de apoyo
- Sistema de prevención de explosiones: válvula preventora o BOP (“blow out preventor”)
- Tiempos estimados de estabilización térmica de pozos una vez perforados
- Distancias entre los pozos (exploratorios, gradiente geotérmico, producción y/o inyectores)
- Barreras de protección para los acuíferos que sean identificados en las condiciones establecidas en el numeral 9.1.5.
- Cementación de pozos

- Pruebas de pozo
- Descripción del programa de integridad de pozos para las diferentes fases (perforación, pruebas, inyección, desmantelamiento y abandono).
- Medidas de revisión y mantenimiento para asegurar integridad mecánica de los pozos a largo plazo.
- Fuentes de energía y combustibles a utilizar en el proceso operativo.

6.2.4.5 Construcción y operación de la central de generación

Para la etapa de uso (explotación), y de acuerdo con lo previsto para la fase exploratoria (teniendo en cuenta los requerimientos de información sobre infraestructura, obras, procesos y actividades), se debe presentar la descripción de las obras y actividades que se proyecten desarrollar en el marco de las actividades de la construcción y operación de la central de generación geotérmica, entre las que se pueden citar:

- Descripción del proceso de generación eléctrica, el tipo de planta de generación proyectada a construir, identificando la tecnología a utilizar, el número de unidades de generación, así como la ubicación y capacidad de cada una (potencia a ser instalada y energía firme esperada).
- Presentar el plano de las instalaciones proyectadas.
- Descripción del sistema de extracción de gases no condensables.
- Descripción del sistema de enfriamiento a utilizar.
- Descripción de procesos que aprovechen el calor residual para uso directo en el proceso o indirecto para simbiosis industrial con otras empresas, evitando así el desperdicio mediante refrigeración.
- Descripción de los sistemas de descargas de fluido geotérmico en función del sistema de refrigeración elegido
- Descripción de los instrumentos de registro y control del sistema y procesos.
- Presentar diagramas de flujo de los procesos de mayor relevancia y flujograma que presente la relación entre los procesos.
- Sistema de conducción e interconexión para el transporte de fluidos, desde el pozo o pozos productores hasta la central de generación.
- Presentar síntesis de cada operación, los tipos y cantidades de sustancias a manejar.
- Identificar y cuantificar el flujo y almacenamiento de insumos, productos, subproductos y residuos a lo largo de la vida útil del proyecto, incluyendo la composición química, reinyección y el manejo de los fluidos geotérmicos y salmueras.
- Descripción de los procesos de energización de la línea de conexión, operación y entrega de energía al Sistema Interconectado Nacional y/o un centro de consumo regional o local.

- Descripción de los lugares de almacenamiento, carga y descarga de sustancias peligrosas, y las medidas de seguridad asociadas.
- Rutas de transporte de insumos, productos y residuos peligrosos.
- Control de ruidos provenientes sistemas de protección de alta presión en los ductos y separadores, entre otros.
- Sistemas de control de la concentración anormal de gases no condensables en los alrededores de la central.
- Sistema general para el control de emisiones
- Sistemas y equipos de detección de fallas, derrames y condiciones anormales de funcionamiento de las instalaciones.
- Maquinaria y accesorios.
- Descripción de las obras y actividades para realizar el mantenimiento de instalaciones y de pozos de producción y reinyección.
- Descripción de las obras y actividades para realizar el control y seguimiento al volumen de agua (superficial y/o subterránea) requerida para cada una de las etapas proyecto.
- Infraestructura requerida para contención de fluido geotérmico

Nota: En este ítem se debe identificar la infraestructura, obras y procesos o procedimientos que continuarán utilizándose o desarrollándose después de la fase exploratoria realizada (p.e producción, acondicionamiento, transporte, entre otras).

6.2.4.6 Transporte de fluidos geotérmicos

Se deben describir, dimensionar y/o presentar en planos o mapas:

- La ubicación georreferenciada y descripción de las líneas de conducción de fluidos.
- Tipo y uso de los ductos.
- Los posibles cruces de cuerpos de agua permanentes y/o intermitentes.
- Ubicación de los ductos respecto a receptores ambientalmente sensibles.
- Los métodos de construcción, pruebas hidrostáticas e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, caminos de servicio, entre otros).
- Los métodos constructivos respecto a la intersección y/o cruce de cuerpos de agua y receptores ambientalmente sensibles.
- Los estimativos de maquinaria y equipos.
- Longitud, diámetro y profundidad estimada de las líneas de flujo y ancho del derecho de vía.

6.2.4.7 Manejo de fluidos geotérmicos

Se deben incluir las características de manejo de los fluidos geotérmicos para las diferentes fases del proyecto, así como de la infraestructura asociada:

- Describir la caracterización de los fluidos geotérmicos en cuanto a su composición química, concentración de metales pesados, temperaturas, etc., incluidas las sales asociadas.
- Presentar la ubicación georreferenciada de la infraestructura necesaria para el manejo de los fluidos geotérmicos.
- Describir los diseños tipo de la infraestructura para el manejo de los fluidos geotérmicos, incluyendo las alternativas de equipos, infraestructura, maquinaria, sistemas y procesos de manejo; así como una descripción de la operación incluyendo las pruebas a que haya lugar para determinar la efectividad del método de manejo de fluidos.
- Describir el procedimiento e indicar el tiempo mínimo y máximo de cada período de prueba.
- Describir el procedimiento de manejo de las sales asociadas a los fluidos geotérmicos
- Describir el sistema de almacenamiento (dimensiones, capacidad de almacenamiento, sistema de impermeabilización, entre otros), tratamiento y/o disposición de fluidos geotérmicos usados para las pruebas de los pozos y de los diferentes tipos de ácidos y gases (p.e, gas del ácido sulfhídrico) generados en la etapa de producción.
- Describir los procedimientos para realizar el control y seguimiento de la temperatura de los fluidos geotérmicos, antes de la disposición final que se proponga.

6.2.4.8 Gestión de fluidos geotérmicos a través de reinyección

Considerando el artículo 2.3.3.4.6. Decreto 1076 de 2015, el cual establece que “El Estudio de Impacto Ambiental requerido para el otorgamiento de la licencia ambiental para las actividades de exploración y explotación petrolífera, de gas y de recursos geotérmicos, cuando a ello hubiere lugar, deberá evaluar la reinyección de las aguas provenientes de estas actividades, previendo la posible afectación al uso actual y potencial de las aguas subterráneas contenidas en el acuífero [30].

El interesado en reinyectar el agua de pruebas de producción asociadas a fluidos geotérmicos debe garantizar la protección de los acuíferos existentes y los ecosistemas conexos, y proporcionar la información correspondiente. La reinyección se debe realizar preferentemente en el mismo reservorio geotérmico con el fin de asegurar la sostenibilidad del recurso a largo plazo. En los casos donde esto no sea posible, la reinyección debe hacerse *“en una formación geológica que cuente con las condiciones*

de inyectividad apropiadas para la confinación de estas y que cuente con un sello natural impermeable que no permita la migración de dichos fluidos hacia otras formaciones geológicas, acuíferos o a cuerpos de agua superficiales”.

La formación geológica en la cual se hace la reinyección en caso de contener agua, deberá tener condiciones que no permitan realizar un uso actual de la misma de acuerdo con los criterios de calidad establecidos en la normativa vigente. Así mismo, esta formación deberá estar localizada a una profundidad tal que con las técnicas actuales no sea posible que la misma se constituya en fuente de suministro o abastecimiento para consumo humano o doméstico o actividades agrícolas o pecuarias” [31].

Como mínimo debe presentar la siguiente información para cada pozo inyector:

- Perfil lito-estratigráfico en el cual se identifique la formación geológica a ser inyectada y todos los acuíferos identificados en la línea base local que serían atravesados por las perforaciones, describiendo, con la información disponible, sus características litológicas, texturales y estructurales, espesores y continuidad lateral, y parámetros hidráulicos.
- **Disposición final de fluidos geotérmicos a través de pozos inyectores.**

Para la disposición final de las aguas residuales provenientes de la actividad de uso (explotación) geotérmico a través de su reinyección, se debe aportar la siguiente información que permita evaluar las medidas de protección de las aguas subterráneas, de acuerdo con lo señalado en el Artículo 2.2.3.3.4.6 del Decreto 1076 de 2015 y la demás normatividad ambiental que aplique.

- **Localización propuesta para el pozo de reinyección**

Se debe definir y sustentar técnicamente la determinación de las distancias mínimas del pozo inyector propuesto y de las facilidades para el proceso de inyección a fallas geológicas, los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes, manantiales, piezómetros), así como a los ecosistemas conexos o interconectados hidráulicamente (cuerpos de agua superficial, humedales, entre otros), para lo cual se debe hacer uso del análisis de vulnerabilidad a la contaminación, datos del inventario de puntos de agua, radios de influencia máximos de los pozos que cuenten con pruebas de bombeo de larga duración, estimación de perímetros de protección para pozos destinados a abastecimiento público o al consumo humano, entre otros. Asimismo, se debe reportar la distancia a fallas geológicas identificadas.

- **Formación propuesta para reinyección**

Se debe presentar informe de geología sobre la formación en la que se está proponiendo la inyección, que incluya aspectos relacionados con:

- Identificación y caracterización de la formación geológica en la que se está proponiendo la inyección (características petrofísicas y geomecánicas), así como de las posibles capas que actúan como sello hidráulico regional supra e infrayacente de la formación propuesta para inyección, y barrera impermeable lateral que garanticen que la formación se encuentra aislada hidráulicamente, así como el análisis estructural donde se determine su posible afectación por discontinuidades estructurales identificadas (fallas, pliegues y fracturas), la calidad del agua prevista, y su caracterización hidráulica con base en la información disponible.
- Línea base de sismicidad del área que involucre el área de exploración dentro del que se encuentre el pozo inyector, con información existente, de acuerdo con las especificaciones del SGC, que permita realizar un análisis preliminar del riesgo de causar sismicidad por presencia de fallas geológicas en el área o cualquier discontinuidad con referente histórico de sismicidad en la región.

- **Diseño mecánico del pozo inyector**

Se debe presentar la identificación y resumen de la caracterización de todos los acuíferos que serán atravesados por los pozos inyectores, así mismo de debe identificar la profundidad de protección de las aguas subterráneas considerando la información del Modelo Hidrogeológico Conceptual capítulo 9.1.5 de hidrogeología, reportando el nombre o código de la formación acuífera, profundidad, espesor, parámetros hidráulicos. Una vez perforado el pozo para reinyección, se debe aportar en los informes de cumplimiento ambiental y en el programa de monitoreo, los resultados de su caracterización fisicoquímica e isotópica de acuerdo con las tablas 9 y 10.

- **Caracterización prevista de los fluidos a ser reinyectados**

Se deben presentar los volúmenes de inyección por periodo de tiempo, presiones máximas de inyección previstas, duración, periodicidad (continuo o intermitente), y características fisicoquímicas esperadas del fluido geotérmico y agua de producción (Incluidos fluidos con presencia de radionucleidos de origen natural).

- **Descripción del sistema de tratamiento previsto para el fluido a ser reinyectado**

De ser requerido el sistema de tratamiento, se deben presentar los diseños tipo en esquemas y figuras.

- **Gestión de riesgos asociados con la reinyección de fluidos geotérmicos**

Se deben identificar las situaciones que limiten o impidan el proceso de inyección o el tratamiento de los fluidos a ser reinyectados y presentar un análisis del riesgo, que contemple las medidas de prevención y mitigación, los protocolos de emergencia y contingencia y el programa de rehabilitación y recuperación.

Se debe establecer el potencial riesgo de causar microsismicidad (sismicidad inducida) por presencia de fallas geológicas activas en el área y cualquier referente histórico de estos eventos en la región. Específicamente se debe explicar cómo se escogió, para la reinyección de fluidos geotérmicos, la formación para minimizar este riesgo y cómo se adaptará el proceso de reinyección para minimizar el aumento de presión.

Realizar un análisis del riesgo por la posibilidad de migración de fluidos a otras formaciones diferentes a las sujetas a aprobación para reinyección.

- **Análisis de compatibilidad del agua de formación y los fluidos geotérmicos a ser inyectados**

Con el fin de evitar la corrosión del pozo y la pérdida de inyectividad (taconamiento) por incompatibilidad, y por tanto posible afectación de la formación objeto de inyección, una vez perforados los pozos contemplando cualquier tipología (exploratorio y/o de gradiente geotérmico y/o de uso (explotación) y/o inyector), se debe entregar copia del análisis de compatibilidad del agua de formación y los fluidos a ser inyectados, asimismo se debe garantizar un control de temperatura del fluido a inyectar de tal manera que no se generen procesos de enfriamiento prematuro.

Nota: Dentro del análisis de compatibilidad se pueden incluir medidas de control como tratamientos previos o adición de aditivos químicos para asegurar la compatibilidad del fluido a inyectar con el agua de formación.

- **Modelamiento hidrogeoquímico**

Una vez perforados los pozos contemplando cualquier tipología (exploratorio y/o de gradiente geotérmico y/o de uso (explotación) y/o inyector), se debe entregar copia del modelamiento en el cual se determine la zona de mezcla de inyección.

Nota: La anterior información para las actividades de inyección deberá corresponder con los lineamientos técnicos establecidos en la regulación expedida por la autoridad competente y para la fiscalización de las actividades técnicas de uso de energía geotérmica.

6.2.4.9 Infraestructura asociada al proyecto

Se deben incluir como mínimo las características y ubicación aproximada de la totalidad de la infraestructura asociada, para lo cual se podrá tomar como referencia la siguiente tabla, pero sin limitarse a esta:

Tabla 1. Infraestructura asociada al proyecto

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Campamentos permanentes y transitorios, sitios de acopio y almacenamiento de materiales y cualquier tipo de infraestructura relacionada con el proyecto	Campamentos: Incluir cuantificación aproximada de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles, así como el número de habitantes promedio que se albergará en dichas instalaciones, tanto para los campamentos de uso permanente como para los temporales.
	Plano esquemático con la localización de cada campamento y las instalaciones que lo componen.
	Sitios de acopio y almacenamiento de materiales: Localización.
	Otro tipo de infraestructura: Identificación, descripción y localización.
Fuentes de materiales	Identificación y localización.
Infraestructura de drenaje	Infraestructura de drenaje.
	Infraestructura de subdrenaje.
	Cruces de corrientes de aguas superficiales.
Infraestructura geotécnica	Obras de geotecnia y/o estabilidad de taludes con las respectivas memorias de cálculo y diseño.
Infraestructura de suministro de energía	Sistemas y fuentes de generación y transporte de energía (redes de energía y fuentes de energía).
Infraestructura de suministro de agua	Sistemas y fuentes de aprovisionamiento de agua para el desarrollo de la actividad.
Infraestructura asociada al proceso de producción: pozos de producción, pozos de reinyección, planta de generación	Sistemas de manejo de lodos y sobrantes de perforación. Sistemas de transporte de fluidos geotérmicos Tipo de planta, número de unidades y capacidad a instalar Plataformas de perforación Infraestructura de superficie asociada a las actividades de prueba y elementos complementarios para contingencias Sistemas de tratamiento y disposición de fluidos y aguas residuales

Desmantelamiento y cierre ambiental

En articulación con lo presentado en el numeral del Plan de desmantelamiento y cierre ambiental, de los presentes términos de referencia, exponer de manera general el objetivo y el alcance de esta fase del proyecto. Debe describirse lo correspondiente a la infraestructura asociada y temporal considerada en las anteriores etapas del proyecto, como mínimo se debe allegar la información solicitada a continuación:

- Descripción detallada de los métodos, equipos y procedimientos de desmontaje y/o desanclaje de la(s) unidad(es) empleadas en todas las fases del proyecto.
- Descripción del desmontaje de infraestructura temporal utilizada para el desarrollo del proyecto.
- Acciones ambientales que se adelantaran con respecto a vías temporales o permanentes o los tramos de estas que, una vez finalizado el proyecto, dejaran de ser transitadas y deberán ser cerradas y clausuradas.
- Estrategia de comunicación y participación con los grupos de interés sobre los aspectos relacionados con el desmantelamiento del proyecto.
- Condiciones ambientales en las cuales queda el área.
- Propuesta final del uso del suelo para el área intervenida por el proyecto.
- Seguimiento y monitoreo previstos a las condiciones de cierre ambiental del proyecto.

6.2.4.10 Insumos del proyecto

Para la ejecución y operación del proyecto, se debe presentar el listado y la estimación de los volúmenes de insumos que se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Insumos del proyecto

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
Materiales de construcción	Materiales pétreos (explotados en minas y canteras de tercero, usados como agregados en la fabricación de concretos, pavimentos, obras de tierra y otros productos). Para los materiales pétreos se deberán presentar los permisos de viabilidad minera y ambiental correspondientes.
Otros	Materiales y productos como combustibles, aceites, grasas, disolventes, reactivos, gases comprimidos, entre otros. Presentar las respectivas hojas de seguridad para materiales y especificar tanto los sistemas de almacenamiento como el manejo de los insumos sobrantes. Insumos procesados como concreto hidráulico, concreto asfáltico, metales, prefabricados y triturados, entre otros.

	Estimar y describir las necesidades de energía eléctrica de soporte si es requerida.
	Demás insumos que se requieran para las diferentes actividades del del proyecto.
Aprovechamiento de RCD	Residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles u otras actividades conexas, susceptibles de aprovechamiento.

Cuando se requiera de materiales de construcción para la ejecución de las obras civiles o su mantenimiento, se deben identificar y localizar (georreferenciar) los sitios que respondan a la demanda del proyecto y que cuenten con las autorizaciones vigentes de la Agencia Nacional Minera (ANM) y las autoridades ambientales competentes, incluyendo el título minero registrado, el Registro Único de Comercializadores de Minerales (RUCOM) y la licencia ambiental, respectivamente, sin que el proyecto se encuentre en su fase de abandono y recuperación, especificando la capacidad de la fuente, en términos de reservas autorizadas en el caso de canteras o volúmenes anuales de explotación en el caso de materiales de arrastre.

Si el proyecto, obra o actividad contempla el desarrollo de actividades de explotación de materiales de construcción^{vi}, a fin de suplir sus necesidades, se deben describir detalladamente tales actividades de explotación^{vii}, de forma que la autoridad ambiental pueda conocer, entre otros, su localización, área, volumen y clase de material a extraer (así como el destino del material extraído), obras previas a la explotación, proceso de extracción, necesidades de infraestructura, volumen, tipo y disposición de sobrantes de la explotación y del beneficio, sistemas de control, manejo de aguas de escorrentía y de aguas naturales en el drenaje, así como el tiempo de explotación. En este caso se debe contar con título minero o autorización temporal vigente de la ANM.

6.2.5 Infraestructura y servicios a interceptar por el proyecto

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

^{vi} En dicho caso, en el capítulo 1 se debe presentar la descripción de la actividad con el respectivo diseño de la explotación, acorde con los trabajos de exploración y el Plan de Trabajo y Obra - PTO presentado

^{vii} Dado que estas actividades de explotación de materiales de construcción se desarrollan directamente por el proyecto, obra o actividad, se debe asegurar total coherencia entre dichas actividades y los demás elementos del EIA que se le relacionen, por ejemplo, delimitación del área de influencia, evaluación ambiental, caracterización ambiental, zonificación ambiental, zonificación de manejo ambiental, plan de manejo ambiental, plan de seguimiento y monitoreo, plan de desmantelamiento y abandono (atendiendo los lineamientos señalados en los términos de referencia sobre proyectos mineros), entre otros.

Tabla 3. Infraestructura y redes de servicios

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Servicios públicos	Redes de acueducto y alcantarillado.
	Redes de oleoductos y gas.
	Redes eléctricas.
	Redes de tecnologías de la información y las comunicaciones.
Otros	Distritos de riego.
	Vías (Red Vial Nacional, secundarias y terciarias).
	Predios (Describir su uso: dotacional, educativo, vivienda, etc.).
	Vías férreas.
	Demás infraestructura y redes interceptadas.
	Usos asociados al recurso (p. e. usos recreativos, medicinales, etc.).

6.2.6. Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición

6.2.6.1 Materiales sobrantes de excavación

Cuando el proyecto contemple para el manejo de los materiales sobrantes de excavación, la adecuación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación (ZODME), deberá presentar para cada una de ellas lo siguiente:

- Caracterización geotécnica del ZODME.
- Localización georreferenciada y mapas topográficos con planimetría y altimetría de los sitios potenciales para la ubicación de las ZODME.
- Volúmenes de materiales estimados a disponer.
- Conformación tipo, taludes, altura máxima y las obras necesarias para el manejo.
-
- Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamiento ante cargas externas.
- Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de las ZODME.
- Programa de revegetalización (diseño paisajístico)
- Parámetros de diseño, 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, estructuras de confinamiento y contención y taludes, entre otros).
- Descripción del proceso de conformación.
- Planta y perfiles de la conformación final contemplada.
- Identificación de los usos finales de cada una de las ZODME propuestas.

6.2.6.2. 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 la Resolución 472 de 2017 modificada por la Resolución 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 sitios para disposición, 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.

6.2.7. Residuos peligrosos y no peligrosos

Con base en las características del proyecto según las diferentes fases y actividades del proyecto (numeral 1.2.2) se debe presentar la siguiente información:

- Clasificación de los residuos sólidos (aprovechables, especiales, de construcción y demolición, ordinarios, etc., de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), y de los residuos peligrosos (según lo previsto en el Capítulo 1, Título 6, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015).
- Sistema de tratamiento de los residuos derivados de cada proceso (indicando características, insumos y eficiencia) y su disposición final con terceros autorizados, entre otros, según sea el caso.
- Estimación de los volúmenes de residuos sólidos y peligrosos a generarse en desarrollo del proyecto, definiendo además la actividad o fase generadora.
- Propuesta de manejo para cada tipo de residuo: almacenamiento, transporte interno y externo, aprovechamiento (reutilización, reciclaje, incineración con fines

de generación de energía, compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos) y tratamiento.

- Alternativas de disposición final seleccionadas, asociadas cuando el manejo no lo haga un tercero.
- Para los cortes de perforación de los pozos (desarrollo o reinector) se deberán realizar los análisis fisicoquímicos para establecer si se consideran residuos peligrosos, según lo establecido en el Decreto 1076 de 2015.

Para el manejo de los residuos sólidos, el EIA debe tener en cuenta las consideraciones contempladas en el PGIRS del municipio de acuerdo con lo establecido en la Resolución 754 de 2014 de los Ministerios de Vivienda Ciudad y Territorio, y Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Resolución 472 de 2017, la Resolución 1257 de 2021 y las demás normas vigentes sobre la materia, o aquellas que las modifiquen, sustituyan o deroguen.

Así mismo, se deberá tener en cuenta la normatividad referente a los residuos posconsumo tales como luminarias, baterías de plomo ácido, pilas y acumuladores, computadores y periféricos, envases de plaguicidas, medicamentos vencidos y llantas usadas.

Nota: En caso de que exista la probabilidad de generación de residuos NORM derivados del tratamiento del fluido geotérmico, se debe indicar su eventual procedencia (actividad e insumos que intervienen en su generación), la descripción del manejo (condiciones de almacenamiento, en caso de realizarlo) y disposición de este tipo de residuos de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente del Ministerio de Minas y Energía. En caso de ser entregados a un tercero, se debe adjuntar al estudio, los permisos de operación para la actividad de la empresa que se estima gestionaran el residuo.

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.

6.2.8. Costos del proyecto

Se deben presentar los costos totales estimados del proyecto de acuerdo con lo previsto en el artículo 2.2.2.3.6.2, Sección 6, Capítulo 3, del Decreto 1076 de 2015 o el que lo modifique, sustituya o derogue.

6.2.9. Cronograma del proyecto

Se debe incluir el plazo de duración del proyecto y el cronograma estimado de actividades, para cada una de las fases de este.

6.2.10. Organización del proyecto

Se debe presentar la estructura organizacional para la ejecución del proyecto, estableciendo la instancia responsable de la gestión ambiental y social, y sus respectivas funciones (artículo 2.2.8.11.1.1 y siguientes del Decreto 1076 de 2015)

7. ÁREA DE INFLUENCIA^{viii}

El interesado debe delimitar el área de influencia del EIA de acuerdo con lo señalado en el correspondiente capítulo de la MGEPEA. El área de influencia del EIA corresponde a la zona donde se manifiestan los impactos ambientales significativos que tiene la potencialidad de generarse por la ejecución del proyecto. La delimitación del área de influencia del EIA debe ser debidamente sustentada, cartografiada y presentada bajo los lineamientos de la MGEPEA, en planos a escala 1:10.000 o más detallada haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Nota: La definición del área de influencia incide en la implementación de las medidas de manejo propuestas, por lo que éstas se deben enmarcar en las áreas que serían impactadas por las actividades.

8. LINEAMIENTOS DE PARTICIPACIÓN CON GRUPOS DE INTERES

El desarrollo del proceso participación y socialización de la información del EIA, debe atender los lineamientos establecidos en la MGEPEA acogida por la Resolución 1402 de 2018 o aquella que la modifique o sustituya, de igual manera debe ir en concordancia con la normatividad vigente teniendo especial atención en las actualizaciones sobre mecanismos de participación y acceso a la información de los grupos de valor en temas ambientales, así como el alcance que tiene el proyecto en el marco de un EIA.

Con el fin de garantizar el acceso a la información pública ambiental, promoviendo así la participación pública en la toma de decisiones, el proceso de información y participación con los grupos de valor en la elaboración del EIA debe conllevar como mínimo a:

^{viii} El área de influencia del proyecto, obra o actividad debe considerarse como una única área, no necesariamente continúa, que resulta de la integración o sumatoria de las áreas de influencia por componente, grupo de componentes o medio. En los casos en que en este documento se mencione “*el área de influencia*” o “*las áreas de influencia*”, se entenderá como el área de influencia del proyecto, obra o actividad.

- Fomentar la asistencia de los grupos de valor a los espacios convocados, los cuales deben ser divulgados con suficiente tiempo de antelación y a través de diferentes medios de comunicación idóneos tanto físicos como virtuales.
- Garantizar una transmisión y presentación efectiva de la información relacionada con el proyecto, obra o actividad y el respectivo estudio ambiental. Esta información debe estar disponible de manera permanente, y debe presentarse atendiendo las particularidades de los grupos de valor, con enfoque diferencial y adecuando los contenidos a un lenguaje claro.
- Promover la intervención activa de los participantes considerando sus características socioculturales y aplicando un enfoque diferencial.
- Generar confianza entre las partes involucradas para promover la participación efectiva.
- Atender los principios de acceso y divulgación de la información, asegurando que los grupos de valor comprendan los riesgos de las actividades y los impactos del proyecto, obra o actividad, mediante la simplificación de conceptos y el uso de términos comprensibles.
- Diseñar e implementar espacios de participación que reconozcan y respondan a las características, necesidades y condiciones específicas de los grupos poblacionales con enfoques diferencial y territorial.
- Es posible ejecutar el proceso de participación empleando mecanismos virtuales, previo análisis de los medios logísticos y tecnológicos de los que disponen las personas o grupos de interés a los cuales se dirigen tales mecanismos, con el fin de que los mismos, sean idóneos para garantizar una participación ambiental efectiva
- Fomentar la participación efectiva e incluyente en la toma de decisiones ambientales por parte de la comunidad.
- Valorar el conocimiento local, el diálogo y la interacción de las diferentes visiones y saberes, aportados mediante el proceso de participación, en los diferentes acápite del estudio ambiental, incluida la caracterización ambiental del área de influencia del proyecto, obra o actividad, en la identificación y valoración de los impactos ambientales y en la definición de las medidas de manejo.

De igual forma, y de acuerdo con el alcance del proyecto, obra o actividad, la participación debe contemplar a las autoridades nacionales en caso de que afecte las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), a las autoridades regionales o departamentales en los casos en que el proyecto, obra o actividad sea considerado de interés regional y a las autoridades étnicas, si con el proyecto puede llegar a haber una afectación al territorio o componente de valor significativo para su comunidad. Lo anterior, sin perjuicio de la solicitud

de certificado de procedencia de consulta previa que deberá efectuar el interesado ante la Dirección Nacional de Consulta previa del Ministerio del Interior.

Para cada uno de los encuentros definidos para el proceso de participación, se deben presentar las evidencias organizadas en tres instancias: antes, durante y después:

- Antes:
 - ✓ **Identificación de los grupos de valor**, teniendo en cuenta aspectos como: edad, condiciones sociodemográficas, saberes ancestrales o comunitarios, cobertura, tipo, frecuencia, nivel educativo, población objetivo y situaciones de vulnerabilidad y las características del territorio que habitan.
 - ✓ **Preparación y divulgación de la información**: con el fin de garantizar que la información sea difundida en formatos y lenguajes comprensibles y adecuados, de forma oportuna, para facilitar su apropiación y comprensión por parte de los grupos de valor. Se debe evidenciar cómo se diseñó y elaboró el material informativo que se presentó a estos grupos, teniendo en cuenta:
 - Uso de recursos visuales complementarios como infografías, mapas ilustrados, esquemas o diagramas que faciliten la comprensión.
 - Evitar tecnicismos innecesarios. Cuando el uso de términos técnicos sea indispensable, incluir definiciones simples y ejemplos ilustrativos.
 - Adecuar el nivel de complejidad del lenguaje según el perfil sociocultural, educativo y lingüístico de los grupos de valor identificados.
 - La información debe ser difundida antes del desarrollo de espacio de participación, con el fin de que los asistentes puedan preparar sus intervenciones
 - ✓ **Planificación de los espacios de información y participación**:
Incluye:
 - Diseño de proceso de participación, estimación de recursos suficientes y definición del número de encuentros para el desarrollo del proceso de participación y divulgación de los resultados del proceso, de acuerdo con las características y necesidades propias de los grupos de valor.
 - La organización de los procesos de convocatoria para los actores involucrados.
 - La selección del tipo de espacios, metodologías y estrategias informativas.
 - Convocatoria a los espacios de participación, teniendo en cuenta cobertura, antelación al espacio de participación y medios de comunicación empleados, incluyendo el envío de la correspondencia a los actores involucrados, si aplica, u otros mecanismos de convocatoria que

garanticen la representatividad de los diversos grupos de valor.

- Durante: Las evidencias deben mostrar que:
 - ✓ Se presentó la información de manera clara y efectiva promoviendo el diálogo, argumentación y debate entre los participantes o grupos de valor.
 - ✓ Quienes participaron pudieron expresar las opiniones con libertad y no se privilegiaron las intervenciones de ningún actor en especial.
 - ✓ Se usó un lenguaje y terminología adecuados a las características de los grupos de valor, para garantizar la comprensión de la información y participación efectiva.
 - ✓ Se establecieron plazos razonables para la ejecución del proceso de participación, de forma que den tiempo suficiente para informar a las comunidades y para que estas participen en forma efectiva.
 - ✓ Se recogieron o sistematizaron los aportes recibidos para posteriormente ser analizados y considerados en la elaboración del EIA
 - ✓ De este proceso se deben elaborar los soportes y/o evidencias correspondientes, acorde a los establecidos en la MGEPEA.
- Después:
 - ✓ Se deberá efectuar el análisis de los aportes recibidos, y hacer explícito en el estudio ambiental como fueron tenidos en cuenta para elaboración de los diferentes aparatos.
 - ✓ Una vez finalizado el análisis de los insumos recibidos durante el proceso de participación, se debe informar de manera amplia y clara a los participantes sobre los resultados. Esto incluye especificar si los insumos, comentarios y sugerencias fueron incorporados en el estudio ambiental y señalar cómo y en qué parte del estudio se abordaron. En caso de que no se hayan incluido, se debe justificar.

En caso de procedencia de proceso de consulta previa, debe adelantarse conforme el pronunciamiento emitido por la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa - DANCP y la normatividad vigente.

Si bien para la radicación del trámite de licenciamiento ambiental no se exige la protocolización del proceso de consulta previa, esto no significa que el proyecto quede eximido de adelantar dicho proceso hasta su protocolización.

En cuanto a la documentación de los respectivos soportes en el Estudio de Impacto Ambiental, en el caso de uso de mecanismos virtuales, 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.

De igual manera, la aplicación de los lineamientos de participación debe garantizar los siguientes propósitos:

- i. Proporcionar la información suficiente, de manera clara, oportuna, accesible y comprensible, para la efectiva participación de los actores del área de influencia.

Esta información debe estar relacionada por los menos con las siguientes temáticas:

- Características técnicas, actividades y alcance del proyecto.
 - Objetivo y alcance del estudio ambiental a elaborar en el marco del proceso de licenciamiento ambiental.
 - Características y diferencias de cada una de las etapas del proyecto, obra o actividad, cuando aplique.
 - Normativa ambiental aplicable (proceso de licenciamiento ambiental, autoridades competentes, entre otros).
- ii. Promover la deliberación y argumentación de los actores involucrados sobre el proyecto, obra o actividad, de forma que se identifiquen y registren los impactos ambientales a generarse con las actividades previstas en cada una de sus fases, y se formulen las medidas de manejo ambiental encaminadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar tales impactos.

Dicha deliberación debe considerar como mínimo los siguientes contenidos:

- Fases y actividades.
- Infraestructura proyectada.
- Área de influencia del proyecto y de cada medio.
- Resultados de la caracterización ambiental de cada medio.
- Impactos ambientales asociados a la ejecución del proyecto, obra o actividad.
- Resultados de la zonificación ambiental y de la zonificación de manejo ambiental.

- Permisos requeridos para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales (captaciones, vertimientos, emisiones, aprovechamiento forestal, entre otros).
- Plan de contingencias.
- Plan de compensación por pérdida de biodiversidad.
- Plan de inversión de no menos del 1%.

Deben garantizarse los espacios suficientes para que se les permita a las comunidades expresar sus aportes, inquietudes u observaciones respecto a la información sobre el proyecto, obra o actividad e impactos ambientales y medidas de manejo. Asimismo, deben anexarse al estudio evidencias suficientes que validen el grado de participación alcanzado durante los espacios de diálogo y deliberación.

- iii. Presentar los resultados del EIA de manera previa a la radicación ante la autoridad ambiental competente. En estos espacios se deben presentar las decisiones tomadas como resultado de la implementación del proceso de participación en la elaboración del estudio ambiental. En caso de que no se estimen pertinentes los aportes de los actores involucrados en el proceso participativo, se deben argumentar las razones por las cuales se aparta de dichas consideraciones.

El resultado del intercambio y análisis de información de los diferentes actores involucrados, así como las conclusiones y acuerdos que de dicho proceso se deriven, deben ser incluidos y analizados en el estudio ambiental; por tanto, todo el proceso de participación debe ser documentado y evidenciado en el EIA.

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 deben incluir las evidencias que den cuenta del proceso de participación efectiva, de acuerdo con los criterios señalados anteriormente sobre este aspecto.

9. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

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

En este capítulo se debe aportar información cualitativa y cuantitativa que permita, en primera instancia, conocer las características actuales del ambiente en el área de influencia del proyecto, y posteriormente, realizar una adecuada comparación de las

variaciones de dichas características durante el desarrollo de las diferentes actividades que hacen parte de las fases del proyecto.

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 ambientales

Para la definición del área de influencia del medio abiótico se debe considerar las posibles zonas de recarga y todas sus manifestaciones hidrotermales superficiales, así como del sistema geotérmico hidrotermal (manantiales, fumarolas, focos de emisión de gas).

9.1. MEDIO ABIÓTICO

La información de caracterización de este medio debe permitir conocer las condiciones físicas existentes en el área de influencia antes de la ejecución del proyecto. Para ello, se deben caracterizar los siguientes componentes:

9.1.1. Geológico

El alcance de la información debe estar enfocado a brindar comprensión “sobre el sistema geotérmico hidrotermal y los rasgos geológicos, estructurales, geofísicos y geoquímicos identificados a través de los estudios de exploración para elementos que constituyen dicho sistema: zona de recarga, fuente de calor, reservorio y conductos de circulación, capa sello y zona de descarga.

Presentar una síntesis de los resultados finales de los análisis fisicoquímicos realizados en los fluidos geotermales identificados en la fase exploratoria, incluidos los superficiales existentes en el área de influencia con información de la temperatura de los fluidos en el reservorio, procesos de ebullición, características químicas de los fluidos profundos, circulación de los fluidos y origen de estos en el área, entre otros.

Adicionalmente, se debe presentar el reporte y análisis de la información disponible sobre sismicidad instrumental e histórica en el área de influencia del proyecto, delimitando zonas críticas y vulnerables; así mismo, en la eventualidad de existir, se debe presentar un análisis de amenaza volcánica en el área de influencia del proyecto.

Igualmente se debe presentar un contexto sobre los fenómenos geológicos internos (sismicidad y vulcanismo) y sus efectos sobre los procesos geomorfológicos (erosión, movimientos en masa y sedimentación), que podrían constituirse en amenaza natural para el área de influencia del proyecto, los cuales deben ser desarrollados en los componentes de geomorfología y geotecnia.

Al respecto, se deben describir las unidades geológicas aflorantes (haciendo énfasis en la geología alterada por procesos hidrotermales), y de la geología estructural del área regional (orientación de estratos, fallas, pliegues, entre otras) y zonas de concentración de esfuerzos tectónicos que no estén implícitos en la cartografía oficial), y presentar las columnas estratigráficas y los perfiles geológicos siguiendo los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

El responsable del estudio debe complementar la información anterior con planos en planta y secciones transversales, incluyendo la cartografía de elementos geológicos de carácter regional, el cual es a su vez el insumo fundamental de los modelos geotécnicos, hidrogeológicos y sismotectónicos.

Nota: Se deberá contemplar información de estudios de magnetotelúrica, transitorio electromagnético, gravimetría o microgravimetría, y magnetometría que apoyen el análisis del movimiento del fluido a largo plazo, lo cual da sustento a la línea base ambiental. Además, permite asociar espacialmente los máximos locales del gradiente horizontal de la anomalía y agrietamientos en superficie e identificar zonas con mayor potencial para desarrollo de fracturamientos o planos de debilidad subterránea.

La información debe ser presentada a escala 1:10.000 o más detallada, si el análisis lo requiere, se debe contar con una escala de trabajo de detalle y una escala de presentación que permita su lectura. La información debe ser consistente con la nomenclatura geológica nacional, establecida por el SGC, así como con la establecido en los dominios del MAG.

9.1.1.1. Estratigrafía

Se deben describir las unidades litológicas referenciando su edad, origen, espesor, distribución y posición en la secuencia estratigráfica, siguiendo los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

La descripción y secuencia tanto vertical y horizontal de la totalidad de la secuencia estratigráfica se debe presentar a una escala detallada no inferior a 1:10.000.

9.1.1.2. Geología estructural

Se debe presentar la identificación y caracterización de las estructuras geológicas regionales y locales, así como los lineamientos fotogeológicos, el análisis de rasgos tectónicos, de las fallas locales indicando su orientación, sentido, ancho de la zona de falla, presencia de brechas, entre otras características, de las fracturas, conforme a los

lineamientos establecidos en la MGEPEA. La nomenclatura generada debe dar cumplimiento con lo establecido por el SGC.

La información relacionada con las unidades estratigráficas y los rasgos estructurales, que está soportada en perfiles estratigráficos, debe tener su respectivo registro fotográfico debidamente fechado, identificado y georreferenciado, y deberá estar soportada en la información geológica detallada en la fase de exploración geotérmica.

9.1.1.3. Sismicidad

Se debe presentar una descripción de la sismicidad existente en el área de influencia del proyecto, a partir de la información evaluada para definir las actividades de emplazamiento, diseño, construcción y perforación para uso (explotación – perforación y planta geotérmica y reinyección); así mismo, el análisis de la información de sismos históricos y su relación con las fallas geológicas cartografiadas, el desarrollo de procesos de erosión y movimientos en masa, conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

Para el análisis de eventos sísmicos históricos durante los últimos 50 años se debe considerar el registro de información existente en el catálogo de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), a una distancia de 25 km alrededor del área del proyecto; de acuerdo con lo establecido por la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente de 2010 (NSR-10).

La información de sismicidad debe generarse en escala 1:50.000 o más detallada, acorde con el área del proyecto de exploración geotérmica.

9.1.1.4. Geomorfología

Se deben describir las unidades geomorfológicas, identificando las geoformas y su dinámica en el área de influencia del componente, incluyendo la génesis de las diferentes unidades y su evolución, rangos de pendientes, patrón y densidad de drenaje, entre otros, conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

Adicionalmente, se debe realizar una clasificación geomorfológica que contemple la litología superficial, unidades de paisaje, formas y procesos geomorfológicos dominantes. Las pendientes se deberán determinar de acuerdo con los dominios establecidos en el MAG.

Se debe presentar la información cartográfica a una escala 1:10.000 o más detallada si el análisis lo requiere, haciendo uso de la tecnología disponible y control de campo.

Esta información debe contar con una escala de trabajo detallada y una escala de presentación que permita su lectura. El documento debe adjuntar las imágenes interpretadas.

9.1.1.5. Geotecnia

Con base en la información geológica, de sismicidad, geomorfológica, pendientes, se debe elaborar el mapa de susceptibilidad de áreas erosionadas y de fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, flujos y/o avenidas torrenciales), y subsidencia el cual constituye insumo para la elaboración del mapa de amenaza para este tipo de fenómenos, según lo previsto en la MGEPEA.

Se debe evaluar la presencia de depósitos sin consolidación o coberturas de suelos, cuyo comportamiento geotécnico sea importante en la estabilidad de la zona, con especial énfasis en depósitos de origen volcánico.

En caso de requerirse información específica sobre estabilidad, se deben presentar soportes de los análisis de estabilidad, entre los cuales se deberán incluir los resultados de laboratorio de granulometría, conductividad hidráulica de los suelos, capacidad portante, humedad y demás parámetros geotécnicos producto de sondeos de suelos (o de rocas si son requeridos), que en su conjunto den soporte a los resultados de los análisis de geotécnicos.

Se debe presentar 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.

Se debe presentar la información cartográfica a una escala 1:10.000 o de mayor detalle si el análisis lo requiere.

En el caso de que el proyecto contemple la línea de conexión se deberá presentar adicionalmente:

- Información específica sobre la estabilidad en los sitios de cimentación de las torres y en los sitios de construcción de las subestaciones (cuando haya a lugar); la información debe incluir los análisis de capacidad portante del terreno, resistencia a la compresión del suelo granulometría y humedad natural, entre otros.
- La información se debe presentar en mapas a escala 1:10.000 o más detallada. En todo caso para procesos de inestabilidad relevantes (procesos erosivos,

deslizamientos, movimientos en masa, reptaciones, entre otros) que puedan afectar la estabilidad geotécnica de la infraestructura asociada al proyecto, se debe utilizar una escala más detallada de 1:10.000 a través de la cual se permita la adecuada lectura de la información.

9.1.2. Edafológico

Se debe presentar la caracterización de suelos conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

Para el suelo de soporte en áreas de plataformas y en particular aquellas áreas en donde se ubiquen actividades con alta potencialidad de filtración de sustancias nocivas y/o perturbaciones al suelo, se debe presentar un levantamiento o estudio de suelos a escala 1:5.000, o más detallado

Se debe presentar la información cartográfica a una escala 1:10.000 o de mayor detalle si el análisis lo requiere.

9.1.3. Uso de las tierras

Se debe presentar el mapa de suelos y de capacidad de usos del suelo, vocación, uso actual y de conflicto de uso del suelo, conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

Se debe elaborar el mapa de uso actual del suelo siguiendo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), a partir de la fotointerpretación e interpretación de imágenes de satélite (sensores remotos) y del control de campo. Presentar el mapa de uso permitido de la tierra de acuerdo con lo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT,), presentar el mapa de determinantes ambientales, elaborar el mapa de conflictos de la tierra y presentar la información documental y cartográfica adicional que sirva de soporte. Se debe realizar mediciones para caracterización de radionucleidos de origen natural en matriz sólida (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ra) en cuanto a su concentración Bq/g.

La información cartográfica se debe presentar a una escala 1:10.000 o de mayor detalle si el análisis lo requiere.

9.1.4. Hidrológico

Se debe localizar el área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional, identificando y localizando los sistemas lénticos y lóticos, y las zonas de recarga

potencial de acuíferos, siguiendo los lineamientos establecidos en la MGEPEA. Además, se debe realizar una caracterización morfométrica de las fuentes que pueden ser intervenidas por el proyecto, identificando su dinámica fluvial, así como las posibles alteraciones de su régimen natural (relación temporal y espacial de inundaciones), y sus patrones de drenaje y divagación.

Asimismo, es necesario 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 las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP por sus siglas en inglés) definidas y validadas técnica o científicamente por una entidad con conocimientos climatológicos, usando al menos el valor máximo y mínimo de cada variable para un período de mínimo 20 años entre los años 2021 a 2100. 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.

Igualmente, el estudio hidrológico debe contener la siguiente información:

- Cuencas clasificadas de acuerdo con la estructura establecida por el IDEAM para la ordenación y manejo de las cuencas, contemplada en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- Descripción de los patrones de drenaje a nivel regional, el régimen hidrológico y los caudales característicos de las principales corrientes y de aquellas a intervenir a partir de los registros históricos o calculados de datos diarios de caudales máximos, medios y mínimos (o mensuales, si no existen registros diarios). La presentación del resumen gráfico de las series de caudal debe hacerse utilizando, en lo posible, diagramas de cajas y bigotes (boxplots) en donde se indiquen los valores máximos, medios y mínimos, y los principales percentiles.
- Descripción y localización, mediante un mapa a escala 1:2.500 o más detallada, de la red hidrográfica y el tipo y la distribución de las redes de drenaje.
- Identificación de la dinámica fluvial de las fuentes que pueden ser afectadas por el proyecto, así como las posibles alteraciones de su régimen natural (relación temporal y espacial de inundaciones).

- Principales características morfométricas de las unidades de análisis hidrográficas asociadas a los puntos de intervención, así como de las asociadas con los puntos de información utilizados para la caracterización hidrológica.

En ausencia de información oficial de series históricas de caudales, se pueden implementar metodologías de estimativos indirectos mediante técnicas de regionalización, correlaciones hidrológicas, relaciones área–precipitación-caudal, modelos de simulación hidrológica alimentados con datos espaciales, hidroclimatológicos y de uso y cobertura del suelo, entre otros.

Estos métodos se deben implementar en aquellos cuerpos de agua en los que se proyecte intervención directa. Se debe justificar detalladamente la selección de la metodología, sus ventajas y sus limitaciones de acuerdo con la cuenca bajo estudio. Los modelos de simulación hidrológica deben estar debidamente calibrados y validados.

La información cartográfica se debe presentar a escala 1:10.000 o de mayor detalle si el análisis lo requiere.

9.1.4.1. Calidad del agua

Se deben presentar los métodos y técnicas empleados para realizar muestreos. Así mismo, la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las principales corrientes hídricas del área de influencia del componente, incluyendo aquellas susceptibles de intervención o impacto por el proyecto (concesión, vertimientos y ocupaciones de cauces) y de los cuerpos de agua que sean de uso para consumo humano y doméstico. Se deben considerar las dos (2) épocas climáticas (un periodo seco y un segundo periodo que puede corresponder a una condición hidrológica húmeda o de transición, o viceversa ^{ix}) En todos los casos la caracterización se debe realizar siguiendo la misma masa de agua sobre la corriente muestreada.

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 fase de construcción y operación del proyecto.

De igual manera se deberán tomar muestras y analizar puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo de los potenciales puntos y/o zonas de captación, vertimientos y ocupaciones de cauces y lechos; los puntos se deberán identificar y justificar con base en el inventario de usos y usuarios y demás condiciones hidrológicas representativas de la zona, teniendo en cuenta los parámetros descritos en la tabla 4.

^{ix} En áreas desérticas del país, se debe realizar la caracterización considerando dos periodos secos.

En el informe sobre la toma de muestras, se debe adjuntar los protocolos de monitoreo, toma, preservación, transporte y análisis de muestras, con su respectivo registro fotográfico y copia de la cadena de custodia, realizando el análisis de la calidad del agua a partir de la correlación de los datos fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos.

Se deben caracterizar por lo menos los parámetros establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos que se deben caracterizar en cuerpos de agua superficiales presentes en el área de influencia

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Temperatura	(°C)
Potencial de Hidrógeno – pH	Unidades de pH
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂).
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L
Grasas y Aceites	mg/L
Fenoles Totales	mg/L
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	mg/L
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)
Turbiedad	(UNT)
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L O ₂
Potasio	mg/L
Hidrocarburos	
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L
Compuestos de Fósforo	
Fósforo Total (P)	mg/L
Compuestos de Nitrógeno	
Nitrógeno Total	mg/L
Iones	
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L
Sulfatos (SO ₄)	mg/L
Metales y Metaloides*	
Arsénico (As)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Bario (Ba)	mg/L
Cinc (Zn)	mg/L
Cobre (Cu)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L

PARÁMETROS	UNIDADES
Hierro (Fe)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Níquel (Ni)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Plata (Ag)	mg/L
PARÁMETROS	UNIDADES
Selenio (Se)	mg/L
Otros Parámetros para Análisis y Reporte	
Acidez Total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
Dureza Cálrica	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	mg/L CaCO ₃
Color Real (m ⁻¹) (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620nm).	m ⁻¹
Microbiológicos	
Coliformes Totales	NMP/100 mL
Coliformes Fecales	NMP/100 mL
E. Coli	NMP/100 mL
Radionucleidos de origen natural en matriz líquida	
²²² Rn	Bq/l
²²⁶ Ra	Bq/l
²²⁸ Ra	Bq/l
Hidrobiológicos	
Perifiton	
Plancton	
Bentos	
Macrófitas	
Fauna Íctica	

*Se deben incluir en el análisis, los parámetros de calidad fisicoquímica que no estén relacionados en la presente tabla y que den cuenta de impactos que puedan generarse con el desarrollo del proyecto.

Fuente: DAASU Minambiente 2018

Se debe realizar el cálculo del Índice de Langelier y de la Capacidad Buffer (Tampón) de las corrientes hídricas del área de influencia del componente, susceptibles de intervención por el proyecto, con el fin de establecer la capacidad de la corriente hídrica para mantener estable el pH ante los aportes de ácidos y bases.

Se debe estimar el Índice de Calidad del Agua (ICA), el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), el Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), el

Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) y el Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO) para los cuerpos de agua caracterizados.

Se debe estimar el Índice de Alteración del Potencial de la Calidad del Agua^x para las corrientes correspondientes a las Subzonas Hidrográficas (de acuerdo con la clasificación establecida por el IDEAM para la ordenación y manejo de las cuencas). 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.

Las muestras tomadas deben ser de tipo integrada en la profundidad y en la sección transversal, cuando es aplicable, de lo contrario puntual, siguiendo los lineamientos establecidos por el IDEAM^{xi}.

- Los análisis de las muestras deben ser efectuados por laboratorios acreditados por el IDEAM para el componente agua. Si no existen laboratorios acreditados disponibles para el análisis de algún parámetro específico, los laboratorios acreditados por el IDEAM podrán realizar la toma de la muestra de acuerdo con los procedimientos establecidos y enviarla a un laboratorio internacional acreditado, ya sea en su país de origen o bajo un estándar internacional, mientras se completa el proceso de acreditación en los laboratorios nacionales.

La evaluación de la calidad del agua debe seguir el Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, elaborada por el IDEAM^{xii} o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

9.1.4.2. Usos del agua

Se debe presentar el inventario de fuentes superficiales y subterráneas siguiendo los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

Identificar los usos del agua, teniendo en cuenta los establecidos en el artículo 2.2.3.2.7.6 del Decreto 1076 de 2015 o aquel que lo modifique o sustituya

En caso de existir Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) elaborado por la autoridad ambiental, se debe consultar y en caso de ser necesario complementar, con

^x IDEAM. 2019. Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-5489-12-7

^{xi} IDEAM. 2002. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Bogotá, D. C.

^{xii} IDEAM. 2007. Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. Bogotá, D. C. 160 p. IDEAM (2013). Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las Evaluación Regional del Agua.

un levantamiento detallado de todos los usos y usuarios en todos los tramos asociados al área de influencia del proyecto (vertimiento, captación y/u ocupación de cauces), esto con el objeto de estimar la demanda hídrica real y potencial.

9.1.5. Hidrogeológico

El alcance de este componente está enfocado en la identificación y caracterización del agua subterránea y los acuíferos presentes en la zona, incluyendo el reservorio geotérmico. La caracterización deberá considerar los flujos de agua tanto en los sistemas acuíferos locales como en el sistema geotermal y sus posibles interacciones, así como la relación de estos con las aguas superficiales, se debe determinar la profundidad de protección de las aguas subterráneas, dicha profundidad debe asegurar la conservación de los recursos hídricos subterráneos, y la sostenibilidad de las operaciones geotérmicas, evitando la contaminación y degradación de los acuíferos.

Para el área de influencia del componente hidrogeológico, se deben identificar los acuíferos de carácter regional, sus zonas de recarga y descarga, direcciones generales de flujo, el tipo de acuífero, calidades y tipos de usos actuales, considerando además los lineamientos vigentes para la presentación de mapas hidrogeológicos del SGC, los lineamientos conceptuales y metodológicos para el componente de aguas subterráneas de la Evaluación Regional del Agua – ERA, publicado por el IDEAM cuando sea pertinente, los lineamientos de la Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos de MINAMBIENTE cuando sea pertinente, así como tener en cuenta los protocolos para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico superficial y subterráneo definidos por el IDEAM para los aspectos y criterios sobre las campañas de monitoreo, definición de puntos, muestreos y reporte de resultados.

Se debe realizar el correspondiente análisis hidrogeológico, conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA. Adicionalmente, para la descripción hidrogeológica se debe considerar la georreferenciación del inventario de puntos de agua subterránea (empleando el FUNIAS), la cual debe realizarse mediante GPS submétrico identificando las manifestaciones hidrotermales (manantiales y fumarolas).

Para el área de influencia del componente hidrogeológico, donde por las actividades de explotación o uso del recurso geotérmico se pueda llegar a modificar los acuíferos, las zonas de recarga de acuíferos, la zona no saturada, se debe suministrar la siguiente información:

- Análisis de información existente de tipo hidrogeológico, hidrológico, geofísico, hidrogeoquímico, caracterización a nivel fisicoquímico y microbiológico de las aguas

subterráneas, cartografía existente del área, identificando en todos los casos la fuente de información.

- Realizar el inventario de puntos de agua subterránea que incluya pozos, aljibes, manantiales, piezómetros y manifestaciones hidrotermales (manantiales, fumarolas, entre otras), anexando el Formulario Único Nacional de Inventario de Aguas Subterráneas diligenciado para cada punto de aguas subterráneas, registrando la información disponible y para la que no se encuentre en el momento del inventario indicar el motivo. En el documento se deben analizar los resultados del inventario frente a los usos y usuarios por tipo de punto de agua subterránea, caudales de explotación y profundidad de las captaciones y unidades hidrogeológicas aprovechadas.
- Realizar la identificación y caracterización de las unidades hidrogeológicas presentes, incluyendo la siguiente información: Espesor, litología, características hidráulicas (transmisividad, coeficiente de almacenamiento, conductividad hidráulica, porosidad y capacidad específica), distribución de la superficie freática o piezométrica, estimación de la dirección de flujo e identificación de zonas de recarga, tránsito y descarga, estableciendo la base litológica de los acuíferos en uso y con potencial de aprovechamiento.

Para la caracterización hidrogeoquímica y para la determinación de la línea base de la calidad del agua subterránea de las unidades hidrogeológicas identificadas susceptibles de intervención o afectación por el proyecto, se deben caracterizar como mínimo los parámetros establecidos en la Tabla 5 de los puntos de agua subterránea representativos, y presentar su interpretación y análisis. Se deben reportar las relaciones interparamétricas que se consideren necesarias para verificar la calidad de los análisis reportados.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se deben caracterizar en fuentes de agua subterránea presentes en el área de influencia.

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Profundidad	M
Nivel freático o piezométrico	M
Altura sobre el nivel del mar	M
Temperatura	(°C)
pH	Unidades de pH
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)
Potencial Oxido Reducción (Eh)	(mV)
Turbiedad	(UNT)
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L

PARÁMETROS	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂)
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L
Sólidos Totales (ST)	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
Fenoles	mg/L
Sílice (SiO ₂)	mg/L
Cationes	
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/L
Sodio (Na ⁺)	mg/L
Potasio (K ⁺)	mg/L
Magnesio (Mg ⁺⁺)	mg/L
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L
Hierro Total (Fe)	mg/L
Manganeso (Mn)	mg/L
Aniones	
Nitrato (N-NO ₃)	mg/L
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L
Cloruro (CL ⁻)	mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L
Carbonato (CO ₃ ⁼)	mg/L
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mg/L
Fluoruros (F ⁻)	mg/L
Metales y Metaloides	
Aluminio (Al)	mg/L
Arsénico (As)	mg/L
Bario (Ba)	mg/L
Bromo (Br)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Cobalto (Co)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L
Estroncio (Sr)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Selenio (Se)	mg/L
Otros parámetros para análisis y reporte	
Acidez Total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
Dureza Cálrica	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	mg/L CaCO ₃

PARÁMETROS	UNIDADES
Microbiológicos	
Coliformes Totales	NMP/100 mL
Coliformes Fecales	NMP/100 mL
E. Coli	NMP/100 mL
Radionucleidos de origen natural en matriz líquida	
²²² Rn	Bq/l
²²⁶ Ra	Bq/l
²²⁸ Ra	Bq/l

- Realizar la caracterización fisicoquímica de las aguas subterráneas asociadas a los acuíferos presentes en el área de influencia del proyecto, en un número representativo de puntos de muestreo. A partir del balance de aniones y cationes se debe calcular valor del error analítico (%) de cada muestra, teniendo en cuenta que el error aceptable es igual o menor al 10%. Además, complementar el criterio de verificación de los análisis mediante la aplicación de las relaciones interparamétricas que se consideren pertinentes.
- Para las manifestaciones hidrotermales (manantiales, fumarolas, entre otras) se deben incluir además los siguientes parámetros: B, Li, F, Br y Sr en fase acuosa y, CO₂, H₂S, SO₂, HCl, HF, CO, CH₄, H₂, Ar, O₂, N₂, NH₃, He y 3He/4H₃.
- Efectuar un análisis de la composición isotópica de deuterio (2H), Oxígeno 18 (¹⁸O), Tritio (3H) y Carbono 14 (¹⁴C) en agua lluvia, cuerpos de agua superficial (ríos, lagos) y de los acuíferos en muestras representativas espacial y temporalmente. Con base en los resultados se deberán establecer las relaciones existentes entre aguas lluvias, superficiales y subterráneas, y emplear los resultados para la identificación de las zonas de recarga, tránsito y descarga, los tiempos aproximados de tránsito, la comparación con la línea meteórica mundial y local para Colombia y determinar la edad promedio de las muestras.
- La utilización de isótopos estables (Deuterio y ¹⁸O) como trazadores naturales y como indicadores de origen de las aguas permiten conocer las trayectorias y fuentes de los fluidos subterráneas, así como las posibles mezclas entre aguas geotermales y aguas meteóricas. Otros isótopos como el Tritio y el C que son inestables, tienen aplicaciones en datación de aguas, permitiendo diferenciar entre aguas meteóricas, que en general tienen una edad reciente, de las aguas geotérmicas que alcanzan edades de miles de años [32].
- Evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, para el área de influencia del componente hidrogeológico del proyecto. Dicho análisis debe ser desarrollado empleando cualquiera de los métodos expuestos en el

documento "Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación" de MINAMBIENTE. Los resultados obtenidos en este análisis deben utilizarse como insumo para efectuar la zonificación de manejo ambiental de las actividades que pueden afectar los acuíferos y las medidas de manejo ambiental específicas a que haya lugar. Para ello se deben identificar las fuentes potenciales de contaminación que puedan derivarse del proyecto, obra o actividad y determinar el riesgo de alteración de la calidad de las aguas subterráneas.

- Incluir información regional de otros usuarios y/o proyectos, con base en la información disponible en el Sistema de Información del Recurso Hídrico SIRH.
- Con base en el análisis y síntesis de la información del inventario de puntos de agua, geológica, geofísica, hidrológica, hidráulica, hidrogeoquímica e isotópica, se debe construir y definir un modelo hidrogeológico conceptual, que incluya como mínimo la siguiente información para todos los sistemas de acuíferos (sin limitarse al sistema geotermal): delimitación de las zonas de recarga, tránsito y descarga; direcciones de flujo; conexiones hidráulicas entre las diferentes unidades acuíferas con las fuentes superficiales y con el reservorio; características hidrogeoquímicas e isotópicas, características hidráulicas, gradientes térmicos y definición de zonas con potencial de aprovechamiento; el modelo debe incluir la determinación de la profundidad de protección de las aguas subterráneas, establecer el límite a partir del cual las actividades de reinyección y explotación geotérmica no deben afectar la calidad de los acuíferos que proporcionan agua para consumo humano y otros usos.
- Se debe presentar un bloque diagrama que represente tridimensionalmente el sistema, el cual debe ir acompañado de perfiles, tanto transversales como longitudinales.
- El modelo hidrogeológico conceptual debe complementarse con una propuesta o plan para actualizarlo a partir de la información que se obtenga de los pozos de gradiente térmico, pozos inyectores y los pozos de exploración geotérmica.
- Formular un Modelo Hidrogeológico Numérico (MHN) a partir de la información adquirida, procesada e interpretada para la construcción del modelo hidrogeológico conceptual, considerando fenómenos de variabilidad climática en las diferentes fases del proyecto.

Se deberán identificar efectos potenciales que el uso de los recursos geotérmicos pueda tener sobre los acuíferos, por ejemplo, abatimientos por conexión hidráulica, contaminación, etc.

La información cartográfica (planta y perfiles) para el área de influencia del componente hidrogeológico debe presentarse a escala 1:10.000 o más detallada, localizando puntos de agua, tipo de acuífero, dirección de flujo del agua subterránea y zonas de recarga y descarga, utilizando la leyenda hidrogeológica internacional adoptada por el Servicio Geológico Colombiano.

9.1.6. Atmósfera

Con el objetivo de determinar los posibles impactos a la calidad del aire y ruido en el área de influencia del proyecto, se requiere la línea base que sirva de referencia en la evaluación a través del tiempo del componente atmosférico.

En concordancia con lo anterior, se debe caracterizar el área de influencia del proyecto en relación con sus condiciones climatológicas, las fuentes de emisión y la calidad del aire, para lo cual es necesario disponer y analizar la información requerida, de acuerdo con las directrices y metodologías establecidas en el numeral correspondiente de la MGEPEA.

Se deben identificar, describir y georreferenciar las manifestaciones hidrotermales, tales como las fumarolas, entre otras, que puedan estar asociadas a zonas de fractura y/o debilidad.

9.1.6.1. Meteorología

Además de los parámetros básicos de análisis previstos en la MGEPEA se deben considerar los siguientes:

- Evapotranspiración.
- Balance hídrico.
- Análisis del impacto microclimático por posible adición de formación de nubes, cuando los proyectos consideren tener descarga significativa de vapor de alta temperatura.

Cuando no exista información disponible de estaciones meteorológicas avaladas por el IDEAM con adecuada representatividad sobre el área de influencia, la MGEPEA establece las fuentes alternas de información y sus condiciones para ser aceptada.

9.1.6.2. Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas

El inventario se debe realizar conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA. Los datos e información cartográfica del componente se deben presentar de acuerdo con

las especificaciones establecidas en el MAG, establecido por el Minambiente mediante Resolución 2182 del 2016 y aquellas que la modifiquen o sustituyan.

Se debe incluir en la identificación de fuentes el tipo, su ubicación, características y la actividad económica asociada. En caso de que haya inventario formal de emisiones para la zona, se debe entregar información detallada sobre la cuantificación de las emisiones por fuente y la identificación de los tipos de contaminantes generados; el inventario incluirá las actividades exploratorias que se encuentren activas que generen emisiones.

Para fuentes móviles se deben utilizar modelos de emisión combinados con variables locales (distancias viajadas por la flota, velocidades, entre otras), o factores de emisión de entidades de reconocida idoneidad en la materia. En todo caso, se puede incluir información de inventarios de emisiones realizados en el área de estudio por las Corporaciones Autónomas Regionales u otras entidades.

Para las emisiones que fueron estimadas, se deben presentar los debidos soportes, incluyendo las fuentes de obtención de la información, georreferenciación, factores de emisión, de actividad y parámetros considerados. Entregar los resultados en formato de hoja de cálculo no bloqueada y editable y dentro del documento del Estudio de Impacto Ambiental.

9.1.6.3. Calidad del aire

Se deben presentar los resultados y análisis de la información de estudios sobre la calidad del aire realizados en el área de influencia conforme los lineamientos de la MGEPEA

Si la información existente no es suficiente, vigente y de calidad apropiada, se debe determinar la línea base mediante monitoreo en campo, justificando el diseño del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) y el proceso de generación de información debe realizarse de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, en su versión más reciente. El monitoreo en campo (toma de muestras o medición directa) y el análisis de laboratorio de las muestras debe ser realizado por laboratorios acreditados por el IDEAM, para lo cual deben entregarse los soportes respectivos. La información obtenida se debe presentar en mapas según requerimientos establecidos en este Protocolo, donde se identifiquen claramente las fuentes de emisiones atmosféricas presentes, los receptores sensibles que pueden ser afectados por estas y las estaciones de monitoreo de calidad del aire.

Se deben presentar los soportes que justifiquen el cumplimiento de los criterios de micro localización y de macro localización de las estaciones de monitoreo en función de las condiciones meteorológicas predominantes, las características físicas y de emisiones del

área circundante a las estaciones, entre otros aspectos, con el fin de garantizar la representatividad de las mediciones en el área de influencia.

En caso de presencia de asentamientos humanos en el área de influencia del componente atmosférico, se deben ubicar estaciones adicionales en aquellas zonas que se puedan encontrar bajo la influencia de la actividad industrial proyectada. Los contaminantes que deben ser monitoreados como mínimo son: material particulado y gases ($PM_{2,5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_x , CO , H_2S y NH_3); otros contaminantes serán monitoreados en línea base de acuerdo con las potenciales sustancias identificadas en el capítulo 1.2.4.7 Manejo de fluidos geotérmicos dadas las características esperadas del yacimiento.

Se debe incorporar el respectivo análisis del cálculo de Índices de Calidad del Aire para $PM_{2,5}$, PM_{10} y SO_2 , de conformidad con lo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o de aquella que la adicione, modifique o sustituya y demás normas aplicables, igualmente en el área del proyecto realizar mediciones de radón y descendientes del radón (^{222}Rn) en concentración Bq/m^3 .

9.1.6.4. Olores ofensivos

En cuanto a contaminantes atmosféricos y sustancias de olores ofensivos, se debe realizar la estimación de las emisiones de aquellos que se encuentren asociados con las fuentes de energía geotérmica y otras actividades del proyecto, incluyendo al sulfuro de hidrógeno (H_2S).

- Identificar y georreferenciar las fuentes antropogénicas y naturales existentes de olores ofensivos.
- Determinar las concentraciones en las que las sustancias generadoras de olores ofensivos o sus mezclas están presentes en esta área.

9.1.6.5. Ruido

Además de los aspectos previstos en la MGEPEA establecida por el Minambiente mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018, o aquella norma que la modifique o sustituya se deben considerar los siguientes:

- **Presentación de informes de ruido:**

Se deben anexar los reportes de los muestreos sin procesamiento, junto con la memoria de sumatorias de niveles y aplicación de los ajustes K en formato Excel, formulado y sin protección de ningún tipo.

La propuesta de informe técnico de medición de ruido, establecida en el Anexo 4 de la Resolución 627 de 2006 del actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, debe considerar lo establecido en el artículo 21. Informe Técnico, de la misma resolución o de aquella que la adicione, modifique o sustituya.

Para ruido, se deben simular los aportes de las emisiones sonoras del proyecto mediante un modelo de ruido, considerando la presencia de receptores sensibles cercanos, a partir de los lineamientos establecidos en la MGEPEA para el escenario actual y para los escenarios proyectados. Se deben entregar los archivos base de las simulaciones realizadas que permitan su verificación, así como los inventarios de fuentes sonoras, su georreferenciación y los soportes de la estimación de las potencias acústicas. Esta estimación debe incluir las actividades de perforación, producción y generación, así como el uso de maquinaria pesada, entre otras actividades asociadas al proyecto, así como el efecto de la aplicación de sistemas de control en la mitigación del impacto por este componente.

9.1.6.6. Vibraciones

Para vibración se deben realizar muestreos de vibraciones conforme a lo dispuesto en la DIN 4150 2017 (DIN 2001a, DIN 2001b, DIN 2001c) DIN 45669-2, u otros métodos debidamente soportados orientados a caracterizar la emisión natural, así como en las áreas cercanas a ubicaciones proyectadas de instalaciones o actividades que sean generadoras de vibraciones y receptores sensibles identificados.

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 y velocidad, se debe dar claridad de los monitoreos continuos/discontinuos respecto de los resultados de velocidad pico de partícula. Estos sensores darán como resultado la aceleración del suelo en tres ejes ortogonales, en bandas de tercio de octava desde 1 Hz a 315 Hz y la función de transferencia que sufre la señal hasta llegar al receptor, los resultados de las mediciones en el rango de frecuencias propuestos deben compararse con los límites criterio propuestos por el estándar seleccionado para la evaluación (e.g. DIN 4150-3, ISO 9613) de acuerdo con el tipo de receptor evaluado.

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 del proyecto, obra o

actividad. El enfoque básico para la evaluación general es definir dos o más puntos de medición que permitan determinar la vibración global de la superficie del suelo en función de la distancia desde la fuente.

Las mediciones de vibración ambiental se deben realizar al aire libre, pero cerca de las edificaciones receptoras con el fin de estimar de manera global si los valores de vibración generados por el proyecto, obra o actividad pueden estar generando daños en las edificaciones y/o molestias de confort de la población, de acuerdo con lo establecido en los estándares internacionales.

9.1.6.7. Fuentes naturales de radiación

Incluir una línea base del fondo natural (background) en superficie, en las áreas previstas para las actividades del proyecto, de forma que sea posible su monitorización periódica durante la ejecución del proyecto, como parte de la vigilancia radiológica de las fuentes naturales de radiación.

Se debe realizar las mediciones complementarias de radionucleidos de origen natural según las matrices indicadas: sólida para suelos (9.1.3), líquida para agua superficial (9.1.4.1) y subterránea (9.1.5), así como radón en aire (9.1.6.).

9.2. MEDIO BIÓTICO

La caracterización del área de influencia definida para los componentes del medio biótico se debe realizar con los criterios establecidos en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA).

Para la caracterización de los ecosistemas, coberturas de la tierra, comunidades y/o especies a evaluar, se debe tener en cuenta la complejidad de las obras y actividades específicas del proyecto y el sitio donde se pretenden desarrollar, incluyendo vías de acceso, plataformas de perforación de pozos, ZODME, ZODAR, pozos de gradiente térmico, pozos de explotación geotérmica, pozos inyectores y toda la infraestructura asociada al proyecto durante sus diferentes etapas de construcción y operación. Aquellos componentes que no puedan ser evaluados deben relacionarse en una tabla, indicando la justificación en cada caso.

Se deben presentar de forma detallada las metodologías, técnicas, equipos, fechas, horas y periodicidad y frecuencia de realización de muestreos para evaluar cada uno de los ecosistemas o comunidades en el área de influencia del medio biótico. Igualmente, se debe incluir la justificación de las metodologías utilizadas, así como las respectivas citas y fuentes bibliográficas que las soporten; en caso de que sea necesaria la captura

y colecta de especímenes de la diversidad biológica, se debe guardar correspondencia con los elementos metodológicos precisados en el permiso de estudio.

9.2.1. Ecosistemas terrestres

La presentación de la información relacionada con ecosistemas, coberturas de la tierra, unidades de muestreo, análisis de conectividad y fragmentación, se debe realizar a una escala 1:10.000 o más detallada.

Con base en lo previsto en el numeral correspondiente de la MGEPEA, se debe realizar y presentar:

- El mapa de ecosistemas a escala 1:10.000 o más detallada, 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 continentales.
- La identificación y descripción del estado y condiciones de los ecosistemas en el área de influencia definida para el medio biótico y sus componentes.
- El mapa de coberturas de la tierra a escala 1:10.000 o más detallada con una temporalidad no mayor a 3 años.
- La identificación y descripción de las coberturas de la tierra presentes en el área de influencia.
- La superficie de coberturas de la tierra y ecosistemas (expresada en hectáreas) para el área de influencia y su porcentaje de participación con respecto al área de intervención del proyecto.
- Las dinámicas del cambio de las coberturas de la tierra en cuanto a pérdidas, ganancias y persistencia de éstas a partir de un análisis multitemporal con una temporalidad mayor a 5 años.
- La presencia de hábitats de preferencia de las especies de alto valor de conservación e importancia ecológica.
- Mapa de la localización de los muestreos de flora y fauna, con la cobertura de la tierra y ecosistemas a escala 1:10.000 o más detallada.

9.2.1.1. Flora

- Especies arbóreas y helechos arborescentes

Se debe presentar la caracterización florística de cada una de las unidades de cobertura vegetal para cada ecosistema presente en el área de influencia del medio biótico, efectuando el análisis de composición y estructura desde los puntos de vista horizontal y vertical de acuerdo con lo establecido en la fase de análisis de la información definidos en la MGEPEA.

Se debe allegar la información sobre la caracterización de cada unidad de cobertura por ecosistema (Bioma – Unidad biótica^{xiii}), definiendo el tipo de muestreo a emplear, tipo de unidad de muestreo, tamaño de la unidad de muestreo y distribución dentro del área de influencia del medio biótico.

Se deben presentar los estadígrafos que determinan el cumplimiento de la representatividad del muestreo.

Se deben entregar los datos de medición (tablas de datos recolectadas en planillas de campo), dependiendo del tipo de vegetación, y por individuo, las variables básicas descritas a continuación:

- Nombre común.
- Nombre científico.
- Diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP).
- Área basal. – Altura total.
- Altura comercial.
- Volumen total.
- Volumen comercial.
- Perfiles de vegetación.

Se deben determinar las características de composición y estructura de cada unidad de cobertura para cada ecosistema, con su respectivo análisis, teniendo en cuenta como mínimo los siguientes elementos:

- Densidad.
- Frecuencia.

^{xiii} Corresponde a la unidad que resulta de la integración del bioma (delimitado haciendo uso de la información de caracterización ambiental contenida en el estudio ambiental) y las unidades bióticas modelizadas por el Instituto Humboldt en el MEC.

- Abundancia.
- Dominancia.
- Estado sucesional.
- Estructura horizontal y vertical.
- Diagnóstico y análisis de la regeneración natural (dinámica sucesional para brinzales y latizales).

Se debe realizar, como mínimo, el cálculo y la descripción, con su análisis respectivo, de los siguientes índices:

- Diversidad: Shannon-Simpson.
- Coeficiente de mezcla.
- Índice de Valor de Importancia (IVI).
- Riqueza de especies (Margalef y Menhinick).

Se debe identificar y presentar el listado de especies endémicas, amenazadas o de importancia ecológica, de acuerdo con la UICN, libros rojos, CITES y la normatividad nacional y regional vigente.

Se debe presentar la estimación de carbono y biomasa de los individuos inventariados y determinar su contenido por ecosistema; para lo cual se debe utilizar la metodología implementada por el IDEAM en estudios como el de la Estimación de las reservas actuales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia (2010) ^{xiv} o los desarrollados específicamente por la Autoridad Ambiental competente.

Con base en lo anterior, se deben surtir como mínimo las fases: previa, de campo y de análisis, descritas en la MGEPEA, tanto para las coberturas vegetales como para otras categorías de vegetación, a fin de incluir plantas de hábitos terrestres, rupícolas y epifíticos.

- Otras categorías de vegetación

Presentar la caracterización de plantas de hábitos terrestres, rupícolas y epífitos teniendo en cuenta:

xiv

<http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13548/Estimaci%C3%B3n+Carbono+2010.pdf/e0861b29http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13548/Estimaci%C3%B3n+Carbono+2010.pdf/e0861b29-7cf2-4c43-8fd3-ea50cbbba7db7cf2-4c43-8fd3-ea50cbbba7db>

- Incluir las coordenadas y la localización de los puntos de muestreo en el mapa de coberturas de la tierra.
- Indicar y describir la metodología utilizada justificando la representatividad del muestreo.
- Presentar las variables de identificación, medición, estimación de acuerdo con lo establecido en la MGEPEA.
- Realizar los análisis de riqueza, abundancia y composición.

Identificar y registrar la presencia de especies endémicas, en veda en el ámbito nacional o regional en categorías de amenaza, 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).

- Especies en veda

En relación con el Decreto 2106 de 2019 (o aquella norma que la modifique o sustituya), para las especies en veda se requiere presentar la información que oriente la imposición de medidas para cada uno de los grupos identificados, específicamente se debe presentar:

- Listado e identificación taxonómica de las especies en veda.
- Para epífitas vasculares, la identificación de la relación entre las especies de forófitos y epífitas de acuerdo con lo indicado en la tabla 6, y la estratificación vertical total (de acuerdo con lo indicado en la tabla 7, analizando la información registrada (Krömer and Gradstein, 2003; Krömer and Kessler, 2006; Krömer et al., 2007a; Krömer et al., 2007b y Martínez-Meléndez et al., 2008) [33].
- La caracterización por ecosistema, incluyendo análisis de riqueza, abundancia, frecuencia, curvas de acumulación y/o estadísticos, apoyados con fotografías de las especies identificadas.
- Coordenadas de localización por individuo o forófito identificado, incluyendo un registro fotográfico de las especies en campo.

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.

Tabla 6. Relación entre las especies de forófitos y epífitas vasculares en veda

Epífitas vasculares	Forófitos
---------------------	-----------

Grupo vegetal	Nombre científico	Total # individuos	Nombre forófito sp. 1	Nombre forófito sp. 2	Nombre forófito sp. n
Bromelias	Sp. 1		(abundancia de epífitas/especie de forófito)		
	Sp. 2				
	Sp. n				
	Subtotal bromelias				
Orquídeas	Sp. 1				
	Sp. 2				
	Sp. n				
	Subtotal orquídeas				
Total					

Fuente: ANLA, 2021 basado especialmente en Martínez-Meléndez et al., 2008.

Tabla 7. Estratificación de especies vasculares en veda de hábito epífito

Grupo vegetal (Epífitas vasculares)	Nombre científico / epífita	Zonas de estratificación de los forófitos (Z) (indicar # individuos de epífitas vasculares)						Sigla del tipo ecológico de epífita vascular ^{xv}
		Z I	Z II	Z III	Z IV	Z V	Total	
Bromelias	Sp. 1							
	Sp. 2							
	Sp. n							
Subtotal bromelias								
Orquídeas	Sp. 1							
	Sp. 2							
	Sp. n							
Subtotal orquídeas								
Total								

Fuente: ANLA, 2021, Adaptado de Martínez-Meléndez et al., 2008.

9.2.1.2. Fauna

Con base en información primaria y secundaria, se debe identificar la fauna asociada a las diferentes unidades de cobertura de la tierra y usos del suelo; caracterizar la composición de los principales grupos faunísticos y describir sus relaciones funcionales con el ambiente, haciendo énfasis en aquellos que son vulnerables por pérdida de

^{xv} Tipos: Generalista (ge), epífita del tronco (et), epífita del dosel (ed) y hemiepífita (he). Basado en Martínez-Meléndez et al. (2008).

hábitat, distribución restringida, raras, especies sombrilla, migratorias, endémicas, “En Peligro (EN)” o “Vulnerable (VU)”, o en Peligro Crítico de valor comercial, entre otras ecológicamente significativas que sea pertinente considerar teniendo en cuenta las categorías UICN y CITES, los libros rojos y la normatividad nacional y regional.

Se debe caracterizar la composición de los principales grupos faunísticos identificados. La información debe contemplar, como mínimo, los siguientes grupos: herpetos (anfibios, reptiles), aves y mamíferos, teniendo en cuenta la toponimia de la región y la clasificación taxonómica actualizada hasta el nivel de especie^{xvi}, describiendo sus relaciones funcionales con el ambiente, y enfatizando en aquellos grupos que sean calificados como vulnerables, ya sea por pérdida de hábitat, peligro crítico, endemismo, valor comercial u otro criterio de priorización que se considere relevante. Se deben elaborar las matrices primarias de datos, la predicción de la riqueza específica y el análisis de la estructura de cada grupo, registrando los correspondientes parámetros bioecológicos, tales como la distribución altitudinal, dieta, hábitat, abundancia relativa, endemismo, rareza, vulnerabilidad, migración y uso.

Se deben identificar y mapear las posibles rutas de desplazamiento de los principales grupos de fauna reportados.

Se deben presentar:

- Métodos, técnicas y periodicidad de los muestreos realizados.
- Caracterización de la composición y estructura de las poblaciones.
- Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo, con la distribución de las especies faunísticas identificadas, a escala de trabajo o captura 1:10.000 y de presentación 1:10.000 o más detallada.
- Listado de especies calificadas como de importancia económica, ecológica y/o cultural.
- Principales usos dados por las comunidades a las especies de mayor importancia.
- Formularios de recolección de información (planillas de campo) para la caracterización de la fauna.
- Registros fotográficos.

^{xvi} Para los casos excepcionales en los que, debidamente soportado, no sea posible la clasificación de los individuos a nivel de especie, ésta se debe reportar al nivel sistemático más preciso posible.

En caso de incluirse líneas de conexión al proyecto, se deben identificar los rangos de vuelo para fauna voladora (aves y quirópteros) y determinar el potencial riesgo de colisión y/o barotrauma con las estructuras, a partir de información primaria y/o secundaria.

9.2.1.3. Análisis de fragmentación y conectividad^{xvii}

Se debe realizar un análisis de fragmentación siguiendo los lineamientos planteados en la MGEPEA, a partir de las unidades de cobertura vegetal de tipo natural y seminatural.

Se debe:

- Definir el estado actual y la dinámica de fragmentación de la zona en términos de número de parches, y tamaño, aislamiento y forma de éstos.
- Identificar los agentes y elementos que mayor incidencia tienen en las dinámicas de transformación de las coberturas de la tierra y en el estado actual de la fragmentación y la 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.

9.2.2. Ecosistemas acuáticos continentales

La caracterización de los ecosistemas acuáticos se debe realizar para cada uno de los cuerpos hídricos ubicados en el área de influencia del componente hidrológico, es decir, tanto en aquellos que sean intervenidos debido a las actividades desarrolladas por el proyecto, como en aquellos en los que exista un potencial de afectación a causa de la ejecución del proyecto.

^{xvii} Se podrán utilizar herramientas de Sistemas de Información Geográfica – SIG para realizar los análisis de fragmentación y conectividad.

Los muestreos para la caracterización deben considerar como mínimo dos (2) periodos climáticos (un periodo seco y un segundo periodo que puede corresponder a una condición hidrológica húmeda o de transición, o viceversa)^{xviii}. Para ambos periodos climáticos se debe tener en cuenta la información secundaria disponible de diferentes periodos de tiempo (análisis multitemporal).

Se debe identificar y mapear a escala 1:2.500 o más detallada, la presencia de madre viejas y otros humedales que sean calificados como de alto valor de conservación, así como de características de los sistemas lénticos y lóticos que resulten de relevancia para contribuir en la delimitación de dichos hábitats de alto valor de conservación o zonas de especial interés para el proyecto.

Presentar la información sobre la caracterización de las comunidades hidrobiológicas de los sistemas lénticos y lóticos identificados, clasificándola de acuerdo con la fase en la cual fue obtenida, como mínimo: campo, laboratorio y oficina. Para los sistemas lénticos se deben realizar muestreos de plancton, comunidades bentónicas de fondos blandos y de fondos duros, y asociadas a raíces de macrófitas (según sea el caso), macrófitas y fauna íctica. Para los sistemas lóticos se deben realizar muestreos de perifiton, comunidades bentónicas de fondos blandos y de fondos duros, macrófitas y fauna íctica.

Se debe señalar la distribución espacial, los hábitats y las interrelaciones ecosistémicas de las familias, géneros, especies, morfotipos o grupos de organismos característicos, empleando herramientas estadísticas e índices ecológicos adecuados para cada grupo, teniendo en cuenta sus atributos. Se deben realizar análisis de distribución multitemporales, asociando las variaciones con datos climáticos.

Se debe realizar un análisis de las comunidades como indicadores de calidad biológica del agua comparando los resultados de correlación con los datos fisicoquímicos registrados en los muestreos.

Para cada uno de los grupos hidrobiológicos identificados, se debe analizar la expresión de su composición y estructura, en función de las variables ambientales que se hayan medido in situ de manera simultánea, incluyendo además la información de sustratos y el caudal del cuerpo de agua.

Con base en la información obtenida se debe identificar la biota de mayor importancia ecológica y económica asociada a estos cuerpos de agua, resaltando la dinámica regional que presentan las comunidades ícticas y la actividad pesquera, en caso de que aplique.

^{xviii} En caso de ser necesario se podrá usar información secundaria para una de las dos épocas requeridas para el análisis, siempre y cuando cumpla con criterios de calidad y suficiencia, previstos en la MGEPEA

9.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO

La caracterización del medio socioeconómico y su análisis debe hacerse con base en información cuantitativa y cualitativa, de acuerdo con las directrices y metodologías establecidas en la MGEPEA adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1402 de 2018 o aquella que la modifique y/o sustituya, este proceso debe contribuir a dimensionar los impactos que el proyecto pueda ocasionar en cada uno de sus componentes.

Asimismo, la información de caracterización del medio socioeconómico debe permitir un análisis de la integralidad de sus condiciones y características, guardando coherencia para cada uno de sus componentes e involucrando información relevante de los medios abiótico, biótico y paisaje.

A fin de contar con una contextualización, el estudio ambiental debe incorporar información de alcance general del ámbito regional o municipal, que sirva como insumo para contrastar la información de la caracterización de cada uno de los componentes y de las unidades de análisis territorial del área de influencia. Esta información puede ser obtenida a partir de fuentes de información secundaria y deben responder a los enfoques diferenciales en su captura y análisis integral.

Para ello se debe emplear información oficial, entre ella la generada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (por ejemplo la referida a demografía, actividades económicas y división político administrativa), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), Parques Nacionales Naturales (PNN), la Unidad de Planeación Rural Agropecuaria (UPRA), el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ministerio de Cultura, la Agencia para la Reincorporación y Normalización (ARN), la Agencia de Renovación del Territorio (ART), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura), Ministerio de Trabajo, Unidad Administrativa Especial de Organizaciones de Economía Solidaria (UAEOS), Departamento de nacional de planeación (DNP), Agencia Nacional de Tierras (ANT), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) así como la contenida en los instrumentos de ordenamiento territorial (EOT, POT, PBOT), los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, los planes de desarrollo departamental, y los planes de desarrollo municipal.

Adicionalmente podrá utilizarse información oficial del Centro Nacional de Memoria Histórica (CNMH), la Fiscalía General de la Nación (FGN), La Unidad de Búsqueda de personas dadas por desaparecidas (UBPD), La Jurisdicción Especial para la Paz (JEP), La Comisión de la Verdad (CEV); recursos jurisprudenciales de la Corte Suprema de Justicia, el Consejo de Estado, la Corte Constitucional, la Comisión Interamericana de

Derechos Humanos (CIDH), la Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH); la Organización Internacional del Trabajo (OIT), entre otros.

La información del medio socioeconómico debe ser complementada y contrastada con la información primaria obtenida con los actores territoriales y comunidades que hacen parte del área de influencia. Lo anterior con el fin de lograr tener el panorama más cercano a la realidad territorial del área de influencia del proyecto. La información geográfica debe presentarse en planos a escala 1:10.000 o más detallada.

9.3.1. Demográfico

Para los municipios se debe presentar la información referida a la dinámica de poblamiento y dinámica poblacional conforme lo establecido en la MGEPEA 2018 adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1402 de 2018 o aquella que la modifique y/o sustituya.

- Dinámica de poblamiento: desarrollar un análisis donde se describa: 1) la historia más relevante de la ocupación del territorio por parte de las poblaciones humanas (antecedentes e hitos importantes con relación a su asentamiento y expansión); 2) grupos socioculturales (indígenas, negritudes, campesinos, entre otros); 3) ocupación y expansión de los asentamientos en el territorio.
- Dinámica poblacional: desarrollar un análisis donde se describa: 1) tasa de natalidad y mortalidad; 2) movilidad espacial actual y tendencial, así como los factores que influyen en fenómenos migratorios; 3) estructura de la población por edad y sexo, distribución entre las áreas rural y urbana y su densidad; 4) Índices que refieran situación de pobreza de la población (Necesidades Básicas Insatisfechas -NBI, Índice de Pobreza Multidimensional, Índice de Calidad de vida, entre otros), 5) Composición de los hogares y su tamaño (tipología familiar, número de hogares, promedio de personas por hogar).

Para las unidades territoriales de análisis identificadas del área de influencia se debe presentar la información relacionada con:

- Grupos poblacionales (étnicos, colonos, campesinos, mujeres, personas víctimas del conflicto armado, entre otros). Se debe indicar cuales son sujetos de especial protección constitucional ^{xix}.

^{xix} Según la Sentencia T-678/16 de la Corte Constitucional los grupos de especial protección constitucional son los niños, los adolescentes, los ancianos, los disminuidos físicos, síquicos y sensoriales, las mujeres cabeza de familia, las personas desplazadas por la violencia y aquellas que se encuentran en extrema

- Dinámica de poblamiento, hechos históricos que configuran el desarrollo de asentamientos poblacionales y su distribución.
- Tendencias demográficas.
- Estructura de la población.
- Presencia de población en situación de desplazamiento.
- Población en proceso de retorno.
- Patrones de asentamiento.
- Análisis de los procesos migratorios transitorios y permanentes en el territorio.
- Densidad poblacional.
- Población migrante vinculada a otros proyectos en la zona.
- Instituciones que acompañan procesos de retorno y reparación.
- Grupos en situación de vulnerabilidad, para ello tener en cuenta elementos como los índices de pobreza multidimensional y necesidades básicas insatisfechas del DANE entre otros.

Las variables demográficas deben contar con un análisis que incorpore enfoques diferenciales, generando datos en torno a la situación de los grupos identificados como vulnerables o de especial protección constitucional.

9.3.2. Espacial

Para los municipios se debe hacer una síntesis de los servicios públicos y sociales, incluyendo la calidad y cobertura, en tanto se relacionen con el proyecto.

Para las unidades territoriales se debe realizar la identificación, descripción y análisis de servicios públicos, enfocados a:

- Acueducto y alcantarillado.
- Disposición de excretas.

pobreza. Otras sentencias relevantes en la materia son T-293 /17, T-29/2019 en las cuales la Corte Constitucional reafirman que las víctimas del conflicto armado interno son sujetos de especial protección constitucional y la sentencia SU-020 de 2022 reconoce que los firmantes de Paz también ostentan esta calidad. El acto legislativo 01 de 2023, reconoce que el campesinado es un sujeto de especial protección constitucional.

- Tipos de uso del agua (doméstico, agropecuario, piscícola, etc), fuente de abastecimiento, población usuaria, tratamiento y almacenamiento.
- Sistemas de recolección y disposición de residuos sólidos, cobertura y calidad.
- Servicios de energía y otras formas de aprovisionamientos (caracterización y análisis del uso de plantas de energía eléctrica, paneles solares, entre otros).
- Servicio de gas y otras formas de cocción de alimentos (estufas de carbón, cocción por leña, entre otros).
- Servicio de telefonía.
- Servicio público y universal de acceso a internet: Analizar el acceso, cobertura y calidad que tienen del servicio, para la garantía de acceso a la información y libertad de expresión.

Realizar la identificación, descripción y análisis de servicios sociales, en tanto se relacionen con el proyecto

- Infraestructura educativa y de salud.
- Infraestructura recreativa y deportiva.
- Tipo de viviendas y sus características.
- Infraestructura de transporte (incluyendo uso de las vías, frecuencia y tipo de transporte, condiciones de la movilidad, rutas más transitadas, servicios de transporte presentes en el área, distancia a los centros poblados, entre otras).
- Servicios administrativos y financieros.
- Medios de comunicación en el territorio, tipos y alcances, relacionando el conocimiento y acceso a herramientas y aplicaciones tecnológicas.
- Formas de conectividad y relaciones funcionales para acceso a servicios.
- Barreras o problemas de acceso a los servicios por parte de la población.

Se debe incluir la calidad y cobertura de los servicios identificados y su relación con el proyecto. De igual manera es necesario identificar las relaciones funcionales entre las distintas unidades territoriales.

Especificar las distancias aproximadas entre la ubicación de todas y cada una de las viviendas, escuelas y demás infraestructuras comunitarias, que sean susceptibles de afectación por el proyecto.

9.3.3. Económico

Se debe identificar el tipo de actividades presentes en el municipio, en términos de su funcionalidad económica y su relación con los bienes y servicios ambientales. Para ello, se debe presentar la información relacionada con:

- Estructura de la propiedad.
- Condiciones de formalidad e informalidad en la tenencia de la tierra.
- Procesos productivos y tecnológicos.
- Análisis de la dinámica laboral actual, incluyendo las principales fuentes de empleo en el territorio, los valores promedio de la jornada laboral, análisis de los cambios a partir de nuevas fuentes de empleabilidad y cambios en el sistema productivo local a partir de la incorporación de nuevos procesos tecnológicos.
- Descripción de los principales polos de desarrollo conforme a los planes de desarrollo locales y su articulación con lo establecido en el Plan Integral de Gestión de cambio climático territorial
- Estructura comercial, redes de comercialización, cadenas productivas y su relación en las dinámicas económicas regionales.
- Tamaño de la Unidad Agrícola Familiar – UAF.
- Zonas de interés de Desarrollo Rural Económico y Social (ZIDRES).

Para las unidades territoriales de análisis se debe determinar, describir y analizar las actividades económicas relacionadas con lo siguiente:

- Estructura de la propiedad.
- Descripción de las principales actividades productivas que se desarrollan en la unidad de análisis territorial.
- Actividades económicas, incluidas las relacionadas con el turismo y/o la recreación, que se desarrollan en el área, así como los agentes económicos que intervienen en las mismas, insumos, infraestructura, dinámica y demás elementos que las constituyen.
- Características del mercado laboral. La información presentada debe tener en cuenta los enfoques diferenciales, generando datos específicos sobre mujeres, comunidades étnicas, brecha urbano-rural, entre otros aspectos.
- Programas y proyectos productivos públicos y privados en el territorio.
- Actividades económicas informales.

- Tendencias del empleo en el corto y mediano plazo.

9.3.4. Cultural

9.3.4.1. Comunidades campesinas, rurales, urbanas y diversas

Para las comunidades campesinas, rurales, urbanas y diversas se debe presentar lo siguiente:

- Análisis de patrones de asentamiento ya descritos, dependencia económica y sociocultural con el entorno.
- Identificar los hechos históricos que hayan producido cambios culturales.
- Identificar los símbolos culturales más significativos para la población.
- Identificar los usos tradicionales de los recursos naturales y del medio ambiente por parte de los habitantes de la región.

Para la población de las unidades territoriales de análisis de área de influencia, se deben presentar y analizar la información relacionada con:

- Patrimonio cultural inmaterial.
- Patrimonio Natural ambiental
- Bienes inmuebles declarados de interés cultural.
- Espacios de tránsito y desplazamiento.
- Áreas de uso cultural para la recreación y el esparcimiento, otros de importancia cultural.
- Modificaciones culturales por desplazamientos u ordenamientos del territorio.
- Bases del sistema sociocultural y sus creencias/valores.
- Uso y manejo del entorno.
- Análisis del orden espacial y sus redes culturales.
- Usos tradicionales de los recursos naturales renovables y el ambiente por parte de los habitantes del área de influencia.
- Existencia de sitios de interés histórico, cultural, arquitectónico y arqueológico declarados como parques arqueológicos y áreas arqueológicas protegidas o de alta sensibilidad y patrimonio histórico nacional y patrimonio histórico de la humanidad, o aquellos yacimientos arqueológicos o paleontológicos que por la singularidad de

sus contenidos culturales ameriten ser preservados para la posteridad (incluido el patrimonio sumergido).

9.3.4.2. Comunidades étnicas

Con respecto a la consulta previa, se debe dar cumplimiento a la normatividad vigente en la materia y a lo establecido por el Ministerio del Interior, sobre la procedencia de dicho proceso.

Cuando la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa – DANCP determine que procede la consulta previa, el proponente deberá acatar el procedimiento definido por dicha autoridad. En caso de procedencia de la consulta previa, si al momento de radicar el EIA, los acuerdos ya han sido protocolizados, se deben incorporar al EIA los resultados de dicha consulta que se relacionen con la caracterización ambiental, indicando de manera específica el proceso de inclusión, y los acuerdos respecto de las medidas a implementar, entre otros. El abordaje de tal incorporación debe ser integral reflejándose en las medidas de manejo del Plan de Manejo Ambiental, a fin de brindar elementos adecuados que permitan el pronunciamiento de la autoridad ambiental.

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

- Dinámica de poblamiento, demografía, salud, educación, religiosidad y cosmogonía, etnolingüística, economía tradicional, zonas sagradas o de importancia cultural, organización sociocultural, presencia institucional.

Lo anterior, de conformidad a los lineamientos establecidos en la MGEPEA, adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1402 de 2018, o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

9.3.5. Político - organizativo

Tanto a nivel municipal, como para las unidades territoriales de análisis, la información de caracterización de este componente debe permitir conocer la estructura organizativa e incidencia de las instituciones e instancias existentes, y abarca no sólo las promovidas desde el sector público, sino también, aquellas iniciativas y organizaciones del ámbito comunitario, productivo, cívico, ambiental, de Declaración Universal de Derechos Humanos - DDHH y privado existentes en el municipio.

Asimismo, se debe identificar la manera en que los contextos de agresiones y amenazas a personas defensoras de derechos humanos ambientales, conflicto armado interno y de violencia sociopolítica han afectado y configurado las formas de organización político-organizativa.

9.3.5.1. Características político – administrativos

Se deben presentar la siguiente información:

- Las características político-administrativas de la(s) unidad(es) territorial(es) de acuerdo con los instrumentos de ordenamiento territorial.
- Descripción y análisis de los planes, programas y proyectos, de orden nacional, regional y municipal que tienen injerencia en el territorio y su incidencia en la configuración de la agenda pública local y proceso de inversión de recursos públicos.
- Información referente a las relaciones e interacciones de poder, para identificar los intereses y demandas de los entes territoriales y la comunidad.
- Identificar la manera en que los contextos de agresiones y amenazas a personas defensoras de derechos humanos ambientales, conflicto armado interno y de violencia sociopolítica han afectado y configurado las formas de organización político-organizativa.
- Caracterizar los procesos organizativos de grupos de base que han desarrollado actividades de veeduría y control al proyecto o proyectos similares en el área de influencia.
- Presentar las características político-administrativas de las unidades territoriales de acuerdo con la información de los instrumentos de ordenamiento territorial.
- Se deberá informar si los municipios que integran el área de influencia del proyecto presentan un contexto de riesgo medio, alto o extremo para la labor de las personas defensoras de derechos humanos, conforme a los análisis integrados en las alertas tempranas de la Defensoría del Pueblo.

9.3.5.2. Presencia institucional y organización comunitaria

Tanto para los municipios como para las Unidades de análisis territorial se debe presentar información relacionada con la identificación de:

- Las instituciones públicas.
- Organizaciones privadas, sociales y comunitarias.
- Instancias y mecanismos de participación de la población.
- Intervenciones de tipo social.

- Participación y representatividad que han tenido instituciones y organizaciones al desarrollo de otros proyectos que se hayan ejecutado en la zona.

9.3.5.3. Tendencias del desarrollo

- Realizar el análisis integral socioeconómico que resulte de la articulación de los anteriores componentes (demográfico, espacial, económico, cultural y político-organizativo) y de estos con los instrumentos de ordenamiento territorial y de gestión ambiental existentes.
- se deben tener en cuenta los planes o programas existentes en los ámbitos nacional, departamental y municipal (p. ej. POT, PDET, Pomca, PORH, planes de vida de las comunidades étnicas, planes de etnodesarrollo, planes de desarrollo de zonas de reserva campesina y otros instrumentos de ordenamiento territorial) que orientan las tendencias y visiones de desarrollo de territorio.
- 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).
- Determinar si algunas de las características actuales del medio socioeconómico, vienen precedidas por antecedentes históricos que mantienen su influencia en el presente y a futuro, destacando su importancia y retomando sus características en el análisis de las condiciones con y sin proyecto.
- Realizar análisis de relaciones funcionales de mayor relevancia en el área de influencia.

9.3.5.4. Información sobre desplazamiento o traslado involuntario de población por el desarrollo del POA

Si como consecuencia del desarrollo del proyecto se requiere de procesos de desplazamiento de población, se debe:

- 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 aplicando en todo momento un enfoque de acción sin daños.

9.3.6. Análisis de conflictividad socioambiental

Se deberá identificar si existen situaciones de conflictividad socio ambiental preexistente al proyecto obra o actividad, y describir las mismas de manera que sea posible establecer si el proyecto, obra o actividad puede contribuir a profundizar el conflicto, generar nuevos escenarios de conflictividad, o si, por el contrario, el proyecto generaría un impacto o impactos ambientales positivos que contribuyan a su tramitación.

9.4. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Para el análisis de los servicios ecosistémicos (SSEE), se debe realizar la identificación, cuantificación y análisis de los SSEE provistos por los ecosistemas del área de influencia del proyecto, y de sus relaciones con las comunidades e individuos que la habitan, conforme a la información de caracterización abiótica, biótica y socioeconómica, que debe ser integrada para hallar las interrelaciones existentes entre los atributos ecosistémicos y las dimensiones sociales, económicas y culturales; donde las personas se benefician de los ecosistemas y a la vez, los ecosistemas son modificados por las acciones humanas. Para lo cual, se debe definir la unidad de análisis, identificar y describir en forma general los SSEE y realizar su análisis conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA

9.5. PAISAJE

Se debe definir, describir y representar cartográficamente, los elementos del paisaje en el área de influencia del proyecto, realizando el análisis de la visibilidad, calidad y fragilidad visual del paisaje, identificando los elementos discordantes con el respectivo análisis de correspondencia cromática y tamaño de la discordancia, escala visual, sitios de interés paisajístico, descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona, percepción de las comunidades respecto del valor paisajístico y relación de éste con su cultura e identidad local y regional, conforme a los lineamientos establecidos en la MGEPEA.

Realizar la zonificación del área de influencia del componente paisaje, considerando:

- La relación con el paisaje fisiográfico y/o geomorfológico presentar la siguiente información:
 - Delimitar, describir y representar cartográficamente los elementos del paisaje.
 - Delimitar y describir las unidades de paisaje local.
- La relación con las coberturas

- Describir los elementos de las coberturas que caracterizan el paisaje predominante.
- El componente de percepción del paisaje
 - Realizar el análisis de la visibilidad.
- Teniendo en cuenta lo anterior, presentar los análisis referidos a:
 - Valoración de la calidad visual del paisaje.
 - Valoración de la fragilidad del paisaje.
 - Valoración del atractivo escénico.
 - Valoración de la percepción social del paisaje.

Las unidades de paisaje local (escala 1:10.000 o más detallada) se pueden establecer a través de sensores remotos como imágenes de satélite, radar o fotografías aéreas, entre otra información de utilidad.

9.6. ÁREAS Y ECOSISTEMAS DE ESPECIAL INTERÉS AMBIENTAL (AEIA)

Se debe presentar según lo estipulado en la MGEPEA la localización y descripción de las AEIA, identificándolas y cartografiándolas a una escala 1:10.000 o más detallada, en el área de influencia del medio biótico, tales como ecosistemas sensibles y estratégicos, áreas sensibles y estratégicas, áreas con prioridades de conservación contempladas por parte de PNN de Colombia, áreas protegidas, zonas amortiguadoras declaradas para las áreas protegidas del SPNN, áreas de reserva forestal definidas por la Ley 2 de 1959, corredores de conectividad ecológica, áreas con distinciones internacionales identificadas en el ámbito local, regional, nacional, y/o internacional, áreas sujetas de derecho o de especial protección constitucional y páramos y sus áreas de amortiguación, entre otras.

10. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL^{xx}

Para la zonificación ambiental se deben definir áreas relativamente homogéneas, teniendo en cuenta las características y la sensibilidad ambiental de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Para su definición, se debe tener en cuenta lo establecido en MGEPEA.

^{xx} En 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, esta deberá ser utilizada por el usuario.

La elaboración y presentación de los mapas de zonificación para cada uno de los medios en donde se identifiquen y definan las áreas o unidades con diferentes grados de sensibilidad o susceptibilidad, así como la zonificación ambiental final, se debe realizar a escala 1:10.000 o más detallada, acorde con la sensibilidad ambiental de la temática tratada.

Se debe tener en cuenta la zonificación ambiental presentada, evaluada y aprobada por la autoridad ambiental para el proyecto de exploración geotérmica que antecede al de explotación.

Adicionalmente, para establecer las unidades espaciales homogéneas se deben tener en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- Áreas con características sensibles por aspectos relacionados con la estabilidad geotécnica, capacidad de uso del suelo, hidrología, hidrogeología, unidades de paisaje, entre otros.
- Áreas que presenten algún grado de sensibilidad ambiental asociadas a la unidad de análisis territorial del área de influencia del medio, teniendo en cuenta aspectos demográficos, espaciales, económicos, culturales y/o de capacidad organizativa e institucional.
- AEIA, áreas naturales protegidas, reservas de la sociedad civil, distritos de manejo integrado, ecosistemas sensibles, contraste de áreas comunes con la Lista Roja de Ecosistemas de Colombia (LRE), corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas (en peligro, en peligro crítico y vulnerables) de acuerdo con la Resolución 1912 de 2017 o aquella norma que la modifique, sustituya o derogue, áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y zonas de paso de especies migratorias.
- Áreas susceptibles a la degradación ambiental (pérdida de biodiversidad, deforestación, desertificación, contaminación de suelos, entre otras). Dichas áreas deben haber sido establecidas por las autoridades competentes a nivel nacional, regional y local.

La zonificación ambiental debe estar articulada con los instrumentos de ordenamiento del territorio y de los instrumentos de ordenamiento/planificación ambiental del recurso hídrico, existentes para el área manteniendo las restricciones establecidas en los mismos.

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

Para la caracterización detallada de los recursos naturales renovables que demanda el proyecto y que serían utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes fases, se deben seguir los lineamientos establecidos en el capítulo correspondiente de la MGEPEA.

La demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, descritos en el EIA, y que se proyectan a ser utilizados por el proyecto de perforación de uso (explotación) debe estar acorde con los requerimientos establecidos por el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 2202 de 2005 modificada parcialmente por la resolución 1058 de 2021, o aquella norma que los modifique o sustituya, en relación con todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios por el tiempo establecido para la ejecución de las actividades de construcción, perforación, pruebas, desmantelamiento y abandono del proyecto.

Se debe informar acerca de las diferentes etapas de los proyectos geotérmicos, diferenciando claramente entre las fases de exploración y explotación, aclarando, en los casos en que aplique, los permisos que se mantendrían vigentes del proyecto de exploración geotérmica para el uso (explotación).

Para efectos de lo anterior, se debe presentar la información resumida en una tabla, detallando tipo de permiso, acto administrativo que lo otorgó (número y fecha), y descripción en síntesis de este en donde se aclare el uso que dicho permiso tuvo durante la licencia de exploración geotérmica.

De igual forma y en caso de que aplique, se deben relacionar, describir y cartografiar los permisos de uso y aprovechamiento de recursos naturales que se encuentren vigentes de la etapa de exploración.

De acuerdo con la Ley 373 de 1997, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y la Política de Producción más Limpia y Consumo Sostenible y su reglamentación establecida en el Decreto 1090 de 2018, compilado en el Decreto 1076 de 2015 y demás normas que aplique, se deben presentar programas de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas, y para el uso eficiente de la energía, respectivamente.

La caracterización de los parámetros debe realizarse por laboratorios acreditados por el IDEAM para su muestreo. Se aceptan los resultados de análisis que provengan de

laboratorios extranjeros acreditados por otro organismo de acreditación, hasta tanto se cuente con la disponibilidad de capacidad analítica en el país.

Los puntos de uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables se deben localizar en un plano a escala 1:10.000, con referencia a la base hidrológica y cartográfica utilizada, y a la localización del proyecto. La información debe estar consolidada en los Formularios Únicos Nacionales y debe ser debidamente estructurada en el MAG.

Para el desarrollo de este capítulo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

11.1. CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL

Cuando se requiera la captación de aguas superficiales, se debe dar cumplimiento al Capítulo 2, Título 3, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 o aquel que lo modifique, sustituya o derogue; adicional a los requerimientos del precitado formato se deberá presentar para cada uno de los sitios propuestos la siguiente información:

- Caudal ambiental expresado en litros por segundo, estimado para cada uno de los puntos susceptibles de intervención por captación superficial, para ello se deberá implementar una metodología o conjunto de metodologías técnicamente válidas que consideren y evalúen integralmente la alteración del régimen hidrológico natural (magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia, tasa de cambio), la calidad del agua, los usos y usuarios actuales y prospectivos y la funcionalidad y servicios provistos por los ecosistemas dulceacuícolas y conexos.
- La estimación del caudal ambiental por este método debe hacerse a nivel mensual^{xxi}.

La caracterización de los cuerpos de agua en los cuales se solicite concesión de agua superficial. Además de los parámetros presentados en la tabla 4, debe considerarse como mínimo, los consignados en la tabla 8:

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos adicionales que se deben caracterizar en corrientes superficiales en las que se solicita concesión de agua superficial.

^{xxi} Una vez el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publique la Guía Metodológica para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia, se deberán aplicar los criterios y lineamientos allí definidos.

PARÁMETROS	UNIDADES
Compuestos de Nitrógeno	
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L
Nitrógeno Total	mg/L
Iones	
Cianuro Total (CN)	mg/L
Metales y Metaloides	
Cromo Hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L
Vanadio (V)	mg/L

Fuente: DAASU Minambiente 2018

Si se requiere concesiones de aguas superficiales y esta se encuentra en una subzona hidrográfica con índice de vulnerabilidad hídrica categoría moderada - alta - muy alta, le aplica la modelación bajo escenarios de cambio climático, siguiendo los lineamientos del capítulo Plan de Gestión de Cambio Climático.

11.2. EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Cuando se requiera el permiso de exploración de aguas subterráneas se debe presentar debidamente diligenciado el Formulario Único Nacional de Solicitud de Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas adoptado por la resolución 2202 de 2005 modificada parcialmente por la resolución 1058 de 2021 o aquella que lo modifique o sustituya, así como lo estipulado en los artículos 2.2.3.2.16.5 Requisitos para la obtención del permiso, 2.2.3.2.16.6 Anexos solicitud de permiso y 2.2.3.2.16.9 Exploración y aspectos a considerar, del Decreto 1076 de 2015.

Asimismo, se debe describir lo siguiente:

- Localización georreferenciada de los polígonos en los que se propone ubicar los sitios propuestos para realizar las perforaciones exploratorias para aguas subterráneas.
- Inventario de puntos de agua subterránea del área donde se proyecta realizar la exploración, con base en dicho inventario, realizar un análisis de conflictos por el uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas.
- Estudio geofísico empleado para determinar la localización de los pozos exploratorios.
- Localización georreferenciada de los sitios propuestos para realizar las perforaciones exploratorias.

- Descripción del sistema de perforación a emplear.
- Uso previsto y caudal proyectado de explotación.

11.3. CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La concesión de aguas subterráneas requiere en forma previa el trámite del permiso de exploración de aguas subterráneas. En caso de que el proyecto para uso (explotación) de fuentes de energía geotérmica demande el uso del agua subterránea para usos diferentes, se requiere tramitar la concesión de aguas subterráneas correspondiente.

Para gestionar la concesión se debe realizar una caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea, que incluya como mínimo los parámetros establecidos en las siguientes tablas:

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se deben caracterizar en fuentes de agua subterránea en las que se solicita concesión de agua subterránea.

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Profundidad	M
Nivel freático o piezométrico	M
Altura sobre el nivel del mar	M
Temperatura	(°C)
pH	Unidades de pH
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)
Turbiedad	(UNT)
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO5)	(mg/L O ₂).
Sólidos Totales (ST)	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
Fenoles	mg/L
Hidrocarburos	
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L
Compuestos orgánicos volátiles	mg/L
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y orto, meta y paraXileno)	mg/L
Metano	mg/L
Cationes	

PARÁMETROS	UNIDADES
Calcio (Ca^{++})	mg/L
Sodio (Na^+)	mg/L
Potasio (K^+)	mg/L
Magnesio (Mg^{++})	mg/L
Amonio (NH_4^+)	mg/L
Hierro Total (Fe)	mg/L
Manganeso (Mn)	mg/L
Estroncio (Sr^{2+})	mg/L
Aniones	
Nitrato (N-NO_3)	mg/L
Nitritos (N-NO_2)	mg/L
Cloruro (CL^-)	mg/L
Sulfato (SO_4^-)	mg/L
Carbonato (CO_3^-)	mg/L
Bicarbonato (HCO_3^-)	mg/L
Fluoruros (F^-)	mg/L
Fósforo Reactivo Total	mg/L
Sílice Total (SiO_2)	mg/L
Metales y Metaloides	
Aluminio (Al)	mg/L
Arsénico (As)	mg/L
Bario (Ba)	mg/L
Bromo (Br)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Cobalto (Co)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L
Estroncio (Sr)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Selenio (Se)	mg/L
Otros parámetros para análisis y reporte	
Acidez Total	mg/L CaCO_3
Alcalinidad Total	mg/L CaCO_3
Dureza Cálrica	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

Fuente: DAASU Minambiente 2018

Tabla 10. Variables de monitoreo isotópico.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	FRECUENCIA DE MONITOREO	Método/ técnica
Precipitación	Hidrológica	Diaria, horaria	Estaciones pluviométricas
Precipitación, manantiales ^{18}O , ^2H (Unidades de Tritio), ^{13}C	Isótopos estables	Muestras compuestas mensuales.	Espectrometría laser y de masas.
Aguas superficiales y acuíferos ^{18}O , ^2H , ^{13}C	Isótopos estables	Época seca, época húmeda.	Espectrometría laser y de masas.
Acuíferos I (^3H , CFC, ^{14}C y ^{36}Cl (si no hay ^{14}C))	Datación del agua	Una vez	Variadas

Se debe realizar el monitoreo y análisis isotópicos de las variables de la tabla 10 del agua registrada en manantiales y pozos registrados en los FUNIAS en el área de influencia del proyecto, los análisis “proporcionan información sobre el origen y la evolución de los fluidos geotérmicos, tales como la mezcla subterránea entre las aguas con orígenes diferentes, sobre los efectos de la interacción agua-roca” [32].

Para la concesión de aguas subterráneas se debe consolidar un documento según los lineamientos establecidos en el acápite correspondiente de la MGEPEA, en cumplimiento de la Resolución 2202 de 2005 modificada parcialmente por la resolución 1058 de 2021 o aquella que lo modifique o sustituya, así como en lo estipulado en los artículos 2.2.3.2.16.14 Requisitos y trámite concesión, 2.2.3.2.9.1 Solicitud de concesión y 2.2.3.2.9.2 Anexos a la solicitud, del Decreto 1076 de 2015 o aquella norma que lo modifique o sustituya.

El documento debe ser estructurado en el modelo de datos del MAG reglamentado mediante Resolución 2182 de 2016 o la norma que la modifique o sustituya, incluir la localización georreferenciada de los pozos exploratorios perforados en mapas a escala 1:10.000 o más detallada y presentar planos de perfiles y detalles del diseño definitivo de los pozos a las escalas adecuadas.

Si se solicita concesión de aguas subterráneas deben simular bajo escenarios de cambio climático la variación de la recarga a los acuíferos y analizar la variación de la profundidad de la tabla de agua subterránea como varía en el tiempo, siguiendo los lineamientos del capítulo Plan de Gestión de Cambio Climático.

11.4. PERMISO DE VERTIMIENTOS

Cuando el solicitante pretenda realizar vertimientos debe acogerse a lo establecido en el Capítulo 3, Título 3, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, o en aquel que lo

modifique, sustituya o derogue y sus normas reglamentarias (Resolución 1514 de 2012, Resolución 1207 de 2014, Resolución 1256 de 2021, Resolución 631 de 2015, etc.).

De acuerdo con la Ley 373 de 1997, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y la Política de Producción más Limpia y Consumo Sostenible y su reglamentación establecida en el Decreto 1090 de 2018, se deben presentar programas de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas y para el uso eficiente de la energía, respectivamente

Si se quiere optar por la opción de reúso, se debe tener en cuenta todos los aspectos establecidos en la Resolución 1256 de 2021 o la norma que la modifique o sustituya, así como la viabilidad y la aplicabilidad de ejecución que defina la Autoridad Ambiental.

11.4.1. Vertimientos en cuerpos de agua superficiales

Cuando el solicitante pretenda realizar vertimientos en cuerpos de agua continentales debe presentar la información, los estudios y modelación de acuerdo con lo establecido en la MGEPEA, considerando para los modelos de calidad del agua entre otros los siguientes aspectos:

- Si el proyecto considera la disposición final de aguas residuales a través de vertimientos directos a cuerpos de agua, se deben realizar en éstos, las mediciones de los parámetros relacionados en la tabla 11, tomando los registros en por lo menos dos (2) puntos de muestreo sobre el cuerpo receptor, en el área donde se pretenda hacer el vertimiento (aguas arriba y aguas abajo situado en la mitad de la distancia de mezcla completa estimada desde el punto de la descarga) o los registros que sean necesarios teniendo en cuenta los tributarios presentes aguas abajo, la ubicación de fuentes contaminantes y características hidráulicas del drenaje.
- La caracterización de la calidad del agua sobre el cuerpo receptor y los principales afluentes y abstracciones, se debe realizar siguiendo un programa de toma de muestras (utilizando el modelo de tiempos de viaje calibrado), en donde se siga la misma masa de agua que fluye aguas abajo, con el fin de reducir la incertidumbre debida a la variabilidad temporal de las descargas sobre el cuerpo de agua.

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se deben caracterizar en las fuentes de agua superficial objeto de vertimiento.

PARÁMETROS	UNIDADES	PARA LOS CUERPOS DE AGUA EN LOS QUE SE PROPONEN VERTIMIENTOS DIRECTOS	
		AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA
Generales			
Temperatura	(°C)	X	X
Potencial de Hidrógeno – pH	Unidades de pH	X	X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)	X	X
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO5)	(mg/L O ₂).	X	X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	X	X
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	X	X
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	X	X
Grasas y Aceites	mg/L	X	X
Fenoles Totales	mg/L	X	X
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	X	X
Coliformes Totales	NMP/100 mL	X	X
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	X	X
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	X	X
Turbiedad	(UNT)	X	X
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L O ₂	X	X
Potasio	mg/L	X	X
Hidrocarburos			
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	X	X
Compuestos de Fósforo			
Fósforo Total (P)	mg/L	X	X
Compuestos de Nitrógeno			
Nitrógeno Total	mg/L	X	X
Iones			
Cloruros (Cl-)	mg/L	X	X
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	X	X
Metales y Metaloides*			
Arsénico (As)	mg/L		X
Cadmio (Cd)	mg/L		X
PARÁMETROS	UNIDADES	PARA LOS CUERPOS DE AGUA EN LOS QUE SE PROPONEN VERTIMIENTOS DIRECTOS	

PARÁMETROS	UNIDADES	PARA LOS CUERPOS DE AGUA EN LOS QUE SE PROPONEN VERTIMIENTOS DIRECTOS	
		AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA
		AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA
Bario (Ba)	mg/L		X
Cinc (Zn)	mg/L		X
Cobre (Cu)	mg/L		X
Cromo (Cr)	mg/L		X
Hierro (Fe)	mg/L		X
Mercurio (Hg)	mg/L		X
Níquel (Ni)	mg/L		X
Plomo (Pb)	mg/L		X
Plata (Ag)	mg/L		X
Selenio (Se)	mg/L		X
Otros Parámetros para Análisis y Reporte			
Acidez Total	mg/L CaCo ₃	X	X
Alcalinidad Total	mg/L CaCo ₄	X	X
Dureza Cálrica	mg/L CaCo ₅	X	X
Dureza Total	mg/L CaCo ₆	X	X
Color Real (m ⁻¹) (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620nm).	m ⁻¹	X	X
Microbiológicos	Unidades		
Coliformes Totales	NMP/100 mL	X	X
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	X	X

Fuente: DAASU Minambiente 2018, adaptación Resolución 631 de 2015

11.4.2. Vertimientos en suelos

El interesado en obtener este permiso debe presentar una solicitud por escrito que contenga, además de la información prevista en el Formato único nacional de permiso de vertimiento al suelo, establecido mediante resolución 1058 de 2021, lo previsto en el artículo 2.2.3.3.5.2 y artículos 5 y 6 del Decreto 50 de 2018 (que modifica el Artículo 2.2.3.3.4.9 del Decreto 1076 de 2015), o en aquellas normas que las modifiquen o sustituyan.

Para vertimiento al suelo de aguas residuales domésticas (ARD), se deben considerar los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos para aguas residuales domésticas tratadas, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 699 de 6 de julio de 2021 o aquella norma que la modifique o sustituya.

En todo caso el área de disposición del vertimiento no puede ser considerada como parte del tratamiento del agua residual, (p.e, el suelo no es unidad de tratamiento terciario, estas unidades obedecen a un diseño específico de remoción de nutrientes).

11.5. OCUPACIONES DE CAUCES

Para gestionar el permiso de ocupación de cauces se debe realizar una caracterización fisicoquímica y microbiológica del cuerpo de agua a ocupar que incluya como mínimo los parámetros establecidos en la tabla 12.

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos que se deben caracterizar en las fuentes de agua superficial susceptibles de intervención por ocupación de cauce.

PARÁMETROS	UNIDADES
Generales	
Temperatura	(°C)
pH	Unidades de pH
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)
Turbiedad	(UNT)
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂)
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L
Sólidos Sedimentables (SSED)	ml/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
Fenoles	mg/L
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	mg/L
Sedimentos	
Granulometría	Mm
Densidad	(kg/m ³)
Peso específico	(kN/m ³)
Porosidad	(%)
Material de fondo	--

Fuente: DAASU Minambiente 2018, adaptación Resolución 631 de 2015

11.6. APROVECHAMIENTO FORESTAL

Para la obtención del permiso de aprovechamiento forestal se deben presentar:

- Inventario forestal o censo de los individuos presentes en las unidades de cobertura vegetal donde se prevé realizar el aprovechamiento forestal.
- Análisis estadísticos detallados utilizados para el cálculo del error de muestreo, especificando las fórmulas utilizadas.
- Mapa de coberturas de la tierra con individuos muestreados o censados.
- El inventario forestal debe incluir: Tipo de cobertura, superficie a aprovechar (ha), localización de las unidades de muestreo (coordenadas, vereda, municipio), individuos inventariados (nombre común y científico), clasificación taxonómica (al nivel más preciso posible), DAP, área basal, altura comercial, altura total, volumen total, volumen comercial, estado fitosanitario, cálculo de biomasa y carbono, sumatorias de número de individuos inventariados.
- Presentar las planillas de toma de información en campo de datos del inventario forestal realizado.
- Indicar para el área de aprovechamiento (en hectáreas), los volúmenes y cantidad de individuos a aprovechar, los cuales deben ser presentados por tipo cobertura y por tipo de obra o actividad a desarrollar.
- Presentar las planillas de los cálculos realizados para la estimación del aprovechamiento forestal por cada cobertura vegetal a intervenir por el proyecto.
- Localización de las especies identificadas en alguna categoría de riesgo de extinción, amenaza y/o endemismo.
- En caso de que se requiera el aprovechamiento de especies en veda nacional o regional, se debe presentar la información de localización específica de tales individuos.
- Si el proyecto identifica ecosistemas estratégicos que pretende aprovechar en el área del proyecto, debe presentar la modelación bajo escenarios de cambio climático, siguiendo los lineamientos del capítulo Plan de Gestión de Cambio Climático.

11.7. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Para las fuentes fijas de emisión que requieran permiso de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 1, Título 5, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 y en la Resolución 619 de 1997, o aquellas normas que las modifiquen, sustituyan o deroguen, se debe entregar la información allí prevista. Adicionalmente, se debe entregar diligenciado Formulario Único Nacional de Solicitud del Permiso de Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas con sus respectivos anexos, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 2202 del 29 de diciembre de 2005 o de aquella que la adicione, modifique o sustituya.

Las disposiciones de la MGEPEA respecto de la afectación por emisiones atmosféricas son aplicables a las fuentes de emisión según el tipo de actividades susceptibles de generar emisiones atmosféricas y las fases del proyecto. Se deberán analizar las posibles afectaciones por emisiones por contaminantes criterio, y por emisiones de sustancias generadoras de olores ofensivos

11.8. MODELO DE DISPERSIÓN

Para realizar la modelación se deben seguir los siguientes lineamientos definidos en la MGEPEA, entre las que se indica que se debe modelar bajo los siguientes escenarios:

- Primer escenario: Actual.
- Segundo escenario: proyecto, sin medidas de control.
- Tercer escenario: proyecto, con medidas de control.

Las simulaciones que sean realizadas con el modelo de dispersión deben incluir los contaminantes y sustancias generadoras de olores ofensivos asociados a las actividades del proyecto, incluyendo el sulfuro de hidrógeno (H_2S), la metodología de modelos de dispersión utilizada para parámetros generadores de olores ofensivos debe guardar correspondencia con lo establecido mediante la Resolución 2087 de 2014, la cual adopta el Protocolo para el monitoreo, control y vigilancia de olores ofensivos. Se debe entregar la totalidad de los archivos de entrada, procesamiento y salida que permitan la verificación de los resultados presentados.

Los datos e información cartográfica del componente se deben presentar de acuerdo con las especificaciones establecidas en el MAG. La anterior información se debe presentar en mapas a escala 1:25.000 o más detallada y de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

12. EVALUACIÓN AMBIENTAL^{xxii}

Para realizar la evaluación de los impactos ambientales se deben seguir los lineamientos establecidos en el numeral de evaluación ambiental de las especificaciones técnicas del Estudio de Impacto Ambiental de la MGEPEA.

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

^{xxii} 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, esta deberá ser utilizada por el usuario.

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.

12.1. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO

En el análisis de los impactos previos al proyecto, se deben identificar las actividades que mayor incidencia han tenido en los cambios que ha sufrido el área de influencia. Adicionalmente, se debe cualificar y cuantificar el estado actual de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico), y su sensibilidad ambiental, y realizar el análisis de tendencias, considerando la perspectiva del desarrollo regional y local, la dinámica económica, los planes gubernamentales, la preservación y manejo de los recursos naturales y las consecuencias que para los ecosistemas de la zona tienen las actividades antrópicas y naturales propias de la región.

Se deben incluir en este análisis, las actividades asociadas al proyecto de exploración geotérmica previa que antecede al de uso (explotación), y el de otras actividades exploratorias o de explotación geotérmica desarrollada por proyectos anteriores.

Para lo anterior, se deben identificar las interacciones de las actividades que se desarrollan en la región, y calificar los impactos generados sobre los componentes, grupos de componentes o medios abiótico, biótico y socioeconómico.

Se debe presentar la información relacionada con los conflictos ambientales existentes para cada uno de los medios, incluyendo los que se presentan por el uso de los recursos naturales.

12.2. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO

Para la ejecución de las evaluaciones en el escenario con proyecto, se tendrá como punto de partida las calificaciones asignadas a cada impacto, efectuadas durante la evaluación ambiental para el escenario sin proyecto, se deben identificar, describir y valorar los

impactos que generaría el proyecto sobre el entorno y que resultan de la interacción entre las actividades de este y los factores de cada componente, conforme los lineamientos establecidos en el MGEPEA.

Cuando exista un alto nivel de incertidumbre acerca de la magnitud y/o alcance de algún impacto del proyecto sobre el ambiente, se deben realizar y describir predicciones para el escenario más crítico posible, el cual incorpora los impactos más importantes que hayan ocurrido históricamente por el desarrollo de la actividad objeto de estudio; consecuentemente, este tipo de impactos deben ser valorados con el mayor valor posible de significancia.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que la determinación de los posibles efectos significativos del proyecto en el ambiente es de particular importancia para este tipo de proyecto, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones particulares:

- La diferencia entre las etapas de construcción, perforación, pruebas y operación (completamiento, pruebas, central de generación) y desmantelamiento-abandono del proyecto.
- La emisión de contaminantes, ruido, vibración, radiación ionizante, luz y calor, la generación de molestias y la disposición de desechos.
- Los riesgos para la salud humana, el patrimonio cultural o el ambiente (por ejemplo, debido a accidentes o desastres).
- La acumulación de efectos con otros proyectos existentes y/o aprobados, teniendo en cuenta cualquier problema ambiental existente relacionado con áreas de particular importancia ambiental que puedan verse afectadas o el uso de recursos naturales, los impactos sinérgicos y acumulativos.
- El aporte del proyecto al cambio climático (por ejemplo, la naturaleza y la magnitud de las emisiones de gases de efecto invernadero) y la vulnerabilidad del proyecto al cambio climático (desastres naturales).
- Las tecnologías y las sustancias utilizadas.

Se debe presentar la información relacionada con los conflictos ambientales existentes que puedan potenciarse por el desarrollo del proyecto, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, incluyendo los que se presentan por el uso de los recursos naturales (agua, suelo, forestal, aire, biodiversidad, o sobre los servicios ecosistémico, entre otros).

Adicionalmente considerar a partir de los lineamientos establecidos en la MGEPEA, la necesidad de adelantar modelaciones en los componentes hidrológico, hidrogeológico, ruido y paisaje.

12.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

Para el desarrollo de este capítulo se debe presentar la siguiente información, de acuerdo con lo dispuesto en la MGEPEA vigente y el manual de criterios técnicos acogidos por la Resolución 1669 de 2017 o aquella que la modifique o sustituya:

- Identificación de impactos significativos.
- Identificación de impactos internalizables y no internalizables.
- Cuantificación biofísica de los impactos.
- Análisis económico de los impactos.

Adicionalmente, se debe calcular el Valor Presente Neto (VPN), la relación beneficio costo (RBC) y un análisis de sensibilidad que contemple el cambio de variables críticas para el flujo económico.

Los impactos positivos que pretendan ser incluidos en el análisis costo beneficio, deben ser seleccionados acorde con los resultados de la evaluación ambiental o coincidir con los beneficios previstos en documento anexo a la Resolución 1669 del 14 de agosto de 2017, o aquella que la sustituya o modifique. Estos también deben ser valorados monetariamente a partir de una cuantificación biofísica o socioeconómica sustentada en los cambios atribuibles al proyecto, utilizando información de referencia y fuentes oficiales o científicamente avaladas, en las escalas más detalladas disponibles, incluyéndolas como anexo al estudio.

13. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO

Para establecer la zonificación de manejo ambiental se deben seguir los lineamientos establecidos en el numeral de zonificación de manejo ambiental de las especificaciones técnicas del EIA de la MGEPEA.

La zonificación de manejo ambiental debe cartografiarse a escala 1:10.000 o más detallada, con sus respectivas convenciones temáticas descriptivas.

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.

Adicionalmente se debe tener en cuenta la zonificación de manejo ambiental establecida en el acto administrativo que haya otorgado la licencia ambiental al proyecto de perforación exploratoria que antecede al de explotación, para las unidades de manejo que coincidan entre ambos proyectos, y de requerirse alguna modificación a la zonificación de manejo, se debe presentar la respectiva justificación.

14. PLANES Y PROGRAMAS

Para el desarrollo de los planes y programas se debe tener en cuenta lo establecido en el Capítulo III, numeral 9 “Planes y Programas”, de la MGEPEA.

14.1. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Para la formulación del PMA se deben tener en cuenta las directrices, estructura y análisis establecidos en la MGEPEA acogida mediante la Resolución 1402 de 2018 (o aquella norma que la modifique o sustituya), incluyendo entre otros los programas y subprogramas de manejo ambiental para el control integral de los impactos ambientales. Debe tenerse en cuenta que debe ser clara e inequívoca la relación del impacto con la(s) medidas que lo manejan, su tipología individual y el(los) indicadores propuestos para medir tanto la efectividad de las acciones, tanto como el comportamiento o estado del elemento ambiental asociado.

Se debe presentar el análisis de los diseños de las medidas del Plan de Manejo Ambiental donde se contemple el cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio en los casos en que aplique.

Cuando en el desarrollo del proyecto y durante la implementación del Plan de Manejo Ambiental 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 mediante la incorporación de elementos que le permitan evaluar a la autoridad ambiental, los métodos y periodicidad de estas prácticas en el Plan de Manejo Ambiental.

Se deben establecer lineamientos y medidas de manejo para las especies vegetales en veda en caso de existir intervención sobre estas especies

Para cada uno de los planes y programas contenidos en este numeral, se deben indicar claramente, en los casos en que aplique, los aspectos que se mantendrían del proyecto de exploratoria que antecede al de uso (explotación), señalando las variaciones que se presenten entre uno y otro, con la respectiva justificación.

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.

Programas de manejo ambiental

Se deben presentar los programas de manejo ambiental orientados a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales identificados, que se causen por el desarrollo del proyecto. Los programas con sus subprogramas (cuando estos se requieran), corresponden a las medidas de manejo ambiental con base en la jerarquía del manejo de potenciales impactos identificados, considerando en primera instancia, desarrollar acciones para prevenir y evitar la ocurrencia de los impactos; como segunda opción, se encaminen a mitigarlos y minimizarlos; que en tercer lugar, se dirijan a corregir o restaurar las condiciones del ambiente que sean impactadas por el proyecto y; por último, que se enfoquen en compensar o resarcir los impactos provocados

Los programas de manejo ambiental deben especificar lo previsto en la MGEPEA, con el fin de asegurar que sus objetivos y metas se orienten al manejo efectivo de todos los impactos identificados y, que, durante su formulación, se tengan en cuenta en caso de que existan, los planes de desarrollo regional y local, así como los del ordenamiento ambiental territorial, a fin de asegurar su coherencia con los mismos.

14.2. PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Se debe plantear el seguimiento y monitoreo tanto a los planes y programas formulados en el EIA, como a la calidad ambiental una vez se inicie el proyecto, conforme lo previsto en la MGEPEA, complementado por un plan de monitoreo de vigilancia radiológica (fondo natural) asociado con las fuentes naturales de radiación; así el seguimiento a la calidad ambiental debe incorporar los aspectos técnicos contenidos en los protocolos aplicables.

Para el seguimiento y monitoreo del componente hidrogeológico se debe presentar la propuesta del diseño de redes de monitoreo, seguimiento y control de niveles y de la calidad del agua, las cuales deben ser representativas. Se debe sustentar la propuesta de diseños de las redes de monitoreo, así como el de las frecuencias de este.

Estrategia de Gestión social

Debe incorporarse una propuesta de Estrategia de gestión social, la cual deberá ser adoptada por el titular del proyecto antes del inicio de construcción, en caso de determinarse la viabilidad la licencia ambiental. La propuesta debe estar orientada a promover el desarrollo económico, social y ambiental de las regiones en las que se implemente el proyecto, basada en el diálogo temprano, continuo y transparente con los grupos de interés ubicados en el área de influencia del proyecto.

La propuesta debe contemplar la formulación participativa de la estrategia, a través de espacios de diálogo con las comunidades locales ubicadas en el área de influencia del proyecto, previo al inicio de la fase constructiva. En particular, la Estrategia de Gestión Social tendrá por objeto:

- Fomentar la confianza entre las comunidades y el desarrollador del proyecto.
- Favorecer el respeto por el territorio, la cultura, el ambiente y los derechos humanos.
- Fortalecer la participación.
- Propender por el desarrollo social y económico de la comunidad.
- Gestionar la conflictividad socioambiental del proyecto.

La Estrategia de Gestión Social deberá contener como mínimo:

- Identificación de las comunidades o actores involucrados dentro del área de influencia del proyecto.
- La metodología de construcción participativa a través del diálogo temprano, continuo y transparente con las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto.
- Una lista de alternativas de potenciales propuestas a las comunidades para el uso directo del recurso geotérmico, el desarrollo de Comunidades Energéticas u otros proyectos productivos, de forma articulada con el plan de compensaciones del medio biótico, de conformidad con lo establecido en la Resolución 256 del 31 de agosto de 2018 o la que modifique, sustituya o derogue que adopta; y/o con las políticas de responsabilidad social del solicitante.

- Un proyecto de cronograma de ejecución de la Estrategia.
- Programa de seguimiento a la estrategia.

En ningún caso estos acuerdos sustituyen ni reemplazan los mecanismos formales de consulta previa, cuando esta sea procedente. No obstante, en los proyectos donde la DANCP se haya pronunciado declarando la procedencia de la Consulta Previa Libre e Informada, la construcción de la Estrategia de Gestión Social deberá ser articulada con el resultado de aquella.

14.3. DIMENSIÓN AMBIENTAL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

Se debe formular y presentar un plan de contingencias tomando como referencia las consideraciones previstas en la Ley 1523 de 2012, Decreto 2157 de 2017, Decreto 1868 de 2021 y en la normativa sectorial específica, o en aquella que la modifique o sustituya, siguiendo los lineamientos establecidos en la sección 9.1.3 del Capítulo III de la MPEGEA acogida mediante la Resolución 1402 de 2018, o en aquella que la modifique o sustituya. La formulación deberá diseñar y plantear la realización de acciones dirigidas a la preparación y ejecución de la respuesta frente a incidentes por pérdida de contención de fluidos y otras sustancias peligrosas en áreas marítimas, continentales, insulares y fluviales del país, conforme las directrices del Plan Nacional de Contingencias.

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.

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.

14.4. PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y CIERRE AMBIENTAL

El plan de desmantelamiento y cierre ambiental debe definir el uso final del suelo, así como las medidas de manejo que permitan la reconfiguración morfológica, restauración, rehabilitación y recuperación del entorno. En este sentido deben aplicarse luego de terminar la vida útil del proyecto, obra o actividad para asegurar un balance ambiental neto por lo menos igual a cero. Las condiciones ambientales que se plantee alcanzar mediante la ejecución de las medidas y actividades establecidas en este plan deben corresponder, y hacer posible el uso final de suelo propuesto para el área objeto de cierre, el cual debe ser armónico con el medio circundante, con las necesidades

socioeconómicas del territorio y debe estar en línea con los instrumentos de ordenamiento territorial.

Las actividades de reconfiguración morfológica y recuperación, rehabilitación o restauración, tienen que ser coherentes con el contexto del proyecto expuesto en los diferentes capítulos del EIA y los impactos ambientales que se prevea existan al culminar la vida útil del proyecto, o los que se identifiquen efectivamente en ese momento.

Se debe establecer claramente el objetivo y alcances del plan, especificar con la mayor precisión posible, entre otros elementos, la localización de los lugares a reconfigurar, restaurar, rehabilitar y recuperar, la manera en que las actividades propuestas permiten el cumplimiento del objetivo, los métodos a emplear, la maquinaria e insumos requeridos, las estrategias de comunicación y participación con los grupos de interés y el cronograma de ejecución.

Las medidas propuestas en este capítulo deben estar integradas al PMA y articularse con lo previsto en el plan de gestión del riesgo.

Se deben presentar dentro del numeral del Plan de Manejo Ambiental y bajo los programas del medio socioeconómico, medidas que desde la operación del proyecto promuevan un tránsito hacia la reconversión productiva al momento del desmantelamiento y cierre ambiental del POA. Las medidas se deben implementar con los trabajadores del proyecto por medio de capacitaciones y desarrollo de habilidades frente al cambio de oficio y dando herramientas para generar emprendimientos que garanticen la sostenibilidad ambiental, social y económica en función del mejoramiento de la calidad de vida de las personas y el uso del suelo propuesto.

Cuando un proyecto, obra o actividad requiera o deba iniciar su fase de desmantelamiento y cierre ambiental, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 2.2.2.3.9.2 del Decreto 1076 de 2015, se debe tener en cuenta que, sumado a lo dispuesto en el presente numeral, se debe entregar a la autoridad ambiental soporte de la concertación previa sobre el uso final del suelo con los grupos de interés del área de influencia del POA.

14.5. PLAN DE INVERSIÓN FORZOSA DE NO MENOS DEL 1%

Para la formulación del Plan de Inversión Forzosa de no menos del 1% que deben realizar todos los proyectos cuando para su desarrollo hagan uso del recurso hídrico tomado de fuente natural (superficial o subterránea), se debe tener en cuenta lo establecido en el Decreto 2099 de 22 de diciembre de 2016, que modificó el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, modificado a su vez por el

Decreto 075 de 20 de enero de 2017 o aquella norma que lo modifique, sustituya o derogue. Para su desarrollo se debe presentar la información detallada en la MGEPEA.

El solicitante debe evaluar la pertinencia de incluir o no esta información acorde a las características propias de su proyecto y lo solicitado en la MGEPEA.

14.6. PLAN DE COMPENSACIONES DEL MEDIO BIÓTICO

El plan de compensación por los impactos residuales sobre ecosistemas continentales, de requerirse, debe diseñarse y desarrollarse de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico adoptado mediante Resolución 256 de 22 de febrero de 2018, modificada por la Resolución 1428 de 2018, y el mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia del 2017 y conforme a los lineamientos definidos en el Manual y las directrices establecidas en la MPEGEA para su correcta aplicación.

El área y ubicación espacial del plan de compensaciones debe presentarse siguiendo el MAG, de forma que puedan ser cuantificadas las áreas que serán objeto de afectación y asimismo puedan ser modeladas para sus consideraciones técnicas en el plan de compensación.

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 Autoridades Ambientales correspondientes (p.ej. Minambiente, Institutos de Investigación, Corporaciones Autónomas Regionales) y documentos.

14.7. PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

Á fin de dar cumplimiento a lo establecido por la Ley 2169 de 2021 sobre la necesidad de que los instrumentos de manejo y control ambiental de proyectos, obras o actividades incluyan consideraciones de adaptación y mitigación al cambio climático con especial énfasis en la estimación de las emisiones de GEI y los aportes que las medidas de compensación ambiental pueden hacer a la Contribución Nacional ante la CMNUCC, así como de asegurar que tales consideraciones sean consistentes con los instrumentos de gestión del cambio climático que establece la Ley 1931 de 2018, los EIA deben elaborarse incorporando la variable cambio climático de acuerdo con los siguientes lineamientos.

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:

14.7.1. Inventario de emisiones de gases de 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 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.

14.7.2. 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 deberán 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 GEI^{xxiii}, y establecer metas diferenciadas según la etapa del proyecto, asegurando su actualización.

^{xxiii} 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.

- Las metas de mitigación se establecen a partir de la diferencia que resulte entre la emisión de GEI para el escenario BAU^{xxiv} (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 país^{xxv}

Para cada una de las medidas de mitigación de GEI se debe establecer lo siguiente:

- Nombre.
- Objetivo (disminución de emisiones de GEI o incremento de GEI en sumideros o reservorios en el área de influencia).
- Hipótesis de mitigación.
- Meta relacionada con cada objetivo en términos del potencial de mitigación en toneladas de CO₂e. 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.
- Descripción de la medida y sus acciones (breve descripción de las actividades mediante las que se desarrolla 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.

^{xxiv} BAU: Business as usual, por sus siglas en inglés. En español se entiende como el escenario convencional.

^{xxv} 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.

- 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 implementación^{xxvi}.

En caso de obtener el instrumento de manejo y control ambiental, y una vez el proyecto inicie actividades, en el marco de su seguimiento y control ambiental, se debe presentar el reporte de avance de las medidas de mitigación y de las metas establecidas, y las mismas deben actualizarse conforme se requiera con el avance del proyecto, obra o actividad.

14.7.3. 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 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

^{xxvi} 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.

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.

14.7.4. 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.

14.7.4.1. 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.

14.7.4.1.1. Hidrología

Para el componente hidrológico, en caso de que para la etapa operativa se requiera el uso, demanda, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales mediante permisos de captación, ocupación y/o vertimientos en cuerpos de aguas superficiales, se deberá complementar los análisis 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 de 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 hidrosedimentológica 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.

14.7.4.1.2. Hidrogeología

Para el componente hidrogeológico, en caso de que el proyecto se encuentre en una zona de recarga de acuíferos y solicite el permiso de concesión de aguas subterráneas sobre un acuífero con recarga local 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 solicitud de concesión de aguas subterráneas y de la identificación de las posibles afectaciones sobre el recurso como resultado del cambio en los usos del suelo y de la concesión. 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.

14.7.4.1.3. Biótico

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.

14.7.4.2. 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.

14.7.4.3. 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.

14.7.4.4. Elementos expuestos del proyecto o del entorno

Determinar de manera cuantitativa y cualitativa el nivel de exposición de los elementos del proyecto o del entorno, 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.

14.7.4.5. 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

14.7.4.6. 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.

15. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Adaptado de: Naciones Unidas, «Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres,» Naciones Unidas, Ginebra, 2009.
- [2] Congreso de la República de Colombia, *Ley 1931 de 2018*, Bogotá D.C., 2018.
- [3] OLADE, «Guía para estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotérmicos,» OLADE, Quito, 1993.
- [4] S. J. Zarrouk y K. McLean, «Chapter 2 - Geothermal systems,» de *Geothermal Well Test Analysis*, S. J. Zarrouk y K. McLean, Edits., Academic Press, 2019, pp. 13-38.
- [5] Instituto de Educación Superior “Santiago Ramón y Cajal – IDEMA, Biología, 7 ed., Arequipa, . Disponible en: <https://books.instituto-idema.org/node/34>. [Accedido: 22-ago-2025]..
- [6] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, *Tesaurus Ambiental para Colombia*.
- [7] Adaptado de: República de Colombia, *Ley 1523 de 2012*, Bogotá D.C., 2012.
- [8] República de Colombia, *Adaptado de: Ley 1715 de 2014*, Bogotá D.C., 2014.
- [9] . R. S. de Groot, Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making, Wolters-Noordhoff, Ed., Amsterdam, 1992.
- [10] H. J. Ramey Jr. y M. P. Kruger, «Geothermal fluid dynamics,» *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 13, n° 1, pp. 315-342, Enero 1981.
- [11] S. C. Bhatia, «Advanced Renewable Energy Systems,» *Woodhead Publishing India*, pp. 334-388, 2014.
- [12] International Atomic Energy Agency, «IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection,» Viena, 2007.
- [13] OLADE y BID, *Guía para estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotérmicos*, Quito, 1994.
- [14] M. H. Dickson y M. Fanelli, *Geothermal Energy: Utilization and Technology*, París: UNESCO, 2003.
- [15] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 40185 de 2020*, Bogotá D.C., 2020.
- [16] World Meteorological Organization y UNESCO, *International Glossary of Hydrology*, 3ra ed., Geneve: Paris: WMO, 2012.
- [17] H. Schoeller, «Les eaux souterraines: Hydrologie dynamique et statique,» n° 8, p. 642, 1962.
- [18] E. Custodio y R. Llamas, *Hidrología Subterránea*, 2 ed., Barcelona: Omega, 1983.
- [19] W. D. Huff, L. A. Owen y A. Soldati, «Volcanic Landforms,» de *Treatise on Geomorphology*, 2 ed., J. (F. Shroder, Ed., Academic Press, 2022, pp. 340-375.
- [20] H. Villota, «El Sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno,» Bogotá D.C., 1995.
- [21] G. Axelsson y H. Franzon, «Geothermal drilling targets and well siting,» de *Proceedings of the Short Course on Geothermal Development and Geothermal Wells UNU-GTP and LaGeo*, Santa Tecla, 2012.
- [22] M. Gehringer y V. Loksha, «Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation,» Washington, 2012.

- [23] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 40537 de 2024*, Diario Oficial No. 50 298 ed., Bogotá D.C., 2024.
- [24] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 18-1434 de 2002*, Bogotá D.C., 2002.
- [25] Congreso de la República de Colombia, *Ley 2099 de 2021*, 2021.
- [26] R. Schultz, R. J. Skoumal, M. R. Brudzinski, D. Eaton, B. Baptie y W. Ellsworth, «Hydraulic fracturing-induced seismicity,» *Reviews of Geophysics*, vol. 58, n° 3, p. e2019RG000695, 2020.
- [27] ESMAP, «Direct Utilization of Geothermal Resources,» Washington, 2022.
- [28] J. W. Lund y A. N. Toth, «Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review,» *Geothermics*, vol. 90, p. 101915, 2021.
- [29] J. Bielicki, D. Blackwell, S. Harp, S. Karra, R. Kelley, S. Kelley, R. Middleton, M. Person, G. Sutula y J. Witcher, «Hydrogeologic Windows and Estimating the Prospectivity of Geothermal Resources,» de *Proceedings of the 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford, 2016.
- [30] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Adaptado de: Decreto 1076 de 2015*, Bogotá D.C., 2015.
- [31] Adaptado de: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ANLA, *Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos*, Bogotá D.C., 2014.
- [32] W. G. Mook, *Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico: principios y aplicaciones*, Madrid: UNESCO-IAEA; Instituto Geológico y Minero de España, 2002.
- [33] T. Krömer y S. R. Gradstein, *Species richness of vascular epiphytes in two primary forest and fallows in the Bolivian Andes*, 2003, pp. 190-195.
- [34] J. C. Matiz-León, C. Alfaro-Valero, J. B. Rueda-Gutiérrez, G. Rodríguez-Rodríguez, J. Malo-Lázaro, C. González-Idárraga, M. Beltrán-Luque, G. Rodríguez-Ospina, Y. Casallas-Veloza, J. C. Herrera-Casseres, Y. Rodríguez-Molina, Y. Pardo-López, and J. Sánchez y J. Sánchez-Ducuara, *Estándar geográfico para información geotérmica*, Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano, 2022.
- [35] M. Caballero, S. Lozano y B. Ortega, «Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la Tierra,» *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, n° 10, pp. 1-11.
- [36] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 40156 de 2022*, Bogotá D.C., 2022.
- [37] U.S. Department of Energy, «Geothermal Technologies Program: Direct Use,» Washington, 2004.