

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

**L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-IN-001-VB**

## Capítulo 2. Introducción



## TABLA DE CONTENIDO

<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
2.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
2.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL	11
2.2.1. Generales	11
2.2.2. Específicos	11
2.3. LOCALIZACIÓN	13
2.4. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES	17
2.4.1. Justificación	17
2.4.2. Antecedentes	20
2.5. METODOLOGÍA	26
2.5.1. Caracterización ambiental	26
2.5.1.1. Área de Influencia	26
2.5.1.1.1. Definiciones.	26
2.5.1.1.2. Área de Influencia preliminar	28
2.5.1.1.2.1. Desarrollo Metodológico.	28
2.5.1.1.2.2. Identificación preliminar de impactos.	30
2.5.1.1.2.3. Taller de especialistas.	30
2.5.1.1.2.4. Resultados - Área de Influencia Preliminar Identificada	30
2.5.1.1.3. Área de influencia final	30
2.5.1.1.3.1. Desarrollo metodológico.	30
2.5.1.2. Medio Físico	33
2.5.1.2.1. Geología	33
2.5.1.2.2. Geomorfología	34
2.5.1.2.2.1. Análisis Multitemporal	35
2.5.1.2.2.2. Morfometría	35
2.5.1.2.2.3. Zonificación susceptibilidad ocurrencia de los fenómenos de erosión y remoción en masa - ZRM	36
2.5.1.2.3. Suelos	37
2.5.1.2.4. Calidad del agua	38
2.5.1.2.5. Hidrología	50
2.5.1.2.6. Hidrogeología	51
2.5.1.2.6.1. Modelo Hidrogeológico Conceptual - MHC	51
2.5.1.2.6.2. Modelo hidrogeológico numérico - MHN	58
2.5.1.2.7. Usos y usuarios del agua	58
2.5.1.2.8. Geotecnia	59
2.5.1.2.9. Atmósfera	60
2.5.1.2.9.1. Meteorología	60

2.5.1.2.9.2. Calidad del aire	61
2.5.1.2.10. Paisaje	63
2.5.1.2.10.1. Calidad del ruido	63
2.5.1.2.11. Vibraciones	64
2.5.1.3. Medio Biótico	65
2.5.1.4. Medio Socioeconómico	67
2.5.1.4.1. Inventario social del comercio formal del Área de Influencia Directa	69
2.5.1.4.1.1. Instrumentos metodológicos	69
2.5.1.4.1.2. Desarrollo operativo de la estrategia	69
2.5.1.4.1.3. Recurso humano	69
2.5.1.4.1.4. Recursos físicos	69
2.5.1.4.2. Inventario social de las organizaciones sociales, mediante fichas territoriales AID	70
2.5.1.4.2.1. Instrumentos metodológicos	70
2.5.1.4.2.2. Recurso humano	71
2.5.1.4.2.3. Recursos físicos	71
2.5.1.4.3. Inventario de actores clave de la población del AID, mediante talleres por dimensión (demográfica, espacial, económica, cultural y político-organizativa).	71
2.5.1.4.3.1. Instrumentos metodológicos	73
2.5.1.4.3.2. Desarrollo operativo de la estrategia	74
2.5.1.4.3.3. Recurso de personal	74
2.5.1.4.3.4. Recursos físicos	75
2.5.1.4.4. Inventario de actores clave, mediante entrevistas	75
2.5.1.4.4.1. Instrumentos metodológicos	75
2.5.1.4.4.2. Recurso humano	76
2.5.1.4.4.3. Recursos físicos	76
2.5.1.4.5. Inventario social de la población a reasentar - unidades sociales y unidades económicas.	76
2.5.1.4.5.1. Instrumentos metodológicos	77
2.5.1.4.5.2. Desarrollo operativo de la estrategia	77
2.5.1.4.5.3. Recurso humano	78
2.5.1.4.5.4. Recursos físicos	78
2.5.1.4.6. Programa de arqueología preventiva	78
2.5.1.4.6.1. Instrumentos metodológicos	79
2.5.1.4.6.2. Desarrollo operativo de la estrategia	79
2.5.1.4.6.3. Recurso humano	80
2.5.1.4.6.4. Recursos físicos	80
2.5.2. Zonificación Ambiental	80
2.5.2.1. Áreas definidas para el análisis de la sensibilidad ambiental	81
2.5.2.2. Categorías de análisis de la sensibilidad ambiental	82
2.5.2.3. Procedimiento para zonificación ambiental - Metodología	84
2.5.2.3.1. Definición de los factores - atributos de zonificación.	85

2.5.2.3.2. Categorización de la sensibilidad	86
2.5.2.3.3. Superposición de información temática y obtención de planos intermedios.	87
2.5.2.3.4. Segunda superposición de mapas.	91
2.5.2.3.5. Taller de especialistas	93
2.5.2.3.6. Presentación de los resultados.	93
2.5.3. Demandas	94
2.5.3.1. Aguas superficiales y subterráneas.	94
2.5.3.2. Vertimientos	94
2.5.3.3. Ocupación de cauce	94
2.5.3.4. Aprovechamiento Forestal	94
2.5.3.5. Recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad	95
2.5.3.6. Emisiones atmosféricas	95
2.5.3.7. Materiales de Construcción	95
2.5.4. Evaluación de Impactos	95
2.5.4.1. Identificación y evaluación de impactos	95
2.5.4.2. Riesgos	96
2.5.4.3. Impactos acumulativos	97
2.5.5. Zonificación de manejo	97
2.5.6. Plan de manejo Ambiental	100
2.5.7. Plan de Seguimiento y Monitoreo	103
2.5.8. Plan de Gestión del Riesgo	104
2.5.9. Lineamientos de participación	105
2.5.10. Seguridad y Salud en el Trabajo	105
2.6. PROFESIONALES	106

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización proyecto L2MB

Figura 2. Proyecto de Expansión Priorizado

Figura 3. Esquema de definición de áreas de influencia

Figura 4. Plazo del contrato

Figura 5. Esquema metodológico MHC

Figura 6. Balance hídrico del proyecto.

Figura 7. Metodología GOD Para Evaluar el Índice de Vulnerabilidad de Contaminación de los Acuíferos

Figura 8. Variables temáticas involucradas en el geoprocesamiento metodológico GOD para el área de la modelación

Figura 9. Rango de clasificación de la sensibilidad ambiental

Figura 10. Algebra de mapas

Figura 11. Ejemplo obtención de la sensibilidad ambiental en el territorio del área de influencia del proyecto

Figura 12. Explicación gráfica de la superposición de información de sensibilidad.

Figura 13. Migración de atributos desde la zonificación ambiental a la zonificación de manejo

Figura 14. Migración de atributos desde la zonificación ambiental hacia Áreas de Exclusión en la zonificación de manejo

Figura 15. Migración de atributos desde la zonificación ambiental hacia Áreas de Intervención con restricciones en la zonificación de manejo

Figura 16. Migración de atributos desde la zonificación ambiental hacia categoría de intervención en la zonificación de manejo

Figura 17. Jerarquía de mitigación de los planes de manejo

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distancias por tipología constructiva

Tabla 2. Actividades objeto de evaluación ambiental y social - escenario sin proyecto

Tabla 3. Actividades objeto de evaluación ambiental y social - escenario con proyecto

Tabla 4. Características generales de las alternativas analizadas

Tabla 5. Alternativas evaluadas en la Fase 2 para la selección de la alternativa de mejor desempeño

Tabla 6. Actividades para el análisis de impactos del proyecto

Tabla 7. Impactos generados por el Proyecto Línea 2 Metro de Bogotá

Tabla 8. Categorización de las pendientes del terreno

Tabla 9. Parámetros a analizar.

Tabla 10. Clasificación del índice de Langelier

Tabla 11. Clasificación de los cuerpos de agua según su alcalinidad total.

Tabla 12. Variables y ponderación para el caso de 5 variables

Tabla 13. Variables y ponderación para el caso de 6 variables

Tabla 14. Ecuaciones para cálculo del Índice utilizado en el ICA

Tabla 15. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Tabla 16. IACAL DBO

Tabla 17. IACAL diferencia entre DBO y DQO

Tabla 18. IACAL sólidos suspendidos totales.

Tabla 19. IACAL nitrógeno total

Tabla 20. IACAL fósforo total.

Tabla 21. Contaminación del agua según los valores de índices ICO.

Tabla 22. Ecuaciones para el cálculo del ICOMO

Tabla 23. Ecuaciones para el cálculo del ICOMI.

Tabla 24. Ecuaciones para el cálculo del ICOSUS

Tabla 25. Ecuaciones para el cálculo del ICOpH

Tabla 26. Clasificación de índice ICOTRO

Tabla 27. Periodo común de los parámetros climáticos a analizar

Tabla 28. Ejemplos de definición de factores – atributos por unidad de zonificación

Tabla 29. Categorías de sensibilidad establecida en la Zonificación Ambiental

Tabla 30. Ejemplo de determinación de categorías de sensibilidad para los factores – atributos definidos

Tabla 31. Matriz de superposición para obtención de zonificación

Tabla 32. Contenido de las fichas de manejo

Tabla 33. Contenido ficha de seguimiento y monitoreo a los planes de manejo

Tabla 34. Equipo de trabajo para la elaboración del EIAyS

## 2. INTRODUCCIÓN

El presente documento pretende presentar a la Empresa Metro de Bogotá (en adelante EMB) a través de la Financiera e Desarrollo Nacional (en adelante FDN) la información de soporte técnico ambiental y social, de acuerdo con los Términos de Referencia (ET05 - Estudio de impacto ambiental y social -EIAS-) en el marco de la Convocatoria pública FDN – VE – CP – 07 - 2021 expedidos para la FDN.

Los objetivos y términos aquí presentados son desarrollados en los capítulos que conforman el EIAS y que se enuncian a continuación:

- Capítulo 0. Resumen ejecutivo: contiene una síntesis del Proyecto, las características relevantes del área de influencia, las obras y actividades a ejecutar durante el Proyecto, el método de evaluación ambiental y social seleccionado, la jerarquización y cuantificación de los impactos ambientales y sociales significativos, la zonificación ambiental y de manejo, y de las necesidades de aprovechamiento de recursos con sus características principales y los espacios de participación desarrollados.
- Capítulo 1. Análisis de alternativas: Incluye el análisis previo, desarrollado en la prefactibilidad del proyecto, en donde se establecieron los criterios base para la evaluación Multicriterio de Alternativas (Entregable 2) Capítulo 4, elaborado por Egis (2020) para el FDN, definiendo la alternativa de mejor desempeño.
- Capítulo 2. Introducción: Se presentaron los aspectos relacionados con el tipo de proyecto, localización, justificación, y etapas de construcción y operación. Se especificaron los mecanismos, procedimientos y métodos de recolección, procesamiento y análisis de la información, grado de incertidumbre de la misma, así como las fechas durante las cuales se llevaron a cabo los estudios de cada uno de los componentes.
- Capítulo 3. Descripción del proyecto: se presenta de manera resumida la localización, Características del proyecto, Infraestructura existente, Diseño del proyecto en cada uno de los componentes, Etapas y Fases (actividades a ejecutar) del Proyecto e infraestructura asociada entre otros aspectos.
- Capítulo 4. Marco Legal: Se incluye una descripción de todos los requisitos legales ambientales, sociales y de seguridad y salud en el trabajo que están directamente relacionados con el Proyecto en todos los niveles (nacional, departamental, distrital e internacional asociado a la banca multilateral.
- Capítulo 5. Caracterización del área de influencia (Área de influencia, Medio abiótico, biótico y socioeconómico): Se delimitaron y definieron las áreas de influencia del Proyecto con base en una identificación de los impactos y riesgos que puedan generarse durante el Proyecto. Las áreas de influencia incluyen caracterización para los medios abiótico, biótico y socioeconómico.
- Capítulo 6. Zonificación ambiental: Con base en la información de la caracterización ambiental y social de las áreas de influencia y la normatividad vigente, se presenta un análisis integral de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, con la zonificación ambiental y social, a partir de la sensibilidad ambiental y social del área, en su condición sin Proyecto, considerando los componentes y dimensiones que podrían ser objeto de una posible afectación.
- Capítulo 7. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales: se presenta una relación de los recursos naturales que demandará el Proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante el mismo, incluyendo los que requieran o no permisos, concesiones o autorizaciones.
- Capítulo 8. Evaluación ambiental (escenario sin proyecto y con proyecto): Se desarrolló un capítulo que incluye evaluación ambiental y social, impactos acumulativos y riesgos ambientales y sociales.
- Capítulo 9. Zonificación de manejo ambiental del proyecto: Incluye la zonificación a partir de la zonificación ambiental y social y teniendo en cuenta la evaluación de impactos.
- Capítulo 10. Planes y programas: Se formularon todos los programas que dan respuesta o manejos a los impactos y riesgos ambientales y sociales, incluyen las acciones a desarrollar y medidas necesarias para la prevención, control, corrección, mitigación, compensación en las etapas de construcción y operación del Proyecto.



- Capítulo 11. Planes de seguimiento y monitoreo: se formularon planes de Monitoreo y Seguimiento orientados a vigilar y verificar el comportamiento y efectividad de los planes y programas del Plan de Manejo Ambiental y Social identificando potenciales oportunidades de mejora en el desarrollo del Proyecto, que permitan la aplicación de los ajustes a los que haya lugar.
- Capítulo 12 Plan de Riesgos y Contingencia: Se elaboró el Plan de Gestión de Riesgo de Desastres, según los lineamientos establecidos en el Decreto 2157 de 2017 y la Ley 1523 de 2012, que incluye el análisis y valoración de los riesgos derivados de amenazas de origen natural, antrópico, socio-natural y operacional. Incluye todos los componentes de atención de respuesta de emergencias, contingencias, teniendo en cuenta las actividades a ejecutar para el Proyecto.
- Capítulo 13. Lineamientos de participación: Este capítulo recopila la información con que sensibilizó a la población sobre los beneficios del proyecto, presentando información, observaciones y comentarios del proyecto, mostrando la participación de la comunidad.
- Capítulo 14. Seguridad y Salud en el Trabajo (SST): se elaboró un el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), el cual incluye la forma que sirva al contratista de obra en la ejecución del proyecto.
- Capítulo 15 Plan de Compensación: Las compensaciones del medio biótico se enmarcan bajo la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) a nivel nacional, la cual, plantea una “Estrategia nacional de compensaciones ambientales del componente biótico”, que se encarga de aplicar la jerarquía de la mitigación sobre ecosistemas impactados de forma negativa.. En el caso de este proyecto, las compensaciones se basan en una demanda de recursos naturales (véase en el Capítulo 7. Uso de recursos naturales) realizada específicamente en el área del patio taller y, por lo tanto, provocan alteraciones sobre los ecosistemas
- A través de la Resolución 256 del 22 de febrero de 2018, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adopta la actualización del Manual de Compensaciones del Componente Biótico; esta resolución es modificada en relación con el régimen de transición, ampliando el plazo de acogimiento al Manual hasta el 31 de julio de 2018 mediante la Resolución 1428 del 31 de julio de 2018 MADS.
- Capítulo 16 Presupuesto: se elaboró el presupuesto del Estudio de Impacto Ambiental y Social para la construcción de la L2MB y su infraestructura asociada, incluye costos por componente, tipo e informe con el análisis del presupuesto.
- Capítulo 17 Cronograma: se presentó un cronograma en Project, con la programación de las medidas de carácter ambiental y social del Plan de Manejo Ambiental y Social (PMAS), del Plan de Seguimiento y Monitoreo teniendo en cuenta el cronograma de obras del proyecto
- Capítulo 18 Conclusiones: se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos de la caracterización de la línea base y de los impactos ambientales y sociales más significativos y los riesgos relacionados con la ejecución del Proyecto en sus diferentes etapas.
- Capítulo 19 Bibliografía



Las actividades en preconstrucción, construcción y operación inicialmente generan o potencian expectativas e incertidumbre y conflictos frente al Proyecto y sus incidencias en el territorio, la mayoría de expectativas frente a la L2MB y conflictos generados por actividades puntuales del Proyecto, se presentarán durante la etapa de construcción, por eso se considera como temporal debido a que esta etapa se proyecta dure ocho años y se realizará por tramos, (patio taller, estaciones, túnel y pozos) de tal manera que las actividades se plantean de forma independiente y programada en el tiempo, disminuyendo su afectación a la ciudad. En cuanto a las expectativas y conflictos por la operación, estos se presentarán en los primeros años de operación, mientras la empresa Metro consolida la construcción de la PLMB, actualmente en ejecución.

Con respecto a los tiempos de elaboración de los estudios, tanto de diseño como de elaboración del EIAS, empezaron alrededor de septiembre del año 2021 y se entregaron el septiembre de 2022.

## 2.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Desarrollar la estructuración del proyecto de la Línea 2 del Metro de Bogotá en adelante L2MB, en cumplimiento de la Resolución No. 20203040013685 29/09/2020 del Ministerio de Transporte, el cual conectará la ciudad de Noreste a Noroccidente desde la localidad de Chapinero hasta la localidad de Suba

## 2.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL

### 2.2.1. Generales

Determinar el estado actual de los recursos naturales, del medio ambiente y de los aspectos socioeconómicos del área de influencia de la Línea 2 del Metro de Bogotá D.C e identificar, definir y evaluar los impactos generados por el proyecto en las etapas de preconstrucción, construcción y operación, con el fin de prevenirlos, mitigarlos, corregirlos o compensar los efectos causados garantizando una adecuada gestión ambiental y social en el marco de los lineamientos establecidos por la normativa nacional y los lineamientos de la banca multilateral.

### 2.2.2. Específicos

- Describir el medio ambiente donde se va a llevar a cabo el proyecto, identificando las áreas de influencia directa e indirecta.
- Realizar la caracterización socioeconómica de la población localizada en el Área de Influencia Directa (AID) del proyecto, desde diferentes dimensiones (demográfica, espacial, económica, cultural y político organizativa).
- Caracterizar a la población que será objeto de traslado involuntario de población con el objetivo de formular las medidas de manejo para el impacto.
- Identificar las características económicas del corredor a fin de establecer los impactos sobre el comercio formal que no serán objeto de trasladado, así como evidenciar con información suministrada por el IPES las características del comercio informal e identificar los impactos que puedan ocasionarse.
- Caracterizar la movilidad peatonal y vehicular, la afectación o daño
- s a terceros dentro de los cuales se debe considerar los Bienes de Interés Cultural - BIC que se localizan cerca a las obras del proyecto, así como identificar los aspectos de tipo cultural (los cambios en la cotidianidad e implementación de programas de los proyectos en desarrollo en el corredor) que pueden tener cambios o efectos con el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas. Por último identificar las expectativas que se generarán con el proyecto.
- Formular las medidas de manejo para impactos como: traslado involuntario de población, ocasionado por la compra de predios (traslado físico y económico), cambios en la dinámica del comercio informal\_ Ocupantes del espacio público, cambios en la movilidad y accesibilidad y los cambios en el valor y ocupación del suelo, así como elaborar las medidas para el manejo de las expectativas a través de programas de información, participación, socialización y divulgación.
- Formular las medidas de manejo para impactos de tipo cultural en articulación con las diferentes entidades del Distrito que hacen intervención en esta línea como lo son: Secretaria Distrital de Recreación, Cultura y Deporte; la Dirección de Cultura, la Secretaría Distrital de la Mujer, la Dirección de Diversidad Sexual y la Secretaria Distrital de integración Social, Instituto Distrital de Patrimonio Cultural y Ministerio de Cultura.

- Caracterizar los recursos naturales que demandará el proyecto, los cuales serán aprovechados o afectados durante las etapas de construcción y operación de la L2MB
- Identificar y evaluar los impactos ambientales y sociales que pueda generar el proyecto
- Elaborar un Plan de Manejo Ambiental y Social donde se establezcan las medidas de prevención, mitigación, corrección y mitigación de los impactos del proyecto durante las etapas de construcción y operación, considerando los requerimientos de las diferentes bancas multilaterales (BM, BID, BEI, IFC, CAF).
- Diseñar un programa de monitoreo y seguimiento ambiental para realizar la verificación, vigilancia y evaluación de las actividades permitiendo evaluar la eficacia del Plan de Manejo Ambiental y Social.
- Elaborar el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la etapa de construcción y operación del proyecto.
- Diseñar un cronograma de actividades del Plan de Manejo Ambiental y Social, del Plan de Seguimiento y del Plan de monitoreo.

#### Caracterización del Medio Abiótico

- Realizar monitoreos de calidad del aire (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HCTs y VOC's) a lo largo del trazado y en conformidad con el Protocolo de calidad de Aire <sup>1</sup> a fin de analizar los resultados, comparándolos con la normatividad vigente.
- Realizar el modelo de ruido y dispersión de contaminantes para predecir los impactos generados durante la etapa de construcción y operación de la L2MB en las zonas aledañas al proyecto.
- Desarrollar la caracterización del área de estudio desde el componente de aguas subterráneas, incluyendo los componentes geológico, hidráulico, hidrológico e hidrogeoquímico.
- Realizar el modelo de aguas subterráneas para evaluar si podrían presentarse impactos debido a la construcción del proyecto.
- Plantear el plan de manejo y de monitoreo para el componente de aguas subterráneas a aplicar durante construcción y operación

#### Caracterización del Medio Biótico

- Caracterizar los principales ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto.
- Definir los impactos ambientales en el área de influencia del proyecto.
- Realizar el inventario forestal de las coberturas vegetales, describiendo su composición y estructura en el área de influencia del proyecto.
- Identificar, describir, cuantificar y georreferenciar las zonas verdes y blandas susceptibles de afectación por el proyecto.
- Identificar las especies faunísticas del proyecto.
- Formular las acciones de mitigación de acuerdo a los diferentes grupos faunísticos encontrados a causa de la ejecución del proyecto.

#### Caracterización del Medio Socioeconómico

- Caracterizar el medio socioeconómico en el área de influencia directa e indirecta del proyecto, de manera cuantitativa y cualitativa con enfoque diferencial y de género.
- Identificar los impactos del medio socioeconómico que puedan afectar a la población objeto de reasentamiento involuntario y la que se mantiene (identificar y caracterizar los bienes patrimoniales a fin de establecer las medidas de protección e identificar las afectaciones).

<sup>1</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE , Protocolo para el monitoreo y seguimiento a la calidad del aire, 2008

- Realizar la identificación geográfica de las zonas sensibles desde los aspectos sociales y económicos.
- Elaborar los programas de manejo ambiental, en el componente socioeconómico, considerando las salvaguardias de la banca multilateral.
- Adelantar procesos de articulación interinstitucional con entidades del distrito que lideran temas particulares y cuentan con reconocimiento de sus programas y resultados para atender diferentes aspectos sociales del proyecto, como es el caso del IDU en materia de adquisición predial y reasentamiento, el IPES en materia de manejo de la dinámica económica del comercio informal, en particular el componente de ventas informales en el espacio público, la Secretaría Distrital de la Mujer para temas de inclusión y género.
- Adelantar un trabajo coordinado con las entidades del Distrito para una intervención integral y ordenada sobre el corredor, considerando los impactos sobre componentes como; movilidad, cultura, infraestructura comunitaria y BIC, sectores económicos entre otros. Para lo cual se prevé en las medidas de manejo dar continuidad al trabajo realizado en la estructuración integral en con entidades como, La Secretaria de La Mujer; la Dirección de Diversidad Sexual, la Dirección de Cultura, La Secretaría de Integración Social, El Instituto Distrital de Patrimonio y Cultura y la Secretaría Distrital de Planeación, entidades que aportaron en la construcción de las medidas de manejo a través de su conocimiento y programas o actividades que ejecuten.
- Adelantar el Programa de Arqueología Preventiva (PAP) en las áreas de intervención directa del proyecto para las fases de Registro del PAP / Diagnóstico y Prospección / Aprobación del Plan de Manejo Arqueológico.
- Formular e implementar metodologías que permitan y promuevan la participación ciudadana, desde la información, en doble vía e integrando a las partes interesadas durante el proyecto.
- Garantizar mecanismos de atención de Peticiones, Quejas, Reclamos y Sugerencias (PQRS) a lo largo de las etapas del proyecto.
- Generar estrategias que permitan la consulta transparente, significativa y activa con las partes interesadas, con el objetivo de dar a conocer el proyecto, sus alcances, actividades, impactos y medidas de manejo a fin de promover una participación informada y en doble vía e integrar a través de la participación y consulta las diferentes miradas o enfoques de las comunidades que puedan aportar en el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas.

### 2.3. LOCALIZACIÓN

El proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá conectará la ciudad de Noreste a Noroccidente desde la localidad de Chapinero hasta la localidad de Suba, la línea contará con una longitud aproximada de 15,8 km discurriendo por los corredores de la Calle 72, Avenida Ciudad de Cali, reserva vial ALO y la extensión de la Avenida Transversal de Suba.

El K0+000 se localiza en la Calle 72 con Carrera 11 aproximadamente y continúa hasta tomar dirección norte por el eje de la Avenida Ciudad de Cali o Carrera 86, hasta la Calle 75 donde toma el costado Oriental del corredor para llegar a la estación No 6. Posteriormente, en la Avenida. Ciudad de Cali a la altura de la Carrera 103 se cruza el barrio Nueva Colombia para encontrar la reserva de la ALO. De ahí continúa cruzando las estaciones 9, 10 y 11 hasta llegar a Fontanar del río donde se localiza el Patio Taller. (Ver Figura 1).

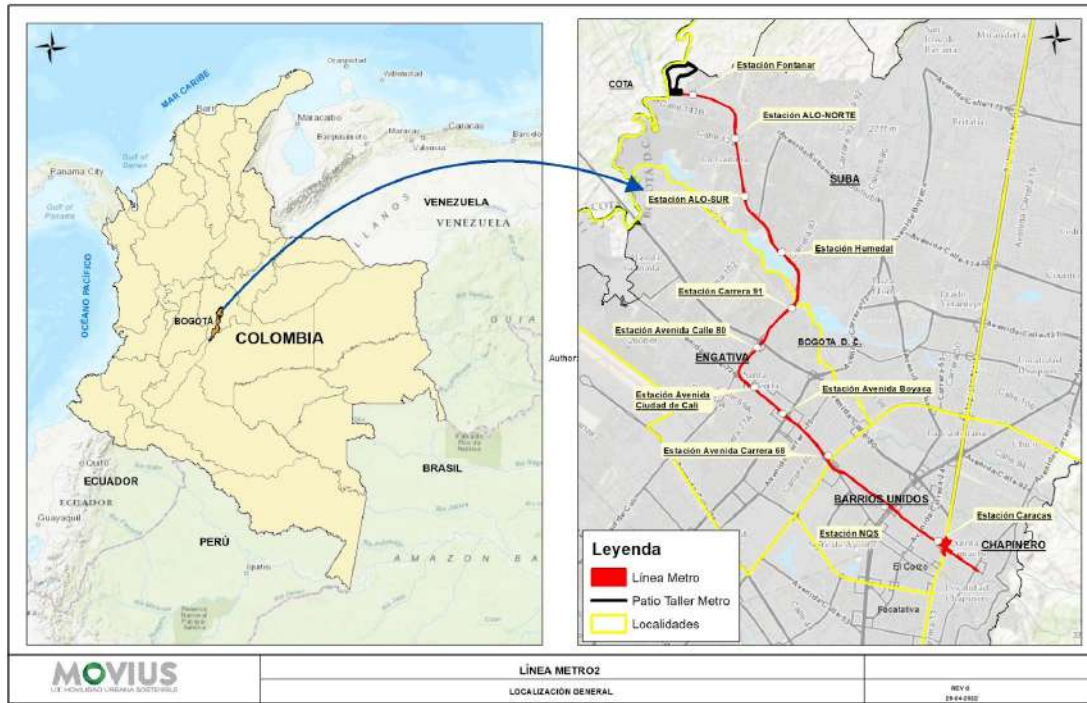


Figura 1. Localización proyecto L2MB  
Fuente. UT MOVIOUS 2022

El trazado de la L2MB se compone de tres secciones tipo, siendo el tramo en trinchera el de transición entre el túnel y el viaducto. (Tabla 1)

Tabla 1. Distancias por tipología constructiva

Tramo	Extensión (m)
Tramo en túnel (entre E1 y E10)	14,200
Trinchera (al Norte de E10, zona de transición)	300
Elevado (E11 y acceso al patio-taller)	1,000

Fuente. UT MOVIOUS 2022

Desde la perspectiva de implantación urbana, y considerando que se trata de una línea subterránea, se ha tenido especial consideración para evitar afectaciones en superficie como consecuencia de la obra y de la operación de la L2MB. Al respecto, se ha dispuesto geométricamente un túnel profundo para aislarlo de la superficie y minimizar las posibles interacciones dentro de niveles tolerables, según la normativa local o la internacional en los casos puntuales en que hubiera ausencia de la primera.

Para mayor eficacia, en los tramos inter estación se ha procurado profundizar el túnel buscando por un lado una mayor distancia con la superficie pero también para lograr una marcha ferroviaria más eficiente por cuanto dichas pendientes aceleran al tren a la salida de la estación y lo frenan al llegar a la próxima estación, contribuyendo a una marcha ferroviaria más eficiente desde el punto de vista energético.

El trazado realizado ha permitido reducir en más del 50% las adquisiciones prediales previstas inicialmente. Ello logrado mediante el trazado profundo y la reubicación de estaciones, como por ejemplo las de la estación 3 y 7, que aprovechan de mucho mejor manera el espacio público.

Con la definición del trazado se establece las actividades a desarrollar tanto en la etapa de construcción como de operación, las cuales se relacionan en las siguientes tablas



Tabla 2. Actividades objeto de evaluación ambiental y social - escenario sin proyecto

Actividades escenario sin proyecto
Construcción avenida 68
Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB)
Construcción del Intercambiador Vial de la Calle 72 con Av. Caracas (Deprimido calle 72)
Desarrollo de proyectos en el AI
Actividades comerciales e industriales
Tráfico vehicular
Conexión Regional Canal Salitre y Río Negro
Ciclo-Alameda Medio Milenio
Ampliación y extensión de la Avenida Ciudad de Cali
Corredor Verde Carrera Séptima
Primera Línea del Metro de Bogotá
Actuación Estratégica prioritaria CALLE 72
Actuación Estratégica PIEZA RIONEGRO
Actuación Estratégica LAS FERIAS
Actuación Estratégica CIUDELA EDUCATIVA Y DEL CUIDADO

Fuente: UT MOVIUS, 2022



Tabla 3. Actividades objeto de evaluación ambiental y social - escenario con proyecto

Actividades escenario con proyecto
Etapa preliminar
Estudios de ingeniería de detalle para la construcción
Acercamiento con comunidades e instituciones
Contratación de mano de obra, bienes y servicios
Compra de predios, adecuación, demolición y mejoras
Traslado anticipado de redes primarias
Construcción
Traslado de redes y servicios interceptados o secundarios
Desvío y Manejo de tráfico (PMT)
Descapote y remoción de la cobertura vegetal
Tratamiento silvicultural
Excavaciones y rellenos
Adecuación de vías de acceso
Compra de predios, adecuación, demolición y mejoras
Acopio temporal de materiales
Construcción de patios y talleres
Construcción de estaciones del metro
Construcción de edificios laterales de acceso
Puesto central de control - CCO
Tratamientos especiales a nivel de la geotecnia superficial
Tratamientos especiales a nivel de la geotecnia subterránea
Construcción de Túneles
Conformación pozo de entrada y salida de túnel
Transporte y manejo de suelo excavado
Pre-fabricación dovelas (anillos de concreto)
Construcción de pozos de evacuación y bombeo (chimeneas)
Instalación de instrumentación geotécnica
Superestructura de vía
Viaducto
Espacio público y urbanismo



Actividades escenario con proyecto
Material rodante
Señalización y control de trenes
Puesta en marcha y marcha blanca
Operación
Funcionamiento de la línea
Funciones de estaciones y patio taller
Mantenimiento de la línea y trabajos de conservación estructural
Manejo de residuos sólidos ordinarios y peligrosos
Manejo de residuos líquidos y/o sustancias químicas
Manejo y control de señalización
Operación del puesto central de control
Manejo de aguas de infiltración
Mantenimiento de sistema de puertas de andén
Mantenimiento de sistema de comunicaciones - billeteaje

Fuente: UT MOVIUS 2022

## 2.4. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

### 2.4.1. Justificación



<sup>2</sup> El Acuerdo Distrital No. 642 de 2016 modificado por el artículo 96 del Acuerdo Distrital No. 761 de 2020 autorizó al Alcalde Mayor de Bogotá a participar conjuntamente con otras entidades descentralizadas del Orden Distrital en la constitución de la EMPRESA METRO DE BOGOTÁ S.A. (en adelante “LA EMB”) y se le otorgaron a esta última las facultades de: “realizar la planeación, estructuración, construcción, operación, explotación y mantenimiento de las líneas férreas y de metro que hacen parte del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá, así como la adquisición, operación, explotación, mantenimiento y administración del material rodante. También hace parte del objeto social de la entidad liderar, promover, desarrollar y ejecutar proyectos urbanísticos, en especial de renovación urbana, así como la construcción y el mejoramiento del espacio público en las áreas de influencia de las líneas de metro, con criterio de sostenibilidad en las condiciones que señalen las normas vigentes, las autoridades competentes y sus propios estatutos.”

De conformidad con las competencias funcionales asignadas mediante el Acuerdo 642 del 12 de mayo de 2016, LA EMB cuenta con la competencia para:

<sup>2</sup> TÉRMINOS DE CONDICIONES CONTRACTUALES (“TCC”). Adenda 3



*“3. Celebrar los contratos de derecho público o privado necesarios para la ejecución de su objeto, incluyendo contrato de asociación público-privada, contratos de concesión, contratos de arriendo, contratos de fiducia, contratos de obra pública, contratos de empréstito, entre otros que tiendan al desarrollo de su objeto. (...)*

*9. Realizar la planeación de la red de Metro en coordinación con los otros modos de transporte de la región, tanto públicos como privados; (...)*

*11. Construir y hacer mejoras periódicas a la infraestructura requerida para la prestación del servicio; (...)*

*18. Participar en la formulación de políticas públicas, planes y programas relacionados con su objeto social. (...)*

*24. Promover las acciones tendientes a la integración de los distintos modos de transporte de la Bogotá Región.”*

El 26 de diciembre de 2014, el IDU y LA FDN suscribieron el Convenio Interadministrativo N.º 1880 de 2014, el cual tiene por objeto “Aunar esfuerzos para el desarrollo de las actividades relacionadas con la estructuración integral del proyecto “Primera Línea del Metro de Bogotá” en dos fases, a saber: Fase 1, denominada “Diseño de la transacción” y Fase 2, denominada “Estructuración integral”. Mediante documento de cesión de fecha 10 de marzo de 2017, el IDU cedió a LA EMB su posición contractual en el Convenio Interadministrativo No. 1880 de 2014.

De conformidad con lo establecido en el documento CONPES 3900 de 2017, el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB) “(...) iniciará desde el patio-taller en la localidad de Bosa, hasta la calle 127” y declaró “(...) de importancia estratégica el proyecto Primera Línea del Metro para Bogotá tramo 1 (...)”

Dentro del Acuerdo Distrital No. 761 de 11 de junio de 2020 “Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del Distrito capital 2020-2024 “Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI” propuesto por la alcaldesa Claudia Nayibe López, se incluye en el Artículo 46 Proyectos Estratégicos, el Propósito 4 que indica “Hacer de Bogotá - Región un modelo de movilidad multimodal, incluyente y sostenible, se prioriza: la red de metro regional, conformada por la construcción de la fase I y la extensión de la fase II de la Primera Línea del Metro hasta Suba y Engativá, el Regiotram de Occidente, y el Regiotram del Norte, estructurada y en avance de construcción. Cable de San Cristóbal construido y cable en Usaquén estructurado. Iniciativas de ampliación de vías y acceso a la ciudad como son: AutoNorte, ALO Sur, Avenida Centenario, Av. 68, Av. Ciudad de Cali, extensión troncal Caracas, infraestructura de soporte del transporte público, corredor verde de la carrera Séptima, Avenida Circunvalar de Oriente, Sistema Público de Bicicletas, proyectos de infraestructura ciclo inclusiva como la Ciclo Alameda Medio Milenio y espacio público. Una estrategia de centros de des-consolidación de carga implementada. Ampliación y mejoramiento de la red de ciclorrutas. Estaciones del sistema Transmilenio ampliadas y/o mejoradas.”

Para dar cumplimiento al Plan de Desarrollo y Plan de Gobierno y en ejercicio de sus funciones, LA EMB elaboró un documento en el cual constan los resultados del análisis de alternativas para la expansión de la PLMB Tramo 1 denominado “IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS PARA LA EXPANSIÓN DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ TRAMO 1 (PLMB – T1)”.

En el citado estudio, LA EMB identificó las siguientes zonas con necesidad de cobertura que podrían lograrse a partir de la expansión del proyecto PLMB Tramo 1: 1) la zona noroccidental de la ciudad, donde se ubican las localidades de Engativá y Suba, y 2) el nodo de comercio y servicio de las localidades de Usaquén y Suba. Las expansiones hacia las mencionadas zonas tienen un soporte técnico desde el punto de vista de indicadores de transporte dado que se ha estimado que generan beneficios tanto para la PLMB Tramo 1 como para el sistema de transporte de la ciudad.

Las expansiones de la PLMB-T1 hacia las zonas indicadas previamente han sido previamente incluidas en los estudios de planeación de transporte para líneas de metro para la ciudad de Bogotá y en instrumentos de planificación urbana vigentes. Entre los estudios mencionados es posible referenciar los siguientes:

a. Estudio “Estudio de Factibilidad y Realización de un Sistema de Transporte Masivo para Bogotá” realizado por el grupo INECO-SOFRETU en el año 1981 y que definió el trazado de una Línea Prioritaria de 23.6 kilómetros que recorre

las localidades de Bosa, Kennedy, Puente Aranda, Los Mártires, Santa Fe, La Candelaria, Chapinero, Barrios Unidos y Engativá.

b. Estudio “Rehabilitación de Corredores Férreos” realizado por el grupo Intermetro – SPA realizado entre el año 1981 y 1990 y que definió el trazado de una Línea Prioritaria de 23 kilómetros que recorre las localidades de Ciudad Bolívar, Bosa, Kennedy, Puente Aranda, Los Mártires, Santa Fe, La Candelaria y Teusaquillo.

c. Estudio “Plan Maestro de Transporte Urbano de Santafé de Bogotá” realizado por la agencia de Cooperación Internacional de Japón realizado en el año 1996 y que definió el trazado de una Línea Prioritaria de 40 kilómetros que recorre las localidades Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar, Puente Aranda, Antonio Nariño, Los Mártires, Teusaquillo, Barrios Unidos, Suba y Usaquén.

d. Estudio “Diseño Conceptual del Sistema Integrado de Transporte Masivo de la Sabana de Bogotá” realizado por el grupo INGETEC- BEHCTEL – SYSTRA en el año 1997 y que definió el trazado de una Línea Prioritaria de 29.1 kilómetros que recorre las localidades de Kennedy, Puente Aranda, Los Mártires, Santa Fe, La Candelaria, Chapinero, Barrios Unidos y Engativá.

e. Estudio “Diseño conceptual de la red de transporte masivo metro y diseño operacional, dimensionamiento legal y financiero de la primera línea del metro en el marco del Sistema Integrado De Transporte Público-SITP- para la ciudad de Bogotá” realizado por la Unión Temporal SENER, ALG, GARRIGUES, SANTANDER, INCOPLAN y TMB en el año 2008 y que definió el trazado de una Línea Prioritaria de 27.5 kilómetros - que definió el inicio del proyecto PLMB- T1, y que recorre las localidades de Kennedy, Puente Aranda, Los Mártires, Santa Fe, La Candelaria, Chapinero, Barrios Unidos y Usaquén.

Derivado de lo anterior, resulta necesario adelantar la planeación y la estructuración integral de la línea 2 del Metro de Bogotá y su articulación con otros proyectos de transporte de la región Bogotá – Cundinamarca, siendo responsabilidad de LA EMB adelantar la planificación y desarrollo de la Línea 2.

Conforme a lo definido en el artículo 12 de la Ley 1682 de 2013 los “Estudios De Ingeniería” que se adelantan para la ejecución de proyectos de infraestructura son: (i) Fase 1- Prefactibilidad; (ii) Fase 2 – Factibilidad, y (iii) Fase 3 Estudios y Diseños definitivos. En armonía con esta definición es que las actividades de maduración y estructuración integral de proyectos de infraestructura desarrollan, además, los componentes legal, financiero y de riesgos para realizar el diseño de la transacción y su preparación para un proceso licitatorio.

El 21 de febrero de 2020, LA EMB y LA FDN suscribieron el Convenio Interadministrativo 068 de 2020 cuyo objeto consistió en: *“Aunar esfuerzos técnicos, económicos y administrativos para: (i) Realizar la formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión del PLMB-T1, y (ii) elaborar estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la PLMB-T1 y su articulación con otros proyectos de transporte de la región Bogotá – Cundinamarca. Las actividades, entregables, estudios y diseños objeto del presente Convenio serán únicamente los que se detallan en la Cláusula Segunda de este Convenio”* (en adelante el “Convenio 068”).

En la Cláusula Segunda del Convenio 068 denominada “Alcance del objeto”, se definieron las siguientes fases para el desarrollo del estudio de alternativas y los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad del proyecto de expansión:

*“a) Fase 1 “Formulación de Alternativas”: En esta fase se adelantará:*

*I. La validación y verificación de la zona hacia la cual debe expandirse la PLMB-T1 (PLMB- T1) teniendo en cuenta el documento técnico de soporte denominado “IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS PARA LA EXPANSIÓN DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ TRAMO 1 (PLMB – T1)”, desarrollado por la EMB.*

*II. Identificación y caracterización de alternativas de trazado, de alineamiento vertical, tipo de conexión con tramo 1 de la PLMB y disponibilidad de patio, para la alternativa de expansión, con base en los análisis del numeral I) anterior.*

*b) Fase 2 "Análisis de Alternativas": Consiste en desarrollar un análisis de alternativas a través de una evaluación multicriterio, con base en información secundaria y teniendo cuenta una matriz de criterios, indicadores y pesos que será entregada previo al inicio de esta Fase por parte de la EMB, que permita identificar la solución de mejor desempeño, entre las alternativas identificadas en la Fase 1.*

*El resultado principal de esta fase debe ser la definición de un "Proyecto de Expansión Priorizado" que puede estar compuesto por uno o más tramos de red e infraestructura complementaria, y que deberá estar acotado a la disponibilidad de recursos que se identifiquen en un análisis de fuentes de pago. El "Proyecto de Expansión Priorizado" deberá ser puesto a consideración del "Comité Técnico", quien deberá aprobar continuar con la ejecución de la Fase 3 de este Convenio. En todo caso, la longitud total del "Proyecto de Expansión Priorizado" no deberá exceder los 16 kilómetros.*

*c) Fase 3. "Estudios y Diseños a nivel de prefactibilidad": Consiste en el desarrollo de estudios y diseños a nivel de prefactibilidad del "Proyecto de Expansión Priorizado", basados en información exclusivamente secundaria."*

Como resultado de la fase 3 del convenio 068 de 2020, se definió el proyecto de expansión priorizado.

Teniendo en cuenta los antecedentes antes descritos y de acuerdo con la necesidad de adelantar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá en sus componentes legal, riesgos, técnico, y financiero, LA EMB y LA FDN suscribieron el Contrato Interadministrativo 136 de 12 de abril de 2021 (en adelante el "Contrato Interadministrativo").

Con ocasión del Contrato Interadministrativo, la FDN firmó con La Unión Temporal MOVIUS suscribió contrato el cual tiene por objeto "REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO"

#### **2.4.2. Antecedentes**

LA EMB y LA FDN suscribieron el Convenio Interadministrativo 068 de 2020 cuyo objeto consistió en: "Aunar esfuerzos técnicos, económicos y administrativos para: (i) Realizar la formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión del PLMB-T1, y (ii) elaborar estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la PLMB-T1 y su articulación con otros proyectos de transporte de la región Bogotá – Cundinamarca". Las actividades, entregables, estudios y diseños objeto del presente Convenio se desarrollaron en las siguientes fases:

- a. Fase 1 "Formulación de Alternativas"
- b. Fase 2 "Análisis de Alternativas"
- c. Fase 3 "Estudios y Diseños a nivel de prefactibilidad"

Como resultado de la Fase 1 del convenio, la alternativa correspondiente a la nueva línea en el corredor Calle 72 – Avenida Ciudad de Cali se confirmó como la alternativa más eficiente.

La fase 2 permitió la definición del "Proyecto de Expansión Priorizado", correspondiente a la alternativa de línea independiente Calle 72 – Av. Cali – ALO en tipología soterrada, donde se ubica el patio-taller en el polígono de Fontanar del Río.

Para llegar a esta definición, en la fase 2 se analizaron y evaluaron las alternativas previamente seleccionadas en la fase 1 del estudio. Se realizó la selección de la zona de expansión de la PLMB-T1 y se identificaron 18 alternativas de trazado con la finalidad de llegar al proyecto de expansión priorizado.

Las 18 Alternativas de trazado identificadas fueron analizadas en el marco de los Términos de Condiciones Contractuales – TCC y acordadas con la Empresa Metro de Bogotá EMB y la Financiera de Desarrollo Nacional – FDN, abarcando todos los componentes (ambiental, urbano-paisajístico, beneficios sociales generados por el transporte y financiero) facilitando la toma de decisión por parte del Comité Técnico compuesto por representantes de la FDN y EMB. Finalmente, mediante el acta No. 7, se definieron 14 alternativas para la Fase 2.

A continuación en la Tabla 4 se presentan de forma resumida las 14 alternativas analizadas:

Tabla 4. Características generales de las alternativas analizadas

Alternativa	Corredor	Tipología de línea	Tipo de Conexión línea 1	Longitud Total (Km)	Longitud Elevado (Km)	Longitud Subterráneo (Km)	Longitud Nivel (Km)	Estación elevada (Un)	Estación subterránea (Un)
2.01	Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Mixta	Extensión	15.14	14.04	1.10	0.00	10	0
2.02	Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Mixta	Línea nueva	16.31	15.21	1.10	0.00	10	0
2.03	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Elevada	Extensión	15.80	15.80	0.00	0.00	12	0
2.04	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Elevada	Línea nueva	16.98	16.98	0.00	0.00	12	0
2.05	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Mixta	Extensión	15.79	4.46	11.33	0.00	3	9
2.06	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva	16.72	3.57	13.15	0.00	11	2
2.07	Canal Rionegro – Av. Cali	Elevada	Extensión	13.70	11.98	0.00	1.72	9	0
2.08	Canal Rionegro – Av. Cali	Elevada	Línea nueva	14.91	13.19	0.00	1.72	9	0
2.09	Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón	Elevada	Extensión	15.94	15.94	0.00	0.00	11	0
2.10	Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón	Mixta	Línea nueva	15.82	1.34	14.48	0.00	0	11
2.11	Calle 80 – Av. Cali	Elevada	Línea nueva	15.31	15.31	0.00	0.00	0	11

Alternativa	Corredor	Tipología de línea	Tipo de Conexión línea 1	Longitud Total (Km)	Longitud Elevado (Km)	Longitud Subterráneo (Km)	Longitud Nivel (Km)	Estación elevada (Un)	Estación subterránea (Un)
2.12	Calle 80 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva	15.16	1.32	13.84	0.00	11	0
2.13	Calle 72 – Av. Cali	Subterránea	Línea nueva	14.73	0.00	14.73	0.00	0	10
2.14	Calle 72 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva	14.73	7.34	7.39	0.00	5	5

Nota: Las distancias registradas corresponden a longitud de vía metro doble y no consideran el tramo de línea al patio taller. Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

De acuerdo con las mesas de trabajo y presentaciones con EMB, FDN y Distrito, se desarrollaron análisis adicionales para interpretar con más detalle las variables no incluidas en la matriz multicriterio. Estos análisis permitieron caracterizar y excluir de la evaluación ciertas alternativas, por sus limitaciones en materia de transporte, operacionales, financieras o de riesgos.

Luego de seleccionar 14 alternativas y realizar el análisis anterior, se definieron 10 alternativas que son consideradas como Línea Nueva y sin Extensión de la Calle 100. A continuación en la Tabla 5 se muestra el listado de alternativas que serán incorporadas en la evaluación multicriterio para la selección de la Alternativa:

Tabla 5. Alternativas evaluadas en la Fase 2 para la selección de la alternativa de mejor desempeño

Alternativa	Corredor	Tipología de línea	Tipo de Conexión línea 1
2.01	Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Mixta	Extensión
2.02	Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Mixta	Línea nueva
2.03	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Elevada	Extensión
2.04	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Elevada	Línea nueva
2.05	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Mixta	Extensión
2.06	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva
2.07	Canal Rionegro – Av. Cali	Elevada	Extensión
2.08	Canal Rionegro – Av. Cali	Elevada	Línea nueva
2.09	Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón	Elevada	Extensión
2.10	Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón	Mixta	Línea nueva
2.11	Calle 80 – Av. Cali	Elevada	Línea nueva
2.12	Calle 80 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva
2.13	Calle 72 – Av. Cali	Subterránea	Línea nueva
2.14	Calle 72 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

De la evaluación realizada a las 10 alternativas, en la matriz multicriterio, se obtuvo como resultado que la alternativa de, la Calle 72 – Av. Cali es la alternativa con mayor puntaje entre las 10 alternativas, independientemente de su tipología. La diferencia entre Oferta Conservadora y Optimista no es significativa en el análisis. En segundo lugar, se encuentra la Calle 80 – Av. Cali- Av. Rincón.

La alternativa con la mejor calificación de las catorce (14) alternativas estudiadas corresponde A la alternativa Calle 72 – Avenida Cali, Línea nueva tipología mixta”.



La alternativa de mejor desempeño de acuerdo con el análisis se caracteriza por tener índices superiores al promedio en los criterios, que representan el 56,8% del total de la ponderación de la matriz.

A continuación en la Figura 2 se presenta el trazado de la alternativa definida.



Figura 2. Proyecto de Expansión Priorizado

Elaborado por UT MOVIOUS 2022 con información FDN. Anexo 6 – Especificaciones generales del servicio

El proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, en consecuencia, se constituye en el objeto de la elaboración de los estudios y diseños de factibilidad y la estructuración del Proyecto, cuyos alcances técnicos y ambientales detallados se establecen en la Convocatoria pública FDN – VE – CP – 07 - 2021.

Esta información puede ser ampliada en el Anexo 1-1 Evaluación multicriterio de alternativas.



## 2.5. METODOLOGÍA

El Estudio de Impacto Ambiental y Social se realizó con base en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente (2018), así como, a partir de las Especificaciones Técnicas (ET-05) emitidas por la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) en noviembre de 2021 para la elaboración del estudio de Impacto Ambiental EIAS de la Línea 2 del Metro de Bogotá (L2MB). De igual manera, las metodologías desarrolladas hacen parte de la experiencia por parte del Consorcio UT MOVIUS en este tipo de estudios las cuales se explican en los siguientes numerales

Respecto la cartografía Base de Datos Geográfica (GDB) ésta se realizó con base a la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 *“Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos”* con el fin de estandarizar la entrega de los productos geográficos y cartográficos.

### 2.5.1. Caracterización ambiental

#### 2.5.1.1. Área de Influencia

##### 2.5.1.1.1. Definiciones.

El Decreto 1076 de 2015, en su artículo 2.2.2.3.1.1, define el área de influencia como *el Área en la cual se manifiestan de manera objetiva y en lo posible cuantificable, los impactos ambientales significativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios*. Debido a que las áreas de extensión de los impactos pueden variar dependiendo del componente que se analice, el área de influencia podrá corresponder a varios polígonos distintos que se entrecruzan entre sí.

Ahora bien, atendiendo las consideraciones de los Términos de Referencia emitidos por la Financiera de Desarrollo Nacional para este estudio, la definición de las áreas de influencia del proyecto parte de la integración de diferentes elementos de análisis identificados en el medio físico, biótico y socioeconómico sobre los cuales se manifiestan y trascienden los riesgos e impactos ambientales generados por las actividades de preconstrucción, construcción y operación del proyecto, en relación con la localización del Proyecto y su infraestructura asociada, como se representa en la Figura 3.

A continuación, se describen las fases que se han tenido en cuenta para la definición de las áreas de influencia para cada uno de los medios (componentes) sobre el cual interviene el proyecto:

- Identificación de actividades a ejecutar durante la etapa de construcción y operación del proyecto, en relación con la localización del Proyecto y su infraestructura asociada.
- Identificación de las áreas ambientalmente sensibles por cada uno de los componentes.
- Identificación y definición de los elementos de análisis para cada uno de los medios y sus componentes
  - Medio físico: suelos, geotecnia, geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología y atmósfera.
  - Medio biótico: flora, fauna terrestre y elementos de los componentes de la Estructura Ecológica Principal.

- Medio socioeconómico: Dimensiones demográficas, espacial, económica, cultural, arqueológica (línea base, prospección), política-organizativa necesarias para la caracterización del área de influencia y comunidad.

- Construcción cartográfica del área de influencia directa e indirecta

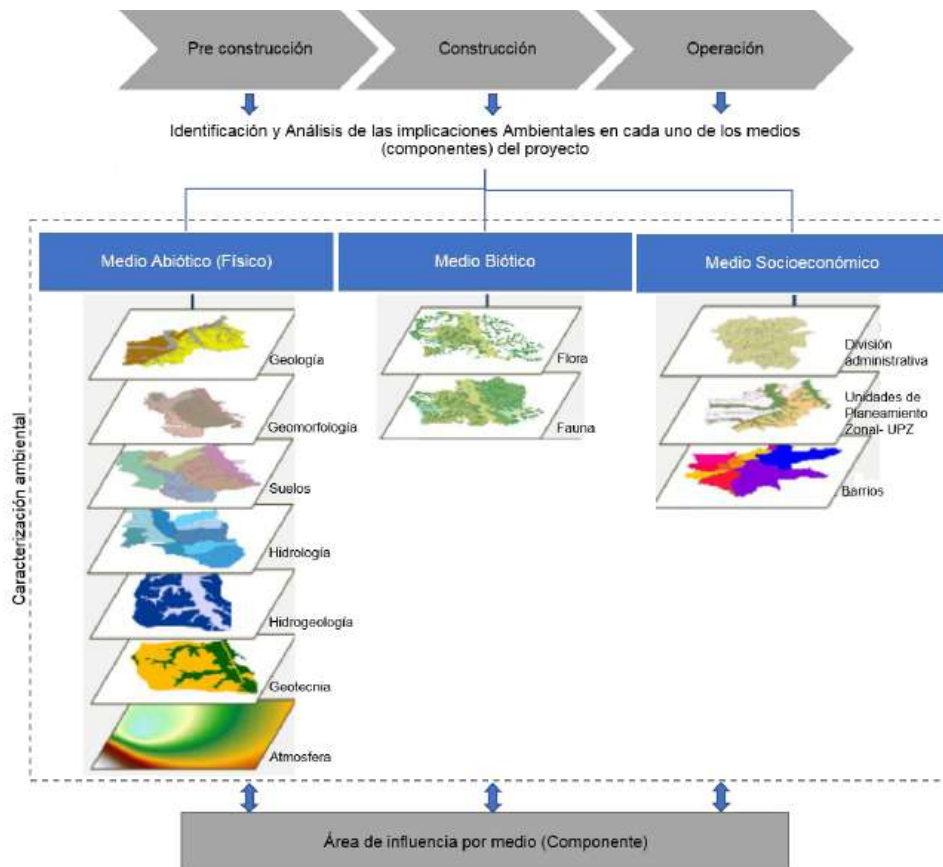


Figura 3. Esquema de definición de áreas de influencia  
Fuente: MinAmbiente y ANLA, 2014. Esquema modificado por la UT MOVIUS, 2021.

- Área de influencia directa (AID)

Se define el área de influencia directa del Proyecto teniendo en cuenta los impactos generados directamente por las actividades de construcción y operación, en relación con la localización del Proyecto y su infraestructura asociada. En este sentido, se define como Área de Influencia Directa a aquella donde se manifiestan los impactos directos, es decir, los impactos generados por las actividades directas de construcción y de operación, que corresponden a áreas de estaciones, área de patio taller, área de cola de maniobras, áreas de ventanas de ventilación, áreas de campamento y zonas de cargue y descargue. La información que se levanta en campo para la caracterización de esta área de influencia directa es de carácter primario, resultado de los trabajos de campo.

- Área de influencia indirecta (AII)

El área de influencia indirecta del Proyecto está asociada a los impactos indirectos, es decir, aquellos que puedan trascender el espacio físico del Proyecto y su infraestructura asociada; en términos prácticos, corresponde a una zona

complementaria al área de influencia directa y se extiende hasta donde se manifiestan los impactos indirectos. La información que se utiliza en el presente estudio para la caracterización de esta área de influencia indirecta es tanto de carácter primario como secundario.

#### 2.5.1.1.2. Área de Influencia preliminar

##### 2.5.1.1.2.1. Desarrollo Metodológico.

Tal como se establece la metodología para la definición de área de influencia (Ver capítulo 2 Generalidades) , el primer paso para la definición del área de influencia preliminar del proyecto consistió en el entendimiento del territorio desde la información secundaria disponible y de las implicaciones asociada a las obras y actividades propias del proyecto para identificar los potenciales impactos que se podrían generar con ocasión del mismo.

A continuación, en la Tabla 6 se presenta un resumen de las principales obras y actividades en armonía con la descripción técnico operativa que se presenta en el Capítulo 3. Descripción del Proyecto y los impactos preliminarmente identificados asociados a su incorporación en el territorio, impactos que son analizados con detalle en el Capítulo 8. Evaluación Ambiental y a partir de los cuales se ajusta el Área de Influencia Directa e Indirecta; y en la Figura 4 se presenta el tiempo de duración de cada etapa.

Tabla 6. Actividades para el análisis de impactos del proyecto

Etapas	Actividad
<b>Preliminar</b>	Estudios de ingeniería de detalle para la construcción
	Acercamiento con comunidades e instituciones
	Compra de predios, adecuación, demolición y mejoras
	Traslado anticipado de redes primarias
<b>Construcción</b>	Traslado de redes y servicios interceptados o secundarios
	Desvío y Manejo de tráfico (PMT)
	Descapote y remoción de la cobertura vegetal
	Aprovechamiento forestal
	Excavaciones y rellenos
	Adecuación de vías de acceso
	Compra de predios, adecuación, demolición y mejoras
	Acopio temporal de materiales
	Construcción de patios y talleres
	Construcción de estaciones del metro
	Construcción de edificios laterales de acceso
	Puesto central de control - OC
	Tratamientos especiales a nivel de la geotecnia superficial

Etapa	Actividad
	Tratamientos especiales a nivel de la geotecnia subterránea
	Conformación pozo de entrada y salida de túnel
	Transporte y manejo de suelo excavado
	Pre-fabricación dovelas (anillos de concreto)
	Construcción de pozos de evacuación y bombeo (chimeneas)
	Instalación de instrumentación geotécnica
	Construcción de Túneles
	Superestructura de vía
	Viaducto
	Espacio público y urbanismo
	Material rodante
	Señalización y control de trenes
Operación	Funcionamiento de la línea
	Funciones de estaciones y patio taller
	Mantenimiento de la línea y trabajos de conservación estructural
	Manejo de residuos sólidos ordinarios y peligrosos
	Manejo de residuos líquidos y/o sustancias químicas
	Manejo y control de señalización
	Operación del puesto central de control
	Manejo de aguas de infiltración
	Mantenimiento zonas verdes
	Mantenimiento de sistema de puertas de andén
	Mantenimiento de sistema de comunicaciones - billeteaje

Fuente: UT MOVIUS, 2022

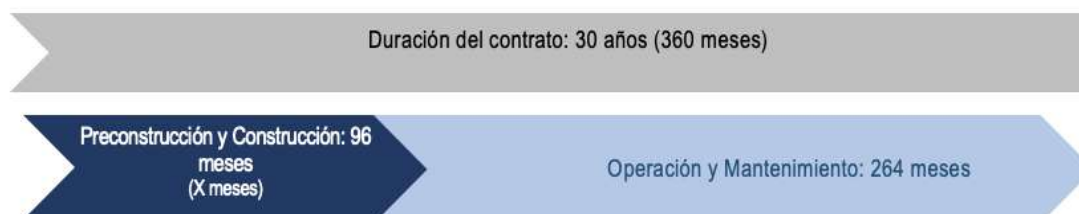


Figura 4. Plazo del contrato  
Fuente: UT MOVIUS, 2022

#### 2.5.1.1.2.2. Identificación preliminar de impactos.

A partir del conocimiento del territorio y del entendimiento de las obras y actividades asociadas al proyecto L2MB, se realizó la identificación preliminar de los impactos que afectarán a los diferentes componentes del ambiente. Para esto, cada profesional realizó, desde su temática específica, una evaluación de la información disponible, tomando como insumo el estudio de Estructuración Técnica del 2019 y 2021, información primaria y secundaria y la implantación del proyecto, se especializa las diferentes elementos de análisis (componentes) como son áreas directas a intervenir, cuencas hidrográficas, ronda hidráulica de los diferentes cuerpos de agua que se sobreponen al proyecto, espacialización de la coberturas vegetales, límites político administrativos o barriales y modelos predictivos (aire, ruido), entre otros, se especializan en una capa digital (*shape*) con el programa ArcGis y se identifican lo impactos preliminares que generará el proyecto.

#### 2.5.1.1.2.3. Taller de especialistas.

Una vez identificados desde cada componente los potenciales impactos a generar por el proyecto se realizó un taller de especialistas, en el cual se hizo una primera aproximación conjunta a su espacialización en el territorio; se discutió su posible implicación sobre los atributos ambientales propios de otros componentes y/o medios y a partir de allí se ajustó el área preliminar de afectación del impacto. Las áreas resultantes se digitalizaron en ArcGis, en el cual se homologaron áreas con interés de evaluación desde diferentes componentes, se establecieron las variables o aspectos más representativos o sensibles que puedan tener mayor relevancia en el desarrollo del proyecto a la hora de evaluar los impactos, se identificaron los impactos que en este nivel de avance de los estudios se consideran como los más significativos por sus efectos, se obtuvo la espacialización de la extensión en el territorio, y se avaló por todos los participantes el área de influencia preliminar ( directa e indirecta).

#### 2.5.1.1.2.4. Resultados - Área de Influencia Preliminar Identificada

El análisis de los impactos identificados preliminarmente y la espacialización de su extensión permitió establecer un área preliminar para cada uno de los atributos, componentes o grupo de componentes potencialmente afectado, la cual se presenta a continuación.

#### 2.5.1.1.3. Área de influencia final

##### 2.5.1.1.3.1. Desarrollo metodológico.

- .Identificación definitiva de impactos

A partir de la evaluación ambiental (Capítulo 8. Evaluación de Impactos), la cual a su vez es resultado de los análisis de caracterización de la línea base (Capítulo 5. Caracterización del área de influencia), se establecieron los siguientes impactos a generar por las obras y actividades objeto de la solicitud de licencia (Véase Tabla 7).

Tabla 7. Impactos generados por el Proyecto Línea 2 Metro de Bogotá

Código	Nombre del impacto
Impactos sobre el medio Abiótico	EA-ABI-01 Aprovechamiento de materiales de construcción por la disminución y reutilización de residuos de construcción y demolición
	EA-ABI-02 Alteración de la calidad suelo
	EA-ABI-03 Afectación al componente de aguas subterráneas
	EA-ABI-04 Alteración de la calidad del aire
	EA-ABI-05 Alteración de los niveles de presión sonora.
	EA-ABI-06 Alteración de los niveles de vibración
	EA-ABI-07 Afectación por asentamientos
	EA-ABI-08 Reducción de Gases Efecto Invernadero
Impactos sobre el medio Biótico	EA-BIO-01 Remoción de cobertura vegetal, individuos arbóreos y descapote de zonas verdes
	EA-BIO-02 Potencial alteración en la composición y abundancia de fauna
	EA-BIO-03 Potencial afectación de elementos de la Estructura Ecológica Principal-EEP
	EA-BIO-04 Afectación paisajística y de la calidad visual del paisaje
Impactos sobre el medio socioeconómico	EA-SOC-01 Generación de expectativas y conflictos
	EA-SOC-02 Cambio en la participación ciudadana por nuevas dinámicas de movilidad y accesibilidad
	EA-SOC-03 Reconfiguración de red institucional para la construcción de vida urbana alrededor de la Línea 2 del Metro de Bogotá
	EA-SOC-04 Cambios en la movilidad peatonal y vehicular, conectividad local y seguridad vial.
	EA-SOC-05 Afectación a la infraestructura pública y social
	EA-SOC-06 Traslado involuntario de población previo a las actividades de construcción
	EA-SOC-07 Generación temporal de empleo
	EA-SOC-08 Transformación en la dinámica del comercio formal
	EA-SOC-09 Ocupación y nuevas dinámicas del comercio informal
	EA-SOC-10 Cambios en la ocupación y valor del suelo
	EA-SOC-11 Fortalecimiento de la cultura ciudadana en torno a la movilidad
	EA-SOC-12 Afectación al patrimonio arqueológico
	EA-SOC-13 Afectación al Patrimonio Cultural

Fuente: UT MOVIUS 2022

La extensión establecida para estos impactos corresponderá al área de influencia definitiva de cada componente o grupo de componentes en análisis, en cumplimiento de lo establecido por la metodología para la elaboración y presentación de estudios ambientales.

- Taller de expertos Área de Influencia Definitiva

Una vez realizada la evaluación ambiental de impactos, definida la extensión de los mismos y establecida el área de influencia definitiva para los diferentes componentes o grupos de componentes del ambiente se procedió a realizar un taller de expertos, con el objetivo de evaluar posibles implicaciones de las superposiciones e interacciones entre estas áreas identificadas. Los análisis realizados permitieron corroborar -en muchos casos- o redelimitar -en otros- las áreas de influencia definitiva para los diferentes grupos de componentes o componentes del ambiente.

- Resultados - Área de Influencia Definitiva

El área de influencia definitiva para cada atributo, componente o grupo de componentes del proyecto es la resultante de los análisis de la información primaria obtenida en campo y como producto de la identificación, cualificación, cuantificación y jerarquización de impactos del proyecto, evaluación que se presenta desarrollada en el Capítulo 8. Evaluación Ambiental.

#### 2.5.1.2. Medio Físico

##### 2.5.1.2.1. Geología

La metodologías adoptadas para las cuatro temáticas que hacen parte del componente geosférico están orientadas a satisfacer los lineamientos y requerimientos de información consignada en las especificaciones y requerimientos de la ET-05 en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y Social de la Línea 2 del Metro de Bogotá.

La nomenclatura estratigráfica se basa principalmente en las cartografías geológicas del Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), en especial la Plancha 227 - La Mesa (Ulloa et al, 1998) a escala 1:100000 y el Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá a escala 1:50000 del Proyecto Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá (INGEOMINAS - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 1997).

La metodología involucra la interpretación de información de estudios anteriores y se complementa con los datos litológicos de exploración superficial así como los obtenidos del registro litológico de las perforaciones realizadas a lo largo del corredor de la línea L2MB, adicionalmente con los resultados del análisis de la información de ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas durante las fases 1 y 2, se estableció el cambio de las propiedades del suelo, y permitió realizar la diferenciación de zonas homogéneas.

Con el propósito de precisar la cartografía geológica de superficie y del subsuelo del Área de Influencia, se recopilaron los resultados de las campañas exploratorias ejecutadas al 2021, los resultados de los estudios y diseños a nivel de detalle (Fase III) del proyecto y una campaña de campo en el marco del estudio ambiental por parte de un profesional en geología, a lo largo de todo el trazado, para el reconocimiento del terreno en esta zona, la verificación de las unidades litológicas y condición del terreno, procesos morfodinámicos sobre la huella de intervención y características geomorfológicas del área de influencia.

De acuerdo con lo anterior y con la exploración geológico-geotécnica ejecutada en el marco de los estudios de ingeniería, se analizó y estructuró la información técnica del proyecto y se ajusta la base cartográfica a nivel de la geología de superficie y del subsuelo para los sitios de obras proyectadas.



Se adoptó información sobre la planimetría y topografía de detalle para obtener el Modelo Elevación Digital - DEM del área de influencia y las secciones de análisis transversales (9) y la sección longitudinal a lo largo de todo el trazado, sobre las cuales se plasma la información relacionada con las variaciones verticales y laterales de las unidades aflorantes en el área de influencia a nivel de superficie y a nivel vertical hasta el cubrimiento espacial del alineamiento de las obras subterráneas (estaciones, pozos y el túnel), correlacionando los resultados de las investigaciones geotécnicas.

Se generaron secciones geológicas transversales a lo largo de las obras proyectadas que incluyen las estructuras subterráneas y elevadas (viaducto y patio taller), los ejes corresponden a perfiles que cubren la implantación proyectada a nivel vertical, de manera que ilustran las variaciones litológicas verticales y laterales de la cimentación profunda y más representativas en cada sitio. Esta información se consigna en el Anexo 5.2 -1.1 al Anexo 5.2 -1.4.

#### 2.5.1.2.2. Geomorfología

La geomorfología involucra el aspecto externo de los materiales naturales, de acuerdo a su origen y evolución. La forma corresponde a una imagen instantánea de unos procesos naturales, por lo tanto, puede ser representada como un área o un volumen según la forma como se proyecte. Los procesos naturales imprimen paisajes característicos, los cuales permiten su identificación, delimitación, y cartografía. La evolución de las geoformas, se puede deducir al comparar y establecer la magnitud, la repetición de los trazos y rasgos, y la distribución de los componentes en cualquier área de análisis y de influencia del componente.

El método de cartografía y clasificación de terrenos propuestos en el estudio de la L2MB, está basado principalmente en el Sistema International Institute for Aerospace Survey and Earth Science – ITC (Van Zuidam, 1986), Verstappen y Van Zuidam (1992) y Carvajal (2002), mediante la interpretación de imágenes aeroespaciales (Modelo Elevación Digital - DEM) y propias del proyecto, cuyo objetivo es delimitar áreas, geoformas del relieve, patrones de drenaje de manera concisa y sistemática que permita determinar las formas del terreno y los procesos geomorfológicos que actúan sobre ellas, siempre recordando que el objetivo de la información adquirida ha de ser agrupada y compilada mediante sistemas de información Geográfica (SIG).

La metodología tiene en cuenta la clasificación fisiográfica del terreno y de su comportamiento, hechos a partir de un análisis integral de las unidades litológicas que afloran en superficie y de la geomorfología resultante del balance de los procesos tectónicos y del intemperismo (clima, hidrología, desarrollo de suelos, variaciones litológicas, evolución tectónica, etc.).

Para el área de análisis y de influencia, se consideran las características fisiográficas de geoestructura, provincia geomorfológica, unidades de relieve y sus respectivos ambientes morfogenéticos. Se correlaciona la información obtenida en la cartografía geológica del área de estudio, las condiciones de evolución tectónica del área, factores determinantes en el modelado del relieve.

Finalmente, los resultados hacen parte integral en el estudio los cuales se describen en detalle en el numeral 5.2.1.1 del Capítulo 5 Abiótico y se consignan en la cartografía temática de soporte y en la GeoDataBase respectiva. Los soportes hacen parte integral en el estudio y se consignan en la cartografía temática de soporte y en la GeoDataBase respectiva del componente, y en los anexos de soporte desde el Anexo 5.2 -2.1 al Anexo 5.2 -2.4. Plano L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-PL-0007\_V01.

#### 2.5.1.2.2.1. Análisis Multitemporal

La metodología para el análisis multitemporal a lo largo del trazado de la L2 Metro de Bogotá involucró la fotointerpretación de imágenes satelitales entre los años 1967 y 2017, así como la comparación de éstas con fotografías aéreas de diferentes períodos, reportando principalmente aquellos cambios morfológicos, identificando la variación de los contornos de cuerpos de agua y de coberturas a través del tiempo. Los resultados se consignan en el Anexo 5.2 -2.3 .

#### 2.5.1.2.2.2. Morfometría

En el geoprocesamiento de la topografía base y de detalle, se analizan elementos de tipo línea y área de la superficie del terreno, como: (i) contorno (líneas de igual altura sobre el geoide), (ii) línea de pendiente (línea de flujo gravitacional pendiente abajo que forman ángulos derechos respecto a las líneas de contorno), (iii) llanuras, corresponden a las áreas de bajo relieve donde todos los valores de altitud son iguales.

Los parámetros morfométricos de carácter local y regional, son extraídos a partir de modelos digitales de elevación, y contribuyen a la caracterización de las formas del terreno en términos de la altura relativa, la densidad del drenaje y el gradiente de pendiente; estos atributos son aplicados a cualquier nivel categórico con peso variable e incluidos en la cartografía del mapa de pendientes o morfometría del terreno. Las categorías determinadas en la zonificación morfométrica corresponde a la discriminación establecida en los dominios del modelo de almacenamiento geográfico vigente. Los resultados se consignan en el Anexo 5.2 -2.1.

Tabla 8. Categorización de las pendientes del terreno

Código	Descripción
6010	A nivel, 0-1% (a)
6020	Ligeramente plana, 1-3% (a)
6030	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)
6040	Moderadamente inclinada, 7-12% (c)
6050	Fuertemente inclinada, 12-25% (d)
6060	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50% (e)
6070	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75% (f)
6080	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, 75-100% (g)
6090	Totalmente escarpada, >100% (g)

Fuente: Adaptado de acuerdo con lo estipulado en la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 ANLA

Respecto al geoprocesamiento y modelaciones en el componente geomorfológico involucró las siguientes actividades particulares:

- Extracción del DEM del área de estudio: Contiene todos los pixeles que corresponden a las alturas definidas por una máscara (Área Influencia).
- Generación curvas detalladas de nivel cada 50 cm tomado como base el modelo digital de elevación (Análisis espacial, curvas por superficie): Se crea una entidad tipo línea de contorno (isolíneas) de la superficie con alturas sobre el nivel del mar en metros.
- Elaboración del Triangulated Irregular Network (TIN), (Herramientas de análisis 3D, TIN): Toma como base las curvas de nivel para realizar una triangulación de la superficie, el resultado es un modelo de terreno exacto que representa de forma eficiente y precisa la superficie.
- Conversión del TIN a formato raster (Herramientas de análisis 3D, conversión): Se realiza el cambio de formato TIN a RASTER pues la herramienta de pendientes requiere que la capa de entrada sea tipo RASTER, con base en el levantamiento topográfico de detalle para el área de influencia del componente.
- Generación de pendientes a partir del raster (Análisis espacial, superficie): Se identifica la pendiente (gradiente o cambio máxima en z) de cada pixel obteniendo como resultado un mapa raster que muestra dichos cambios en porcentajes o grados los cuales se pueden clasificar de forma manual, geométrica, por quantiles, desviación estándar, entre otros.

Para el análisis, se generaron pendientes por porcentajes y se aplicó el método de clasificación Natural Breaks Jenks, en donde el programa calcula las diferencias de valores entre los individuos estadísticos ordenados de forma creciente colocando un límite para separar los grupos que tienen diferencias de valores altas.

Las categorías identificadas se obtuvieron teniendo en cuenta los parámetros específicos descritos y relacionados con la litología, la morfogénesis, morfometría y las morfoestructuras asociadas.

Finalmente, los resultados hacen parte integral en el estudio los cuales se describen en detalle en el numeral 5.2.1.2 del Capítulo 5 Abiótico y se consignan en la cartografía temática de soporte y en la GeoDataBase respectiva.

#### 2.5.1.2.2.3. Zonificación susceptibilidad ocurrencia de los fenómenos de erosión y remoción en masa - ZRM

En la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa específico para el área de estudio, empleó variables cualitativas y cuantitativas; dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, longitud de la pendiente, las cuales se derivan del modelo digital de elevación (DEM).

Se realiza un análisis multicriterio que involucra la utilización de datos geográficos, debiendo establecer las preferencias y combinaciones (o agregaciones) de los datos, de acuerdo a reglas de decisiones específicas que han sido implementados en el geoprocesamiento de las cuatro variables principales de acuerdo con el nivel, unidad de análisis y escala del estudio mediante un sistema de procesamiento en ARCGIS. Para efectos de los análisis heurísticos para determinar el Índice de Susceptibilidad de Movimientos en masa (ISD), se propone la utilización de procesos de análisis jerárquicos.

El método heurístico adoptado para el geoprocesamiento de la información temática para el área de influencia del componente, incluye un análisis estadístico bivariado cada factor de mapeo (pendiente, geología, suelos, coberturas vegetales, niveles de precipitación), se combina y se calculan valores ponderados de densidades de movimientos en

masa para cada clase, unidad geológica, variación morfométrica, unidades de coberturas vegetales y como detonantes los niveles de precipitación.

Los pesos ponderados para cada factor de mapeo corresponden de acuerdo con la incidencia de cada uno en el contexto geográfico donde se ubica el proyecto. Para el caso de la L2MB, el factor de mapeo asociado a la geología como la pendiente son determinantes y presentan para la zonificación un peso de ponderación del 25% y para la morfometría del 20% y para las coberturas vegetales y las isoyetas del 15% respectivamente.

Se adopta la simbología y nomenclatura de acuerdo con las exigencias cartográficas de los mapas según los estándares propuestos a nivel de unidades y subunidades, propuestos por Carvajal (2002) y del Servicio Geológico Colombiano para la cartografía y zonificación geomorfológica y geomecánica (2004).

La información complementaria aplicada en la zonificación incluye los siguientes aspectos:

- Mapa de pendientes con intervalos adecuados.
- Definición de la composición litológica y suelos para cada una de las geoformas establecidas
- Tipo de estructuras, estilo estructural
- Definición de las fallas tectónicas
- Establecer y complementar los atributos evaluados y analizados mediante una base de datos relacionada con la cartografía.
- Superponer la información cartográfica hasta obtener la zonificación susceptibilidad a partir de los mapas analíticos y temáticos.

El resultado en la zonificación de las áreas con diferentes características sobre procesos exógenos y endógenos que delimitan la respuesta de los materiales a la ocurrencia de procesos de erosión concentrada o de remoción en masa con la interacción de las variables y factores de mapeo establecidos en el contexto que se ubica el proyecto de la L2MB. Los resultados de la zonificación se consignan en el Anexo 5.2 -2.4.

#### 2.5.1.2.3. Suelos

Para la realización del presente estudio, se tuvo en cuenta la metodología general para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales (MADS - ANLA, 2018), los términos de referencia ET05 – Estudio de impacto ambiental y social (EIAS) Adenda 4 y los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de Construcción de líneas férreas - TdR-03 (MADS - ANLA, 2017), los cuales presentan parámetros establecidos por los diferentes institutos y entidades oficiales que tienen por función la generación, administración y análisis de información que, para el caso del componente edáfico, se basa principalmente en la utilización de la metodología ofrecida y definida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2014), que ha sido formulada siguiendo el Sistema Taxonómico Americano (Soils Taxonomy), actualizado a 2014 (USDA - NRCS, 2014).



De igual forma y como fuente de consulta para la caracterización de los suelos en el presente documento, se tiene en cuenta la actualización del POMCA del Río Bogotá (2017), para determinar la relación suelo-paisaje con los elementos ambientales que participan en esta relación. De tal forma que la descripción de suelos se realiza de acuerdo con los tipos de relieve presentes en cada paisaje, y que se caracterizan por tener condiciones similares en cuanto a clima, topografía y materiales parentales. La caracterización se complementa además con la descripción de perfiles del suelo, pruebas de infiltración y toma de muestras de suelos con sus respectivos análisis de laboratorio realizados del 13 de mayo del 2022 al 04 de Junio de 2022 para las 12 estaciones de servicio y del 14 al 16 de Marzo de 2022 para la toma de los horizontes del proyecto, como se describe más adelante en el documento. La revisión de información secundaria permite tener una visión general del nivel de detalle en la información regional generada por las instituciones en los temas de interés para

el proyecto, como es el caso de los componentes: suelos, geomorfología, aptitud y uso de los suelos, así como del manejo técnico propuesto para el recurso.

Se realizó puntos de muestreo, a partir de de calicatas (huecos de 80 cm de ancho, 150 cm de largo y 100 cm de profundidad) en los cuales se describen en detalle las características morfológicas del perfil (límites entre horizontes, color, textura de campo, estructura, consistencia y distribución y cantidad de raíces) y se toman muestras de cada uno de los horizontes encontrados para los análisis químicos y físicos.

#### 2.5.1.2.4. Calidad del agua

Se definieron un total de nueve cuerpos de agua para los monitoreos (seis lóticos y tres lénticos). La selección de los puntos de monitoreo se dio teniendo en cuenta los cuerpos de agua que están en cercanía a la infraestructura y se superponen con el corredor subterráneo de la Línea 2 del Metro de Bogotá.

Adicionalmente se obtendrá información sobre los todos los sistemas lénticos y lóticos identificados, así como las cuencas hidrográficas existentes dentro del área de influencia del componente, incluyendo zonas de recarga, las cuales estarán localizadas en mapas a escala 1:10.000.



Los cuerpos de agua seleccionados se muestrearon teniendo en cuenta los dos períodos climáticos en época seca realizados los días 21, 24, 28, 29 y 30 de junio de 2022 y época de lluvias realizada los días 18, 19, 24, 25, 30 de mayo de 2022 y 01 de junio de 2022, por lo cual se consideran un total 20 puntos de monitoreo por cada época. Se analizó las concentraciones de los siguientes parámetros:

Tabla 9. Parámetros a analizar.

Parámetro
Sólidos suspendidos totales, secado a 103°C - 105°C
Sólidos disueltos totales
Sólidos sedimentables
pH
Temperatura del agua
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5
Demanda química de oxígeno DQO
Oxígeno disuelto
Turbiedad, método nefelométrico
Grasas y aceites
Caudal (Cuerpos lóticos)
Aforo (Cuerpos lóticos)
Arsénico
Bario
Cadmio
Cobre
Conductividad
Fósforo total
Hidrocarburos
Mercurio

Parámetro
Níquel
Nitrógeno total
Plata
Plomo
Selenio
Tensoactivos (SAAM)
Zinc
Color real
Alcalinidad total
Acidez total
Dureza Cálcica
Dureza total
Fenoles totales
Coliformes fecales
Coliformes totales

Fuente: UT MOVIUS, 2021.

Para complementar el análisis de calidad de agua superficial, se calcularán los índices de calidad del agua exigidos por los términos de referencia para la elaboración de EIA en proyectos de construcción de líneas férreas de la ANLA, la metodología para la elaboración de Estudios Ambientales expedida por la ANLA en el 2018 y lo estipulado en la Convocatoria Pública FDN – VE – CP – 07 – 2021. Estos son: Índice de Langelier, índice de Capacidad Buffer, Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL).

Adicionalmente, se calcularán los Índices de Contaminación - ICO's. A continuación, se describe y se indica el procedimiento para el cálculo de cada índice.

- **Índice de Langelier**

El índice de Langelier, está basado en la saturación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Este evalúa el efecto del pH sobre el equilibrio de solubilidad del  $\text{CaCO}_3$ , por lo tanto, es un indicador de la tendencia de deposición de la película de  $\text{CaCO}_3$ . Frecuentemente es empleado para evaluar el potencial corrosivo del agua.

La determinación del índice de Langelier se realiza usando la siguiente ecuación:

$$IL = pH_A - pH_S$$

Ecuación 1. Índice de Langelier

En donde:

IL es el Índice de Langelier (adimensional)

$pH_A$  es el pH actual del agua (unidades de pH)

$pH_S$  es el pH de saturación o pH al cual se logra el equilibrio calcocarbónico del agua (unidades de pH)

El valor de  $pH_S$  se calcula con la ecuación:

$$pH_S = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

A, B, C y D se obtienen mediante las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{\log(SDT)-1}{10}$$

$$B = -13,12 \log(T + 273,15) + 34,55$$

$$C = \log(\text{Dureza Cálctica})$$

$$D = \log(\text{Alcalinidad})$$

En donde:

SDT es la concentración de sólidos disueltos totales en la muestra de agua (mg/l)

T es la temperatura del agua (°C)

DC es la dureza cálcica -para las muestras el cálculo se realiza con dureza total y cálcica (mg CaCO<sub>3</sub>/l)

ALC es la alcalinidad (mg CaCO<sub>3</sub>/l).

La clasificación general del índice de Langelier se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación del índice de Langelier

Índice de Langelier	Clasificación
IL = 0	Agua en equilibrio químico
IL < 0	Agua con tendencia a ser corrosiva
IL > 0	Agua con tendencia incrustante

Fuente: (Arnalich, 2008)

- **Índice de capacidad de buffer (tampón)**

En relación con la capacidad buffer, se toma como parámetro representativo la alcalinidad total, la cual está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y representa el principal sistema amortiguador de las aguas. Cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores se vuelven muy sensibles a la contaminación, ya que no tienen capacidad para oponerse a las modificaciones que generan disminuciones del pH (acidificación).

Tabla 11. Clasificación de los cuerpos de agua según su alcalinidad total.

Descripción	Alcalinidad (mg/l)
Sensibles a contaminación	< 20
Mínimo aceptable	20
Pobremente amortiguadas	< 25
Moderadamente amortiguadas	25 - 75
Muy amortiguadas	> 75

Fuente. UT Movius, 2021.

- **Índice de Calidad del Agua - ICA**

El ICA es un número (entre 0 y 1) que indica el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación.

El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables que determinan la calidad de las aguas corrientes superficiales. Las variables son: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, pH y Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT).

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \sum_{i=1}^n (W_i * I_{ikjt})$$

Ecuación 2. Índice de Calidad del Agua

Donde:

ICAnjt = Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

Wi =Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

likjt = Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n = Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

Se incluirá el valor mínimo del ICA registrado en el periodo de tiempo t y además, el ICA promedio de ese periodo, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ICA_{promedio}_{njt} = \frac{\sum_{k=1}^m (\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt})}{m}$$

Donde:

m = Es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.  $1 \leq m \leq 4$  si el periodo es anual.

En la Tabla 12 y Tabla 13 se presentan las variables y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo del ICA, para el caso en los que se utilizan cinco o seis variables respectivamente.

Tabla 12. Variables y ponderación para el caso de 5 variables



Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos Totales, SST	mg/l	0,2
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l	0,2
Conductividad eléctrica, CE	μS/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2011

Tabla 13. Variables y ponderación para el caso de 6 variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0,17
Sólidos suspendidos Totales, SST	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l	0,17
NT/PT	-	0,17
Conductividad eléctrica, CE	μS/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2011

A continuación, se presentan las ecuaciones de referencia para cada una de las variables necesarias para el cálculo del ICA:

Tabla 14. Ecuaciones para cálculo del Índice utilizado en el ICA

Variable	Descripción
Oxígeno disuelto (OD)	<p>Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas. El índice de OD se calcula así:</p> $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * I_{OD})$ <p>Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%, se calcula así:</p> $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * I_{OD} - 1)$

Variable	Descripción
Sólidos Suspending Disueltos (SST)	<p>La presencia de sólidos suspendidos en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente.</p> <p>El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula así:</p> $I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)$ <p>Si <math>SST \leq 4,5</math> entonces <math>I_{SST} = 1</math></p> <p>Si <math>SST \geq 320</math> entonces <math>I_{SST} = 0</math></p>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<p>La DBO refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no y la materia inorgánica.</p> <p>Si <math>DQO \leq 20</math> entonces <math>I_{DQO} = 0,91</math></p> <p>Si <math>20 &lt; DQO \leq 25</math> entonces <math>I_{DQO} = 0,71</math></p> <p>Si <math>25 &lt; DQO \leq 40</math> entonces <math>I_{DQO} = 0,51</math></p> <p>Si <math>40 &lt; DQO \leq 80</math> entonces <math>I_{DQO} = 0,26</math></p> <p>Si <math>DQO &gt; 80</math> entonces <math>I_{DQO} = 0,12</math></p>
Variable	Descripción
Conductividad eléctrica (C.E.)	<p>Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en la forma química, refleja la mineralización.</p> $I_{CE} = 1 - 10^{(-3,261,34 \log 10 C.E.)}$ <p>Cuando: <math>I_{CE} &lt; 0</math>, entonces <math>I_{CE} = 0</math></p>
pH	<p>Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y la fauna acuáticas.</p> <p>Si <math>pH &lt; 4</math> entonces <math>I_{pH} = 0,1</math></p> <p>Si <math>4 \leq pH \leq 7</math> entonces <math>I_{pH} = 0,02628419 e^{pH-052002}</math></p> <p>Si <math>7 \leq pH \leq 8</math> entonces <math>I_{pH} = 1</math></p> <p>Si <math>8 \leq pH \leq 11</math> entonces <math>I_{pH} = 1 * e^{[(pH-8)-0,5187742]}</math></p> <p>Si <math>pH &gt; 11</math>, entonces <math>I_{pH} = 1</math></p>
Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)	<p>Mide la degradación por intervención antrópica, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica.</p> <p>La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:</p>

Variable	Descripción
	$\text{Si } 15 \leq NT/PT \leq 20, \text{ entonces } I_{NT/PT} = 0,8$ $\text{Si } 10 < NT/PT < 15, \text{ entonces } I_{NT/PT} = 0,6$ $\text{Si } 5 < NT/PT < 10, \text{ entonces } I_{NT/PT} = 0,35$ $\text{Si } NT/PT \leq 5, \text{ ó } NT/PT > 20, \text{ entonces } I_{NT/PT} =$

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2011

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta.

Tabla 15. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 - 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 - 0,50	Mala	Naranja
0,51 - 0,70	Regular	Amarillo
0,71 - 0,90	Aceptable	Verde
0,91 - 1,00	Buena	Azul

Fuente: Hoja Metodológica Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA). IDEAM, 2008.

- Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL**

Este indicador determina la relación entre la carga contaminante y la oferta hídrica de un cuerpo de agua superficial para un año medio o un año seco, en el cual se consideran cinco variables. Las variables que se utilizan para la estimación del IACAL son DBO, diferencia entre DQO y DBO, SST, NT y PT.

$$IACAL_{ijt \text{ año med}} = \frac{\sum_{i=1}^n Catiacal_{itj-\text{año med}}}{n}$$

$$IACAL_{ijt \text{ año sec}} = \frac{\sum_{i=1}^n Catiacal_{itj-\text{año sec}}}{n}$$

Ecuación 3. Alteración Potencial de la Calidad del Agua

Dónde:

$Iacal_{ijt-\text{año}}$  es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio o año seco, dependiendo del caso.

n es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

Catiacal es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i, que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año medio o año seco, dependiendo del caso. Para el cálculo del Catiacal para cada variable se debe emplear la razón entre la carga contaminante de cada variable ( $W_{ijt}$ ) y la oferta hídrica del cuerpo de agua (O), de un año promedio o un año seco. Esta se define mediante las siguientes ecuaciones, para un año medio y seco, respectivamente.

$$iacal_{itj \text{ añomed}} = \frac{W_{itj \text{ añomed}}}{O_{\text{añomed}}}$$

$$iacal_{itj \text{ añosec}} = \frac{W_{itj \text{ añosec}}}{O_{\text{añosec}}}$$

Para cada variable se encuentra asociada a una categoría de clasificación como se muestra de la Tabla 16 a la Tabla 20.

Tabla 16. IACAL DBO

Rangos lcalDBO-jt-añomed lcalDBO-jt-añosec	Categoría de clasificación CatiacalDBO	Calificación de la presión
$lcal_{DBO} < 0,14$	1	Baja
$0,14 \leq lcal_{DBO} < 0,40$	2	Moderada
$0,40 \leq lcal_{DBO} < 1,21$	3	Media-Alta
$1,21 \leq lcal_{DBO} < 4,86$	4	Alta
$lcal_{DBO} \geq 4,86$	5	Muy Alta

Fuente: Hoja Metodológica Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL. IDEAM, 2008.

Tabla 17. IACAL diferencia entre DBO y DQO

Rangos lcalDQO-DBO-jt-añomed lcalDQO-DBO-jt-añosec	Categoría de clasificación CatiacalDQO-DBO	Calificación de la presión
$lcal_{DQO-DBO} < 0,14$	1	Baja
$0,14 \leq lcal_{DQO-DBO} < 0,36$	2	Moderada
$0,36 \leq lcal_{DQO-DBO} < 1,17$	3	Media-Alta
$1,17 \leq lcal_{DQO-DBO} < 6,78$	4	Alta

$l_{\text{acal}}_{\text{DQO-DBO}} \geq 6,78$	5	Muy Alta
--	---	----------

Fuente: Hoja Metodológica Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL. IDEAM. 2008.

Tabla 18. IACAL sólidos suspendidos totales.

Rangos $l_{\text{acalDQO-SST-jt-año med}}$ $l_{\text{acalDQO-SST-jt-año sec}}$	Categoría de clasificación $C_{\text{atIacalSST}}$	Calificación de la presión
$l_{\text{acalSST}} < 0,4$	1	Baja
$0,4 \leq l_{\text{acalSST}} < 0,8$	2	Moderada
$0,8 \leq l_{\text{acalSST}} < 1,9$	3	Media-Alta
$1,9 \leq l_{\text{acalSST}} < 7,7$	4	Alta
$l_{\text{acalSST}} \geq 7,7$	5	Muy Alta

Fuente: Hoja Metodológica Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL. IDEAM. 2008.

Tabla 19. IACAL nitrógeno total

Rangos $l_{\text{acalDQO-NT-jt-año med}}$ $l_{\text{acalDQO-NT-jt-año sec}}$	Categoría de clasificación $C_{\text{atIacalNT}}$	Calificación de la presión
$l_{\text{acalNT}} < 0,03$	1	Baja
$0,03 \leq l_{\text{acalNT}} < 0,06$	2	Moderada
$0,06 \leq l_{\text{acalNT}} < 1,14$	3	Media-Alta
$1,14 \leq l_{\text{acalNT}} < 0,56$	4	Alta
$l_{\text{acalNT}} \geq 0,56$	5	Muy Alta

Fuente: Hoja Metodológica Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL. IDEAM. 2008.

Tabla 20. IACAL fósforo total.

Rangos IacalDQO-NT-jt-año med IacalDQO-NT-jt-año sec	Categoría de clasificación CatiacalNT	Calificación de la presión
$Iacal_{PT} < 0,005$	1	Baja
$0,005 \leq Iacal_{PT} < 0,014$	2	Moderada
$0,014 \leq Iacal_{PT} < 0,036$	3	Media-Alta
$0,036 \leq Iacal_{PT} < 0,135$	4	Alta
$Iacal_{PT} \geq 0,135$	5	Muy Alta

Fuente: Hoja Metodológica Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL. IDEAM. 2008.

- **Índices de contaminación (ICO)**

Los índices de contaminación ICO, se emplean para evaluar el grado de contaminación del agua con respecto a determinadas variables, estos índices tienen un rango de 0 a 1, donde 0 significa contaminación nula y 1 contaminación muy alta.

Tabla 21. Contaminación del agua según los valores de índices ICO.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Contaminación	Señal de alerta
0,8 - 1	Muy alta	Rojo
0,6 - 0,8	Alta	Naranja
0,4 - 0,6	Media	Amarillo
0,2 - 0,4	Baja	Verde
0 - 0,2	Ninguna	Azul

Fuente: Centro de investigaciones en hidroinformática, 2007

Las ecuaciones de cálculo de los índices ICO se exponen a continuación:

- Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Conformado por la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y el porcentaje de saturación del oxígeno. Estos en su conjunto, recogen efectos de distintas fuentes de contaminación orgánica, sin estar los unos correlacionados con los otros. Las ecuaciones que se emplean para el cálculo del ICOMO se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Ecuaciones para el cálculo del ICOMO

Variable	Descripción
Oxígeno disuelto (OD)	$I_{Oxígeno\ \%} = (1 - 0,01 * oxígeno\%)$
Coliformes totales	$I_{Coliformes} = -5,44 + (0,56 \log(coliformes\ total))$
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)	$I_{DBO} = -0,05 + (0,7 \log(DBO))$

Fuente: Centro de investigaciones en hidroinformática, 2007

El ICOMO se calcula como el promedio de los índices de oxígeno disuelto, coliformes totales y DBO.

- Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)

Integra los siguientes parámetros: conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, dureza para recoger los cationes de calcio y magnesio y la alcalinidad por relacionarse con los aniones de carbonatos y bicarbonatos.

Tabla 23. Ecuaciones para el cálculo del ICOMI.

Variable	Ecuaciones de cálculo
Conductividad	$I_{Conductividad} = 10^{-3,26 + (1,34 \log_{10}(conductividad))}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si <math>conductividad \geq 270</math>, entonces <math>I_{conductividad} = 0</math></li> </ul>
Alcalinidad	$I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005(Alcalinidad)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si <math>Alcalinidad \leq 50</math>, entonces <math>I_{Alcalinidad} = 0</math></li> <li>• Si <math>Alcalinidad \geq 250</math>, entonces <math>I_{Alcalinidad} = 0</math></li> </ul>
Dureza total	$I_{Dureza} = 10^{-9,09 + (4,4 \log_{10}(Dureza))}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si <math>Dureza \leq 30</math>, entonces <math>I_{Dureza} = 0</math></li> </ul>

Variable	Ecuaciones de cálculo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si <math>Dureza \geq 100</math>, entonces <math>I_{Dureza} = 1</math></li> </ul>

Fuente: Centro de investigaciones en hidroinformática, 2007

El ICOMI se calcula como el promedio de los índices de conductividad, alcalinidad y dureza total

- Índice de contaminación por sólidos suspendidos totales (ICOSUS)

Hace referencia a la contaminación de sólidos suspendidos totales como compuestos inorgánicos.

Tabla 24. Ecuaciones para el cálculo del ICOSUS

Variable	Ecuaciones de cálculo
Sólidos suspendidos totales	$I_{SST} = -0,02 + (0,0003 SST)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si <math>SST \leq 10</math>, entonces <math>I_{SST} = 0</math></li> <li>• Si <math>SST \geq 340</math>, entonces <math>I_{SST} = 1</math></li> </ul>

Fuente: Centro de investigaciones en hidroinformática, 2007

- Índice de contaminación por pH (ICOpH)

Estima el nivel de contaminación teniendo en cuenta el valor del pH.

Tabla 25. Ecuaciones para el cálculo del ICOpH

Variable	Ecuaciones de cálculo
pH	$I_{pH} = \frac{e^{-31,08+3,45 pH}}{1 - e^{-31,08+3,45 pH}}$

Fuente: Centro de investigaciones en hidroinformática, 2007

- índice de contaminación por trofia (ICOTRO)

Hace referencia al estado trófico de un cuerpo de agua, dependiendo de la concentración de fósforo total presente en este. La clasificación se expone en la Tabla 26.

Tabla 26. Clasificación de índice ICOTRO

Concentración de fósforo total (mg/l)	Contaminación	Señal de alerta
> 1	Hipereutrofía	Rojo



Concentración de fósforo total (mg/l)	Contaminación	Señal de alerta
0,02 - 1	Eutrófia	Amarillo
0,01 - 0,02	Mesotrófia	Verde
0 - 0,01	Oligotrófia	Azul

Fuente: Centro de investigaciones en hidroinformática, 2007

#### 2.5.1.2.5. Hidrología

Previo a los análisis relacionados en la ET05, como parte del trabajo de campo asociado a este componente, se realizó un recorrido por la zona del proyecto para identificación de las condiciones del sitio e identificación de sistemas lenticos y loticos.

Para la caracterización hidrológica en el marco del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto se realizó la clasificación hidrográfica de las cuencas asociadas a los drenajes identificados a partir de la información establecida en el mapa de zonificación ambiental de Colombia desarrollado por el IDEAM (2010) y plasmada en el Decreto 1640 del 2 de agosto de 2012 del MADS, también se realizó la zonificación y codificación de las unidades hidrográficas e hidrogeológicas.

Una vez determinadas las cuencas en la zona del proyecto, se realizó la caracterización de las mismas definiendo las principales características morfológicas de estas y de las unidad de análisis hidrográfico asociadas a los puntos de interés identificados, así como el nivel de unidad hidrográfica de análisis. Adicionalmente se identificó el tipo y distribución de las redes de drenaje, identificando la dinámica fluvial de las fuentes que son afectadas por el proyecto. La caracterización hidrológica se realizó a partir de la información disponible del IGAC en escala 1:25.000, la información cartográfica base del proyecto, la identificación de las cuencas en el área de estudio y los correspondientes análisis hidrológicos, como complemento, se realizó la descripción y localización de la red hidrográfica identificada en la zona del proyecto que para este caso esta conformada por el Canal Salitre, el blazo de humedal Juan Amarillo y el Canal Cafam. Para los sistemas lóticos se identificaron los patrones de drenaje y flujo, para este caso se tienen identificados el humedal Juan Amarillo, el lago del club Los Lagartos y el humedal La Conejera.

Se realizó el análisis temporal y espacial de las variables climáticas referidas a la precipitación media anual y mensual, temperatura media, máxima y mínima mensual y anual y otras estimadas a partir de estas variables como la evapotranspiración potencial y real anual y mensual. Para ello inicialmente se realizaron análisis estadísticos a la información de caudales, precipitación y temperatura como son: pruebas de consistencia, homogeneidad, llenado de datos, extensión y actualidad y estadística básica.

En cuanto a los caudales medios, mínimos y máximos en las cuencas identificadas, estos se estimaron aplicando metodologías directas e indirectas. Para los caudales máximos, las metodologías directas corresponden a ajustes estadísticos de registros de caudales máximos en estaciones hidrométricas cercanas al sitios de interés, mientras que, las metodologías indirectas fueron modelos lluvia-escurrentia basados en las características morfológicas e hidrológicas de las cuencas en estudio. Con los análisis mencionados se determinó el caudal mínimo, la oferta hídrica, y se realizó el balance hídrico del proyecto.

Con relación a los análisis de susceptibilidad, para este caso se analizó la susceptibilidad por inundaciones y por avenidas torrenciales, para ello se utilizó la información disponible en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá y en el POMCA del río Bogotá.

#### 2.5.1.2.6. Hidrogeología

Dentro de la caracterización hidrogeológica del área de influencia del proyecto L2 del Metro de Bogotá, se identificaron las unidades de roca y suelo con base en sus características estratigráficas, texturales y composicionales, incluyendo además porosidad (primaria o secundaria por fracturamiento o por disolución) y estado dentro del perfil de meteorización. Además, se identifica el espesor de la unidad, relaciones estratigráficas, cambios litológicos o variación litofacial, geometría de los horizontes y relación con estructuras geológicas como fallas (zonas de fracturamiento intenso), pliegues y discordancias. Los datos de instrumentación como permeabilidad y conducción hidráulica complementan la definición de las unidades hidrogeológicas.

A partir de los conceptos de unidades hidrogeológicas con base en la capacidad específica identificadas para la L2MB se se contrastó la información con la contenida en el Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia - Mapa de Unidades Hidrogeológicas (INGEOMINAS, 2000), el cual constituye una de las fuentes de referencia para los parámetros hidráulicos asignados a cada unidad acuífera o de interés hidrogeológico.

Las unidades hidrogeológicas cartografiadas corresponden a los polígonos del mapa geológico agrupados en algunos casos teniendo en cuenta parámetros compartidos a pesar de las diferencias texturales especialmente en las unidades cuaternarias.

Los valores de permeabilidad utilizados como referencia para la caracterización de la permeabilidad en los niveles litológicos diferenciados en profundidad a lo largo del trazado de la L2MB, se basaron en la clasificación de algunos materiales sedimentarios según su permeabilidad elaborado por Custodio y Llamas, 1983.

Las posibilidades de acuífero se clasificaron de acuerdo al valor de permeabilidad (K) en m/día presentado por Villanueva e Iglesias, 1984



Los valores de permeabilidad y niveles freáticos evaluados corresponden a aquellos obtenidos durante las fases de exploración actual asociados con los piezómetros instalados (55) y los obtenidos de los ensayos de piezoconos (118) a lo largo del corredor de la L2MB, complementariamente se incluye la información suministrada por la SDA y que involucra puntos de agua monitoreados como pozos (11), aljibes (5) localizados en cercanías al área de influencia del proyecto, adicional se monitoreo la calidad de agua subterránea en 51 piezómetros instalados durante los días 02, 03, 04, 06, 07, 08, 09, 10, 13, 14 y 15 de junio del 2022 .

La interpretación de estos aspectos conlleva a la elaboración del mapa hidrogeológico que destaca la distribución superficial y en profundidad de las unidades hidrogeológicas a lo largo de la zona del proyecto L2MB. La información obtenida es el insumo final para la definición del Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC)

#### 2.5.1.2.6.1. Modelo Hidrogeológico Conceptual - MHC

La metodología utilizada para la elaboración del MHC involucra cuatro componentes que corresponden a aspectos teóricos fundamentales asociados al estudio de las aguas subterráneas. El primer componente es el modelo geológico, para caracterizar la geología de superficie y subsuperficie y definir el contacto roca – suelo - depósitos y la influencia tectónica reflejada en fracturamiento, plegamiento y fallas.. El segundo componente es el Modelo Hidrológico, el cual se centra en los procesos hidrológicos superficiales, como las precipitaciones, escurrimientos y la evaporación, con la finalidad de estimar la recarga del sistema acuífero (infiltración) por precipitación producto de estos fenómenos. El tercer componente se centra en el modelo hidráulico, el cual está orientado a determinar los rangos y distribución espacial de los parámetros hidráulicos reflejo de las unidades hidrogeológicas, hidráulica de pozos, así como la red de flujo. El cuarto componente es el Modelo Hidrogeoquímico el cual utiliza los análisis de fisicoquímicos e isotópicos de las aguas para comprender con mayor certeza la dinámica de los fluidos y su interacción.

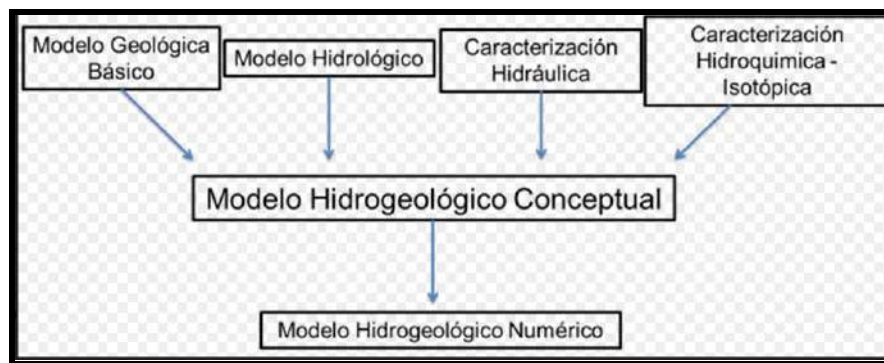


Figura 5. Esquema metodológico MHC

Fuente: UT MOVIUS, 2022

- Modelo geológico

Las descripciones estratigráficas y estructurales que se presentan a nivel regional y del área de influencia del componente Geosférico, relaciona el análisis de la información secundaria del Servicio Geológico Colombiano (SGC) que involucra las siguientes planchas y memorias explicativas:

- Atlas geológico colombiano. SGC. Escala 1: 500 000. Plancha 5-09. Compilado por Jorge Gomez Tapias, Nhora Montes Ramírez. 2020.
- Memoria explicativa de la geología de la plancha 246 Fusagasugá. INGEOMINAS. Informe interno 2374b. 93 p. Santafé de Bogotá. 1998.
- Memoria explicativa de la Geología de la plancha 227 La Mesa. INGEOMINAS. 79 p. Santafé de Bogotá. 2001.
- Memoria explicativa de la plancha 227 La Mesa. SGC. Santafé de Bogotá. 2018.
- Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Instituto Geológico Nacional. Bol. Geol., 2:93-112. Bogotá. 1957.
- Informe Geología de la Sabana de Bogotá. Servicio Geológico Colombiano, 2005.
- Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá, Cordillera Oriental de Colombia. INGEOMINAS, Bol. Geol., 5(2):189-203. 1953.
- Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá a escala 1:50000. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Convenio 01-93. INGEOMINAS, UPES-Unidad para la prevención de emergencias del Distrito y DNPAD - Dirección Nacional para la prevención y atención de desastres. INGEOMINAS, 1997.
- Geología de la Sabana de Bogotá. Subdirección de Ingeniería Básica. INGEOMINAS. 2005.
- Montes, N., y Sandoval, A. Base de datos de fallas activas de Colombia compilación bibliográfica. Ingeominas, Bogotá. 2001.

En la etapa de recopilación y análisis de información existente, se sustenta con base en la consulta, revisión y procesamiento de información secundaria existente en el área de influencia del proyecto como fuentes de información principal los estudios regionales elaborados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en el 2001 y el 2015, el estudio de microzonificación sísmica de Bogotá actualizado en el 2010, la actualización del POMCA del río de Bogotá en el 2017, y estudios particulares y de detalle a nivel de los estudios de diseño de ingeniería de Factibilidad Técnica.

El modelo geológico relaciona los resultados de los estudios de detalle que incluye la interpretación de la información litológica registrada en estudios anteriores y complementada con la información geológica registrada en la etapa actual mediante exploraciones de campo tanto superficiales así como la información litológica en profundidad que se obtiene a partir del registro de las exploraciones ejecutadas a lo largo del corredor de la L2MB, e incluyeron 149 sondeos con recuperación de núcleos y alcanzaron profundidades que oscilan entre 21 m y 200 m.

Con el propósito de precisar la cartografía geológica de superficie y del subsuelo del Área de Influencia, se recopilaron los resultados de las campañas exploratorias ejecutadas al 2021, los resultados de los estudios y diseños a nivel de detalle (Fase III) del proyecto y una campaña de campo en el marco del estudio ambiental por parte de un profesional en geología, a lo largo de todo el trazado, para el reconocimiento del terreno en esta zona, la verificación de las unidades litológicas y condición del terreno, procesos morfodinámicos sobre la huella de intervención y características geomorfológicas del área de influencia.

La información obtenida permite diferenciar la secuencia geológica superficialmente a lo largo del alineamiento del túnel. Desde el K0+000 en inmediaciones de la Estación 1 hasta el K0+100, atraviesa niveles matriz soportados y clasto soportados del Complejo de Conos (Qcc), cuya matriz tiene un alto porcentaje de arcillas. Entre el K0+100 y K8+830 en la Estación 7; entre el K9+770; K11+000; entre el K11+060 y K14+530 está conformado por una secuencia continua de niveles arcillosos con intercalaciones de poco espesor de arenas finas arcillosas, limos arcillosos y lentes ricos de materia orgánica contenidos dentro de las arcillas de origen lacustre de la Formación Sabana (Qta). Entre el K8+830 y K9+770; K11+000 y K11+060; K14+530 y K15+530 atraviesa arenas finas con matriz limo arcillosa de la llanura de inundación (Qlla)

En profundidad y siguiendo una sección longitudinal con base en los niveles registrados en las perforaciones se caracterizan :

- Entre el K0+000 y K0+500 se presentan sedimentos del complejo de conos (Qcc). Bajo esta unidad se diferencia el nivel de rocas de la formación Bogotá (Tpb).
- Entre el K0+500 y el K14+480 la secuencia de sedimentos corresponden a niveles arcillosos con intercalaciones de poco espesor de arenas finas arcillosas, limos arcillosos y lentes ricos de materia orgánica contenidos dentro de las arcillas de origen lacustre Formación Sabana (Qta).
- Entre el K14+480 y K15+530 la secuencia de sedimentos a nivel más superficial corresponde al Depósito de Llanura de Inundación (Qlla) que reposa sobre los niveles arcillosos con intercalaciones de poco espesor de arenas finas arcillosas, limos arcillosos y lentes ricos de materia orgánica contenidos dentro de las arcillas de origen lacustre Formación Sabana (Qta).
- En conclusión, las secuencias encontradas indican que dentro del área de influencia de la L2MB de 15.80 km de longitud están involucradas las formaciones Cacho (Tpc), Guaduas (Ktg), Bogotá (Tpb) y depósitos cuaternarios denominados Complejo de conos (Qcc), Terraza Alta o Formación Sabana (Qta), Llanura de inundación (Qlla), Coluviales (Qdp) categorizadas como unidades de muy baja productividad teniendo en cuenta sus características texturales y composicionales. Las formaciones Cacho (Tpc), Guaduas (Ktg), Bogotá (Tpb) presentan abundantes niveles arcillosos que como afloran en el sector, permiten clasificarlas en forma general como unidad de baja productividad aclarando que su relación con la posición del túnel es nula.

De acuerdo con lo anterior y la exploración geológico-geotécnica ejecutada en el marco de los estudios de ingeniería, se analizó y estructuró la información técnica del proyecto y se ajusta la base cartográfica a nivel de la geología de superficie y del subsuelo para los sitios de obras proyectadas.

Se adoptó información sobre la planimetría y topografía de detalle para obtener el Modelo Elevación Digital - DEM del área de influencia y las secciones de análisis transversales (9) y la sección longitudinal a lo largo de todo el trazado, sobre las cuales se plasma la información relacionada con las variaciones verticales y laterales de las unidades aflorantes en el área de influencia a nivel de superficie y a nivel vertical hasta el cubrimiento espacial del alineamiento de las obras subterráneas (estaciones, pozos y el túnel), correlacionando los resultados de las investigaciones geotécnicas.

Se generaron secciones geológicas transversales a lo largo de las obras proyectadas que incluyen las estructuras subterráneas y elevadas (viaducto y patio taller), los ejes corresponden a perfiles que cubren la implantación proyectada a nivel vertical, de manera que ilustran las variaciones litológicas verticales y laterales de la cimentación profunda y más representativas en cada sitio.

Los soportes a nivel de la cartografía de la temática, se incluyen en Anexo 5.2 -1.1 a Anexo 5.2 -1.4.

- Balance Hídrico Superficial - BHS

El balance hídrico se realiza con el fin de establecer si existe o no déficit del recurso hídrico en las cuencas localizadas dentro de una determinada zona de estudio. Para este caso particular este es un insumo mediante el cual se proyecta calcular la infiltración potencial hacia el acuífero en la zona proyecto. En el balance hídrico se busca determinar cuales son las entradas y las salidas de la cuenca como se indica mediante la Ecuación 4.

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \frac{dV}{dt} \quad \text{Ecuación 4. Balance hídrico general}$$

En donde la entrada corresponde a la precipitación total media (P), teniendo en cuenta que se trata de una cuenca cerrada. En cuanto a las salidas, estas corresponden a la evapotranspiración (ET), el caudal de salida (Qs) o escorrentía y la percolación (Gs), en donde la suma de esas entradas y salidas tendrá que ser igual al cambio del almacenamiento de agua en el suelo para un determinado periodo de tiempo  $\left(\frac{dS}{dt}\right)$ , este balance se expresa mediante la Ecuación 5 y se presenta de forma gráfica mediante la Figura 6.

$$(P) - (ET + Q_s + G_s) = \frac{dS}{dt} \quad \text{Ecuación 5. Balance hídrico del proyecto}$$

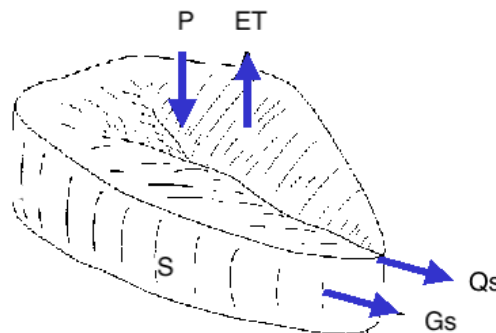


Figura 6. Balance hídrico del proyecto.  
Fuente: Adaptada de S.L.Dingman. *Physical Hydrology*. (1994).

Para el balance hídrico de las cuencas en el proyecto se utilizó el método de Thornthwaite y Matter (1955), este método supone que el agua llega al suelo proviene de la precipitación, escurrimiento o aportes subterráneos y que las pérdidas hacia la atmósfera son ocasionadas por la evaporación y por la transpiración desde la vegetación existente en condiciones medias climáticas<sup>3</sup>. Para este caso se utilizó como salidas la evapotranspiración potencial (ETP) y el caudal de salida (Qs), dejando el balance como se indica mediante la Ecuación 6:

$$(P) - (ETP + Q_s) = \frac{dS}{dt}$$

Ecuación 6. Método adaptado de  
Thornthwaite y Matter

A partir de la Ecuación 6 se definió el almacenamiento  $\left(\frac{dS}{dt}\right)$  para posteriormente determinar el valor de la percolación (Gs) generada por el suelo una vez este se encuentre saturado.

- Inventario de puntos de Agua Subterránea

Durante esta fase se revisaron las principales características hidrogeológicas asociadas a las unidades geológicas presente en el área de influencia del proyecto, los cuales incluyen los trabajos realizados por el Servicio Geológico de Colombia (antes INGEOMINAS), el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) Río Bogotá desarrollado por la CAR y la información de captaciones de agua subterránea de la Secretaría distrital de ambiente de Bogotá (SDA).

Se relaciona los documentos de referencia asociados al componente y constituye la información de referencia de las entidades relacionadas, que hace parte de la documentación básica para la caracterización hidrogeológica del proyecto, particularmente lo relacionado a los puntos de captación y monitoreo de aguas subterráneas en el área de influencia del proyecto:

- Corporación Autónoma Regional - CAR, 2006. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá.
- Corporación Autónoma Regional - CAR, 2008. Plan de Manejo Aguas Subterráneas de la Sabana de Bogotá y Zona Crítica.
- INGEOMINAS, 2002. Proyecto de Cooperación Técnica Internacional OIEA – INGEOMINAS. Modelo Hidrogeológico Conceptual de la Sabana de Bogotá.
- SDA, 2013. OPS 723 DE 2012. Sistema de Modelamiento Hidrogeológico del Distrito Capital Bogotá.
- SDA, 2018. Convenio de asociación No SDA-CV 20161264. Modelo Hidrogeológico Conceptual, Acuífero Subsuperficial en el Perímetro Urbano Distrito Capital.
- SDA, 2022. Subdirección del Recurso Hídrico y Suelo Grupo de Aguas Subterráneas. Puntos de agua subterránea inventariados en la jurisdicción de la secretaría. Respuesta al Radicado 2022EE83916 con fecha de 13-04-2022.

Dentro de la toma de información primaria del estudio, se incorpora el inventario de los puntos de agua (pozos, aljibes y piezómetros), haciendo un especial énfasis en aquellos localizados dentro del área de influencia, puntos de captación para el abastecimiento público y/o de monitoreo por parte de la SDA.

El inventario de captaciones de aguas subterráneas, se lleva a cabo con el objeto de recolectar, ordenar, almacenar y actualizar la información básica de estas captaciones, permitiendo la identificación de las diferentes Unidades Geológicas asociadas a ellas y correlacionar esta información en el MHC.

<sup>3</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Balance hídrico y sus aplicaciones. (2021).

Para cada punto de agua subterránea se diligenció el Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS), en donde se tomó información según su disponibilidad en campo para la captura de la misma, e información asociada a la localización georreferenciada del punto.

El anexo de soporte se consigna en el Anexo 5.2 - 8.3 y se ilustra en el Plano L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-PL-0028\_V01, L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-PL-0029\_V01, y L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-PL-0030\_V01.

- Hidroquímica de las Aguas Subterráneas

Los resultados de los análisis químicos de las muestras de agua se analizaron mediante diagramas de Piper, Stiff Schoeller - Berkloff y Stabler. Los diagramas hidroquímicos son representaciones gráficas de los resultados de los análisis químicos que permiten definir las principales características del agua, facilitando su clasificación y análisis, así como la interpretación conjunta de un gran número de muestras (Castany, 1975; Custodio, 1996). Como soporte lógico para la caracterización de las aguas utilizó el software Diagrammes, versión 6.61 (Roland SIMLER Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, 2020).

- Diagramas de Stiff: permite visualizar instantáneamente los iones (aniones y cationes) principales de las muestras. Se basa en la localización de ejes horizontales y equidistantes. En cada eje se ubica un catión en la parte derecha mientras que el anión se localiza en la izquierda. Además, cuenta con segmentos ubicados de forma perpendicular a los ejes cuya longitud es proporcional a la concentración. Las concentraciones en cada eje se conectan mediante líneas continuas, generando polígonos con formas características dependiendo del tipo de agua
- Diagrama de Piper: realiza una representación de los iones (aniones y cationes) mediante un diagrama triangular evidenciando la proporción de tres componentes en la composición de una muestra, siendo la suma de los tres componentes la representación del 100% de la composición de la muestra. El diagrama utiliza un triángulo para los cationes principales ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{++}\text{K}^{+}$ ) y otro para los aniones ( $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ). La localización de la muestra en el interior del triángulo indica el porcentaje de cada ion respecto del total de los tres. Adicionalmente, se presenta un rombo central al cual son proyectados los iones y cationes; el punto de intersección indica la familia hidroquímica que representa la muestra. Teniendo en cuenta lo anterior, la utilidad del diagrama de Piper se da en la representación gráfica de iones mayores y con la agrupación de familias hidroquímicas

- Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

La evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, tiene por objeto establecer el grado de defensa natural del acuífero, ante la alteración potencial de la calidad del agua subterránea, basándose en la determinación de las propiedades físicas del medio no saturado, que lo convierten en una herramienta de protección del recurso.

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, establece la facilidad con la cual ingresan las sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea, mediante infiltración a través del suelo y de la zona no saturada. Foster (1987), sugiere que la definición más confiable de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos es “la medida del grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y el grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de esta zona, como resultado de retención y/o reacción físico – química”. La base metodológica adoptada para efectos de evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos identificados en el área de influencia del proyecto, se ilustra en la Figura 7



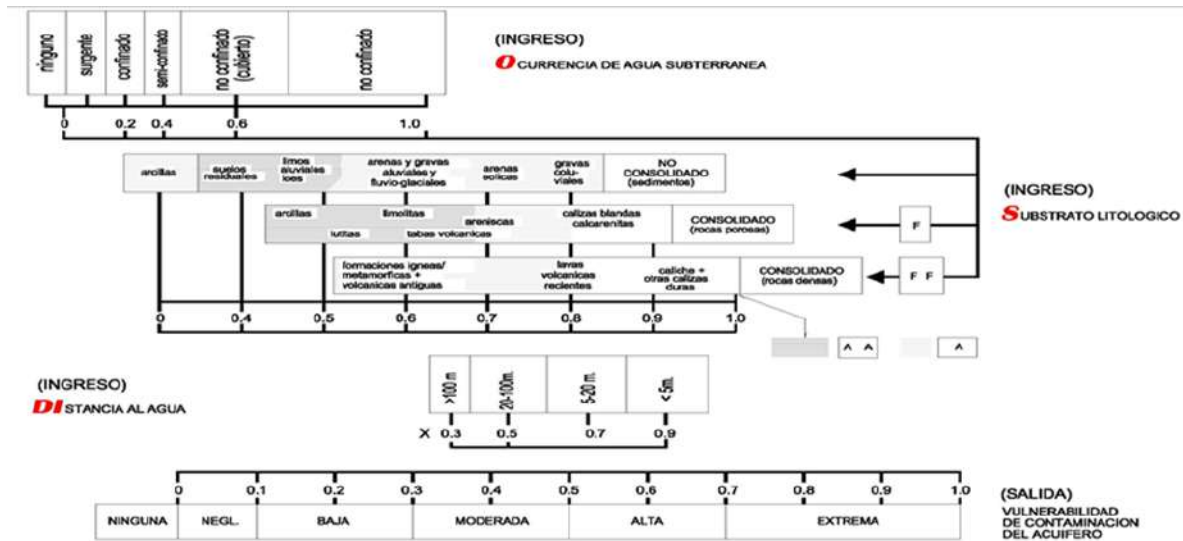


Figura 7. Metodología GOD Para Evaluar el Índice de Vulnerabilidad de Contaminación de los Acuíferos  
Fuente: Adaptado y modificado en ANLA, 2010

Esta metodología comprende tres parámetros: G, O y D, Ecuación 7; cuyos valores son asignados de acuerdo con la contribución en la defensa a la contaminación, los cuales son:

**G:** Corresponde al grado de confinamiento hidráulico con la identificación del tipo de acuífero, su índice puede variar entre 0 y 1. El modo de ocurrencia varía entre la ausencia de acuíferos (evaluado con índice 0) y la presencia de un acuífero libre o freático (evaluado como índice 1), pasando por acuíferos artesianos, confinados y semiconfinados. Para el caso de este proyecto aplica la clasificación de acuíferos libres y semiconfinados.

**O:** Corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero o de las capas confinantes. Los índices más bajos (0,4) corresponden a los materiales no consolidados, mientras que los más altos (0,9 – 1,0) corresponden a sedimentos granulares bien seleccionados y/o rocas compactas fracturadas o karstificadas.

**D:** Se refiere a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o a la profundidad del techo del acuífero, en los confinados. Los índices más bajos (0,6) corresponden a acuíferos libres con profundidad mayor a 50 m; mientras que los índices altos (1,0) corresponden a acuíferos que independientemente de la profundidad se encuentran a menos de 10m. Para el caso de los acuíferos libres la profundidad del nivel estático está sujeta a la oscilación natural.

$$iV_{GOD} = G \times O \times D \quad \text{Ecuación 7. Evaluación GOD}$$

Las variables temáticas involucradas en la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a una escala local se ilustran en la Figura 8, adoptadas en la evaluación del presente estudio, corresponden a:



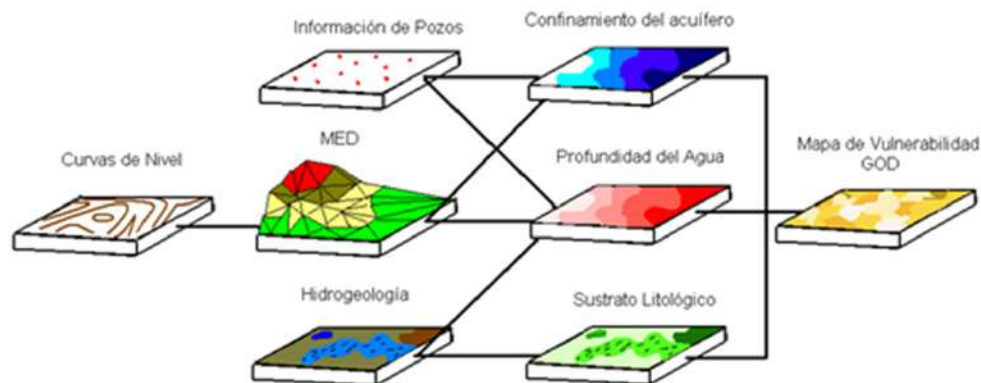


Figura 8. Variables temáticas involucradas en el geoprocesamiento metodológico GOD para el área de la modelación  
Fuente: Adaptado y modificado en ANLA, 2010

Los soportes a nivel de la cartografía de la temática, se incluyen en Anexo 5.2 - 8.1 a Anexo 5.2 - 8.7. Plano L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-PL-0028\_V01 y L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-PL-0034\_V01.

#### 2.5.1.2.6.2. Modelo hidrogeológico numérico - MHN

El desarrollo del modelo hidrogeológico numérico (MHN) se fundamenta sobre la información de campo levantada para la caracterización geológica del sistema, los análisis hidrológicos desarrollados que permiten establecer los procesos de recarga sobre el área del interés particular, la definición de parámetros hidráulicos de las unidades presentes en el área de estudio y el análisis desarrollado de información hidrogeoquímica, aspectos que constituyen parte esencial del desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual (MHC).

La metodología de implementación de la modelación sigue los Términos de Referencia Específicos de este Estudio de Impacto Ambiental y utiliza también, como referencia, los lineamientos definidos por la AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES en los TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y/O TÚNELES, en donde se especifican los componentes mínimos asociados al desarrollo de las modelaciones hidrológicas conceptuales y numéricas; precisando que estas deben permitir la identificación de los cambios que se ocasionarán eventualmente por el desarrollo del proyecto en los niveles freáticos (abatimientos) de las unidades hidrogeológicas identificadas, al igual que los cambios potenciales en la dinámica de intercambio entre los cuerpos de agua superficial y las unidades geológicas presentes en el área de influencia del proyecto.

#### 2.5.1.2.7. Usos y usuarios del agua

Para la caracterización de usos y usuarios se realiza la recopilación de información primaria y secundaria: se tienen en cuenta los usos definidos por el POMCA de la cuenca del río Bogotá (2017), las metas y objetivos de calidad definidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) en el acuerdo número 43 del 2006, los usuarios legalmente constituidos de acuerdo con las bases de datos de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y recorridos en campo para la recolección de información primaria.

Se realiza un análisis de los posibles conflictos actuales sobre la disponibilidad y usos del agua, teniendo en cuenta el análisis de frecuencias de caudales mínimos para diferentes períodos de retorno, haciendo especial énfasis en los

periodos de estío, así como los índices de uso del agua, regulación y vulnerabilidad hídrica.

#### 2.5.1.2.8. Geotecnia

- Zonificación Geotécnica

Se definieron cuatro zonas homogéneas a lo largo del trazado de la Línea 2 del Metro de Bogotá con base en la interpretación geológica de las perforaciones donde se logran identificar tres tipos de depósitos: Qcc (depósito de pendiente), Qta (terrazza alta) y Qlla (llanura de inundación). La distribución espacial de estos depósitos permite la identificación de al menos cuatro zonas homogéneas, siendo el depósito Qta el de mayor extensión a lo largo de la línea del metro.

Como complemento a la identificación geológica se realizó un análisis de la información obtenida con los ensayos de laboratorio para las fases 1 y 2, donde se pudo establecer un cambio en el depósito Qta que coincide con el contacto entre las zonas 3 y 4 que se presentan en el mapa de microzonificación sísmica de Bogotá (INGEOMINAS, UNIANDES, 1997). El cambio de las propiedades del suelo es evidente principalmente en el contenido de humedad de la arcilla (Qta-arc1).

Por cada zona homogénea se realizó la asignación del suelo considerando su clasificación entre suelo granular y suelo cohesivo, esto con la intención de identificar diferentes comportamientos del suelo asociados a su gradación. Para la asignación de los suelos se realizó una descripción geológica de las perforaciones y se contrastó con los resultados de laboratorio. Para la asignación del tipo de suelo también se consideró como relevante el contenido de materia orgánica.

Esta zonificación y su caracterización está orientada principalmente a evaluar las condiciones geotécnicas a lo largo del trazado del túnel, los cuales más adelante y de forma particular se precisan por cada una de las obras diseñadas.

Se relacionan a continuación las guías, estándares y normas de diseño para el componente geotécnico:

- Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Año 2010, Decreto N° 926 de 2010. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes.
- Normas Técnicas Colombianas – NTC
- NFPA 130 \_Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems
- Standard Specifications for Tunneling- 2016: Shield Tunnels
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14
- Deep excavation and tunnelling in soft ground. G. Report. Int. Symp. on S.M. and F.E. Mexico. State of the Art Voluma: 225-258
- Mechanized Shield Tunnelling.2012. Maid. B., Herrenknecht, M., Maudl, U., Wehrmeyer, G.
- Recommendations and guidelines for tunnel boring machines (TBMs). Working group n° 14 - Mechanized tunneling – International Tunnelling Association (ITA).
- Guidelines for the Design of Segmental Tunnel Linings. ITA Working Group 2- Research.
- Settlements induced by tunneling in soft ground. ITA/AITES Report 2006.
- Building response to excavation-induced settlement. By Marco D. Boscardin and Edward J. Cording. Members, ASCE.
- Hejazi, Yousef & Dias, Daniel & Kastner, Richard. (2008). Impact of constitutive models on the numerical analysis of underground constructions. Acta Geotechnica. 3. 251-258. 10.1007/s11440-008-0056-1.
- Boscardin, M.N & Cording,J. 1989. Building Response to Excavation - Induced Settlement.Journal of Geotechnical Engineering. Vol 115. No. 1.

- Cording, E. a. (s.f.). Displacements Around Soft Ground Tunnels. 5th Pan American Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering (pág. 571). Buenos Aires:
- Jones, Benoît. 2022. Soft Ground Tunnel Design. CRC Press.

#### 2.5.1.2.9. *Atmósfera*

##### 2.5.1.2.9.1. Meteorología

Para la caracterización meteorológica el análisis de las variables climáticas se realizó acorde con los términos de referencia para proyectos férreos, la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales desarrollados por la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales) y el documento ET05 – Estudio de impacto ambiental y social (EIAS). Las temáticas abordadas se presentan a continuación:

- Análisis de la calidad de los datos hidroclimáticos que incluya pruebas estadísticas paramétricas y/o no paramétricas sobre homogeneidad y consistencia.
- Localización del proyecto en aspectos relacionados con la identificación de zonas y subzonas hidrográficas.
- Caracterización temporal de variables como brillo solar, radiación solar, humedad relativa, presión atmosférica, nubosidad, velocidad y dirección del viento.
- Clasificación climática de la zona de estudio

Se realizó el análisis temporal de las variables climáticas referidas a la precipitación media anual y mensual, temperatura media, máxima y mínima mensual y anual y otras estimadas a partir de estas variables como la evapotranspiración potencial y real anual y mensual, adicionalmente, si realizó la caracterización de brillo solar, radiación solar, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y nubosidad. Para ello inicialmente se realizaron análisis estadísticos a la información como son: pruebas de consistencia, homogeneidad, llenado de datos, extensión y actualidad y estadística básica.

Teniendo identificada la información disponible para cada estación, se definió un periodo común para cada parámetro climático (ver Tabla 27), en función de la disponibilidad de datos de cada estación. Posterior a esto se realizó la caracterización temporal de las variables indicadas.

Tabla 27. Periodo común de los parámetros climáticos a analizar

Parámetro	Periodo común
Brillo Solar	1987-2021
Evaporación	1991 - 2019
Humedad Relativa	2010-2021
Precipitación Total	1987 - 2021
Precipitación número de días	1980 - 2019
Nubosidad	1998-2016
Temperatura media	1998-2019
Temperatura máxima	1998-2019

Temperatura mínima	1998-2019
Velocidad del viento	2010 - 2021
Radiación solar	2010 - 2021

Fuente: UT MOVIUS 2022

La clasificación climática de la zona de estudio se determinó a partir de la información disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), que cuenta con la clasificación climática Caldas-Lang para el territorio colombiano. Para establecer la clasificación climática de la zona de estudio, se utilizó la clasificación de Caldas-Lang, la cual determina 25 tipos de clima en función de la temperatura y pisos térmicos y del cociente entre la precipitación y la temperatura. Del análisis de esta información se pudo determinar que el trazado proyectado para la L2MB pasa por una sola zona climática cuya clasificación se establece como clima frío semihúmedo

#### 2.5.1.2.9.2. Calidad del aire

Para conocer el estado de la calidad del aire del territorio en donde se desarrollará el proyecto, se consultó información secundaria oficial actualizada (generada durante los últimos dos años) de las redes de monitoreo localizadas dentro o cerca al área de influencia del proyecto. También se tendrán en cuenta 24 estaciones de monitoreo, para cada estación se analizaron en promedio 24 muestras efectivas por cada parámetro evaluado en el área de influencia del proyecto para conocer las concentraciones de los contaminantes criterio de manera puntual.



Durante las mediciones que se realizaron entre el 04 de mayo y 06 de Julio 2022 se analizaron los siguientes contaminantes:

- Material Particulado como  $PM_{10}$
- Material Particulado como  $PM_{2.5}$
- Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ )
- Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )
- Monóxido de Carbono (CO)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

El monitoreo se realizó con los siguientes parámetros bajo la siguiente metodología:

- $PM_{10}$

Para el monitoreo de las partículas y la calibración de los equipos de muestreo de alto volumen se siguieron las recomendaciones de las normas de la U.S. EPA contenidas en "Toma de muestras para la Determinación de Material Particulado como  $PM_{10}$  en la Atmósfera. Método EPA e-CFR Título 40. Parte 50. Apéndice J:  $PM_{10}$ ." y "Norma Técnica Colombiana NTC 3704 del ICONTEC".

- $PM_{2.5}$

El método de toma de muestras utilizado fue: Toma de muestra y análisis de laboratorio para la determinación material Particulado como  $PM_{2.5}$ : EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice L:  $PM_{2.5}$  Método de referencia manual RFPS-0498-116.

- CO

Para el monóxido de carbono (CO), se realizó una determinación directa en el aire de los niveles de gases mediante el método equivalente a EPA e-CFR- Título 40, Parte 50, Apéndice C: Fotometría Infrarroja no Dispersiva. Al ser una determinación directa, la tecnología es automática.

- NO<sub>2</sub>

Para NO<sub>2</sub>, se realizó una determinación directa en el aire de los niveles de gases mediante el método equivalente a EPA e-CFR- Título 40, Parte 50, Apéndice F: Método de Quimioluminiscencia de fase gaseosa. Al ser una determinación directa, la tecnología es automática.

- SO<sub>2</sub>

Para SO<sub>2</sub>, se realizó una determinación directa en el aire de los niveles de gases mediante el método equivalente a EPA e-CFR- Título 40, Parte 50, Apéndice A-1: Método de fluorescencia ultravioleta. Al ser una determinación directa, la tecnología es automática.

- Partículas suspendidas totales (PST)

El parámetro de Partículas suspendidas totales (PST) no se monitorea dado que de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017 ya no se considera un criterio contaminante.

De igual manera, se realizaron mediciones de variables meteorológicas tales como dirección y velocidad del viento, presión barométrica, temperatura, precipitación, humedad relativa durante el periodo anteriormente mencionado.

Para conocer el estado actual de la calidad del aire en el área de influencia del proyecto se instaló una red de monitoreo de calidad de aire tipo indicativo, durante un periodo de 24 días por receptor entre el 04 de mayo y el 06 de julio de 2022, asociado a época seca.

Una vez realizado el monitoreo, se realizaron simulaciones computacionales por medio de un modelo de dispersión de contaminantes en la atmósfera bajo diferentes escenarios:

- Primer escenario: Línea base sin proyecto
- Segundo escenario: Etapa de Construcción
- Tercer escenario: Proyecto en operación. (Este escenario no se simuló por cuanto el proyecto en su etapa de operación no genera emisiones atmosféricas)
- 

Se realizaron simulaciones computacionales para determinar la dispersión de los contaminantes atmosféricos en el área de influencia del trazado del proyecto usando el software AERMOD View, el cual presenta las herramientas y la funcionalidad requerida para modelar la calidad del aire de la L2MB siguiendo los estándares de la U.S EPA, la definición del modelo partió del análisis realizado ...en el capítulo 5, Línea Base, numeral 5.2.3.3.4.1, elección del software para el modelo de dispersión, limitaciones y grados de incertidumbre del modelo...

El modelo que más se ajusta a las necesidades y características del proyecto de Estructuración de la L2MB es el AERMOD View, dado que se considera un software integral, el cual simula la dispersión de los contaminantes en el aire y su deposición en campos cercanos menores a 50 km de la fuente; realiza sus cálculos tomando en cuenta las características del terreno y la presencia de obstáculos (edificios) cercanos a la fuente de emisión que afecten la dispersión de la pluma; usa datos del clima de la capa superior atmosférica, acepta información del terreno en siete

diferentes formatos, visualiza en tercera dimensión la información de entrada y los resultados, tiene facilidades para modelar varios parámetros simultáneamente en periodos establecidos, así mismo incorpora técnicas avanzadas de parametrización de la capa límite planetaria, dispersión convectiva, formulación de la elevación de la pluma e interacciones complejas con el terreno. Además, es el modelo más usado por la EPA de Estados Unidos y referenciado en los términos de referencia para la elaboración de EIAS por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

El proceso metodológico para el desarrollo del modelo consistió en los siguientes pasos:

- Definición de escenarios
- Identificación de las fuentes de emisión
- Cálculo de los factores de emisión a partir de las ecuaciones del Documento AP 42 de la EPA
- Cálculo de las emisiones generadas por cada tipo de fuente de acuerdo con la actividad a desarrollar
- Procesamiento de datos meteorológicos y del terreno
- Ingreso de datos al modelo
- Corrida (Modelación)
- Análisis de resultados y conclusiones

#### 2.5.1.2.10. Paisaje

Para la caracterización del componente de paisaje se partió del área de influencia final de paisaje (AIPa) delimitada que sería impactada en cuanto al aspecto visual del paisaje. Para esta AIPa se realizó una descripción de los elementos que componen el paisaje en general en cuanto a las líneas física, biótica y de actuaciones humanas. Posteriormente, se realizó la modelación de los tres grandes factores evaluados en el paisaje: la calidad visual, la fragilidad visual y la belleza paisajística; a partir del mapa de cobertura de la AIPa, los drenajes, el modelo de elevación digital y la percepción de zonas atractivas comunicada por la comunidad. Por otro lado, se realizó un análisis de las respuestas a las encuestas de paisaje realizadas a las personas de los barrios que se verán impactados por el proyecto, sobre aspectos como preferencias visuales en el paisaje y de la presencia de las estaciones del metro en su barrio. Finalmente se realizó una descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona, teniendo en cuenta el papel de la vegetación urbana frente al paisaje en el AIPa. El detalle de la metodología se encuentra en ... 5.2.1.3.2. Aspectos metodológicos de la caracterización del paisaje...

#### 2.5.1.2.10.1. Calidad del ruido

Este apartado establece la metodología para determinar los niveles de presión sonora en el área de influencia del proyecto, para establecer la línea base del componente atmosférico. Se establece de conformidad con los parámetros y procedimientos por la normatividad vigente, Resolución 627 de 2006 “por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido ambiental” Es también de aplicación la Resolución 8321 de 1983 por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos; Decreto 948 de 1995, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire y el Decreto 2107 de 1995 por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948.

Teniendo en cuenta que la Resolución 627 de 2006 no hace alusión a temas de ruido ferroviario, el parágrafo 2 del artículo noveno establece:

*“... Parágrafo Segundo: Las vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales, en general las vías, son objeto de medición de ruido ambiental, más no de emisión de ruido por fuentes móviles.”*

En concordancia con lo anterior, los impactos que puedan generar la construcción y operación de la L2MB, se deben asociar con los niveles de ruido ambiental. Definiendo los parámetros, las actividades previas al monitoreo se describen a continuación:

Se determina el procedimiento para la escogencia de la ubicación de los puntos y de los tiempos de medición para ruido ambiental. Para ello, se define claramente los objetivos del proyecto donde se realiza un estudio y evaluación rápida de la zona de estudio. Se establece una grilla o retícula sobre estas zonas o sectores del proyecto, para este caso se definen 30 Puntos de monitoreo a lo largo del trazado de la L2MB.

Con base a esto, se revisó la red de Calidad del aire de la Secretaría Distrital de Ambiente y el IDEAM y la ubicación de las estaciones del Metro e interconexión con Transmilenio.



Se realizaron monitoreos de ruido ambiental por el laboratorio Ambienq Ingenieros S.A.S, acreditado ante el IDEAM, en 30 puntos en horarios diurnos y nocturnos en un día ordinario y un día dominical por punto. Además se analizaron las variables de dirección y velocidad del viento, precipitación, temperatura y presión barométrica durante las mediciones de ruido ambiental, estos monitoreos se realizaron de la siguiente manera desde el 17 hasta el 26 de abril 2022 y los días 1 y 8 de mayo de 2022.

Teniendo en cuenta los niveles permisibles de ruido en cada una de las zonas, se traslapo la categorización de las zonas y sus niveles con el fin de identificar las áreas más sensibles (áreas habitadas) durante el proyecto.

Una vez realizado el monitoreo, se presentó un plano con las curvas de igual presión sonora (isófonas) con base a la cartografía disponible. Finalizado el monitoreo, se realizó un modelo de ruido bajo diferentes escenarios:

- Primer escenario: Línea base sin proyecto
- Segundo escenario: Etapa de Construcción
- Tercer escenario: Proyecto en operación

El proceso metodológico para el desarrollo del modelo consistió en los siguientes pasos:

- Definición de escenarios
- Identificación de las fuentes de emisión
- Estimación de las emisiones del proyecto a partir de estándares internacionales definidos
- Procesamiento de datos meteorológicos y del terreno
- Ingreso de datos al modelo
- Corrida (Modelación)

#### 2.5.1.2.11. Vibraciones

Para la temática de vibraciones se adelantaron dos actividades principales que corresponden (1) a la caracterización actual de los niveles de vibración a lo largo del corredor o Línea Base y (2) estimación de los niveles de vibración para la condición en construcción y con proyecto.

Con el fin de establecer la línea base se desarrollaron mediciones en quince puntos a lo largo del corredor del proyecto utilizando acelerómetros de alta sensibilidad. Estas mediciones permitieron definir los niveles de vibraciones sin proyecto y permitió establecer un modelo de atenuación de vibraciones en la zona de estudio. Con base a las especificaciones



técnicas de ingeniería, se definieron los niveles de vibración generados por el tránsito del metro y con base en estos se evaluó el impacto que pudiese tener el proyecto en términos de vibraciones.

Dado que en Colombia no existen normas para el control de vibraciones, tradicionalmente se han utilizado normas o recomendaciones europeas (en particular DIN 4150) y de Estados Unidos (USBM R18507) con el fin de limitar y proponer medidas de mitigación en proyectos que incluyan equipos que inducen altos niveles de vibración y vehículos pesados. La definición de umbrales de vibración requiere tener claridad que las vibraciones generan efectos tanto en personas, como en estructuras y maquinaria que se encuentre en la zona cercana a la fuente de emisión de vibraciones. La definición de umbrales de vibración en términos de velocidad de partícula asociados con daño a estructuras se desarrolló de acuerdo a los lineamientos definidos en la norma DIN 4150. Para la condición con proyecto adicionalmente se analizarán los efectos asociados con sensibilidad humana para lo cual se utilizarán las recomendaciones de FTA (2018), los lineamientos presentados en la DIN 4150 y otras normas asociadas con control de vibraciones asociadas con percepción humana, en particular la norma BS 5228-2:2009.

La caracterización de los niveles de vibración para la condición con proyecto se desarrolló siguiendo la metodología propuesta por la FTA (2018) y las particularidades y especificaciones del material rodante y la conexión Material Rodante - Riel - Estructura que se definan en el diseño. Para la determinación de los impactos para la condición con proyecto se desarrolló una comparación entre los niveles de vibración estimados y los umbrales de comportamiento previamente establecidos.

Se presentó un Modelo de predicción de vibraciones, aplicable al proyecto de acuerdo a la información recopilada, para representar la línea base (información levantada antes de cualquier actividad o intervención de obra del Proyecto), la Construcción y la Operación y Mantenimiento del proyecto. Estos resultados del modelo, son la base para la definición de las medidas para la prevención, control, mitigación, corrección de las vibraciones y ruidos estructurales, teniendo en cuenta lo establecido en los ET-05 (FDN-2021).

#### 2.5.1.3. Medio Biótico

Para la elaboración de los temas bióticos del Estudio de Impacto Ambiental y Social y con el fin de obtener información primaria a partir de los muestreos en campo de los componentes de flora, fauna e hidrobiota se notifica a la autoridad ambiental el inicio de las actividades de campo de acuerdo con lo establecido en el Decreto 3016 del 27 de diciembre de 2013 "Por el cual se reglamenta el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales", y compilado en el Decreto 1076 de 2015 bajo el Artículo 2.2.2.8.1.2 Ámbito de aplicación y el Artículo 2.2.2.9.2.1 Actividades de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica.

Durante el desarrollo de la caracterización de las áreas ambientalmente sensibles y de aquellas que conforman la Estructura Ecológica Principal - EEP, se identificaron las entidades encargadas de su administración y reglamentación, así como de aquellas Autoridades Ambientales que tienen injerencia en las zonas donde se proyecta el establecimiento del proyecto.

Se tuvieron en cuenta los Planes de Manejo Ambiental de los ecosistemas de importancia que se encuentren en el área de influencia del proyecto, como lo son el humedal Juan Amarillo y el humedal La Conejera, considerando de igual forma, lo establecido en la zonificación ambiental y las restricciones de uso de estos ecosistemas. Al ser estos humedales sitios Ramsar se tuvieron en cuenta las directrices dadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS mediante el Decreto 1468 del 6 de agosto de 2018, por la convención de Ramsar, así como los lineamientos que el Distrito capital emite para el manejo de estos ecosistemas.



Durante la etapa de construcción, las actividades del Proyecto que inciden con mayor relevancia sobre el componente de vegetación y flora en veda se relacionan con la tala, poda, bloqueo y traslado de los individuos arbóreos; y con el descapote y remoción de las coberturas vegetales, principalmente en donde se realizan las obras en superficie y en el área del patio taller. Por lo anterior, los muestreos de la flora en veda y el inventario forestal al 100% se realizaron en el Área de Influencia Directa - AID con el fin de obtener la información básica requerida para obtener respectivamente el permiso de levantamiento de veda y el permiso de aprovechamiento forestal.

De igual forma, se realizaron muestreos en campo para la caracterización de la vegetación y de la flora en veda tanto en el Área de Influencia Directa - AID como en el Área de Influencia Indirecta - AI.

Para la caracterización de la flora del área de influencia del proyecto, se establecieron los sitios de muestreo, de tal forma que sean representativos para las coberturas vegetales identificadas en la fotointerpretación, adicionalmente se hizo una revisión de la información secundaria, los diseños de muestreo y de representatividad de la vegetación y el establecimiento de los sitios de muestreo.

Para el inventario forestal al 100% y previa la identificación de los individuos arbóreos presentes en las obras superficiales proyectadas, a partir de las ortofotos, se identificaron aquellos que se encontraban en predios privados, se realizó la gestión de ingreso y se obtuvo los permisos de los propietarios o residentes de los inmuebles en donde se adelantó el censo forestal.

Previo a los muestreos de fauna en campo se realizó una revisión de las coberturas vegetales identificadas con la metodología Corine land cover para establecer los posibles puntos de muestreo teniendo en cuenta la representatividad de los diferentes hábitats que podrían estar siendo usados por la fauna (esto asociados a las coberturas vegetales con oferta de recursos para la fauna silvestre). En adición, se realizó una revisión de información secundaria donde se identificaron las especies de posible presencia en el área de influencia del proyecto.

Las actividades de campo para la caracterización de fauna comprendieron dos tipos de muestreo, el primero comprendió la realización de transectos de observación de avifauna y el inventario de nidos; y el segundo, a la búsqueda de registros de mamíferos y herpetos (anfibios y reptiles). Los sitios de monitoreo fueron establecidos en el AID y el AI donde se registraron las mejores condiciones de hábitat, de acuerdo con las coberturas naturales o seminaturales identificadas en el plano de coberturas.

Para la caracterización del componente de hidrobiología, se seleccionaron en primer lugar los sitios de muestreo que fueron los mismos puntos determinados para la toma de muestras de calidad fisicoquímica del agua, y en segundo lugar, se identificaron los aspectos a considerar como lo fue la gestión ante la SDA para coordinar el ingreso a los humedales, con el fin de disminuir los contratiempos en las actividades programadas de campo.

La composición y la estructura de la hidrobiota en los ecosistemas acuáticos del área de influencia, se realizó a partir de los resultados obtenidos a nivel del laboratorio de las comunidades hidrobiológicas de perifiton, macroinvertebrados asociados al bentos, fitoplancton, zooplancton y la fauna íctica en los sistemas lóticos y lénticos considerados. El análisis de estas comunidades permitió determinar las condiciones de los cuerpos de agua, entre estos el de los humedales Juan Amarillo o Tibabuyes y La Conejera. Adicionalmente, se consultaron algunas fuentes de información secundaria para establecer las condiciones actuales de la hidrobiota presentes en los cuerpos de agua.



Las actividades de campo en donde se realizaron muestreos y la toma de información primaria para el desarrollo de la caracterización biótica, comprendieron diferentes periodos de tiempo asociados con las fechas de autorización de ingreso por parte de la SDA, para el caso de los humedales Juan Amarillo y La Conejera; por parte del IDRD para el caso del ingreso del predio norte del patio taller; y con respecto a los predios privados para la realización del censo forestal y los muestreos de flora en veda, cuando se acordó con el propietario o residente el ingreso a los respectivos predios.

Es así como, los muestreos para la caracterización de la vegetación con base en el establecimiento de parcelas se llevaron a cabo entre el 22 y el 25 de marzo, entre el 8 y el 14 de mayo, y el 14 de julio de 2022. En relación con los muestreos de flora en veda se realizaron entre el 22 y el 25 de marzo, el 6 y el 7 de abril; entre el 8 y el 14 de junio; y el 14 de julio de 2022. Los muestreos y la caracterización de la vegetación fueron realizados por biólogos con experiencia en vegetación a nivel de árboles, arbustos y herbáceas; y de flora en veda vascular y no vascular.

El inventario forestal al 100% se adelantó entre los meses de mayo y agosto del año 2022, por parte de ingenieros forestales con experiencia en censo arbóreo urbano.

Con respecto a la fauna, los muestreos y observaciones se realizaron entre el 14 y el 24 de marzo, entre el 8 y el 10 de junio; y el 14 de julio de 2022. Los registros de la fauna en campo y el desarrollo de la caracterización fue realizada por biólogos especialistas en los grupos de aves, anfibios, reptiles y mamíferos.

En relación con los muestreos hidrobiológicos se realizaron en dos épocas climáticas. El monitoreo en época seca se llevó a cabo los días 21, 24, 28, 29 y 30 de junio de 2022 y el monitoreo en época de lluvias se llevó a cabo los días 18, 19, 24, 25, 30 de mayo de 2022 y 01 de junio de 2022 por el personal de Ambientiq Ingenieros S.A.S.

#### 2.5.1.4. Medio Socioeconómico

La metodología del medio socioeconómico parte de la innovación en el análisis de la información, desde la fase de recolección. En este sentido, consideró técnicas e instrumentos que facilitan la participación, las estrategias de control grupal de la información desde la concertación y la actualización de la información geo-territorial partiendo de las bases cartográficas existentes y reconociendo las dinámicas de las realidades sociales. Las actividades de caracterización se realizaron en el marco de los encuentros con los comités de participación realizados entre el 22 de febrero y el 13 de mayo que corresponden al primer, segundo y tercer encuentro con los comités de participación.



El marco normativo nacional para la participación se sustenta en la Constitución Política de Colombia y su correspondiente estructura jurídica de leyes, decretos, resoluciones, términos de referencia, metodologías y guías así como los principios internacionales acogidos por el País y los estándares internacionales consultados.

La Constitución Política de Colombia de 1991 establece y determina relaciones entre cultura, medio ambiente y desarrollo entre otros aspectos, dando a su vez importancia a la participación de la sociedad en la conservación del medio ambiente y en el establecimiento de las relaciones entre sociedad, medio ambiente y desarrollo. Por lo cual se relacionan las siguientes disposiciones:

- Artículos 1 y 2: Se reconoce el Estado colombiano como un Estado Social de Derecho, lo que implica su orientación a respetar y garantizar los derechos colectivos y del ambiente (consagrados en los Artículos 78, 79, 80, 81, 82), así como la participación democrática en la función pública.
- El principio de la democracia participativa, señalado en el Artículo segundo de la Constitución Política de 1991, de tal forma que se garantice la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la norma constitucional.
- La participación ciudadana en las decisiones que puedan afectar a la comunidad en relación con temas ambientales, señalada en los Artículos 78, 79 y 80 de la Constitución Política.
- Por su parte, el Artículo 79 estipula que las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. En el Artículo 90 se determina la responsabilidad del Estado por los daños antijurídicos que le sean imputables y en el Artículo 287 se hace referencia a la autonomía para la gestión pública de las entidades territoriales.

- Los mecanismos de participación reconocidos constitucionalmente, tales como el derecho de petición (Art. 23), la acción de tutela (Art. 86), la acción de cumplimiento (Art. 87), las acciones populares y de grupo (Art. 88).

La Constitución Nacional de 1991, el Congreso de la República y el Gobierno Nacional han expedido una serie de normas orientadas a dar cumplimiento a los compromisos sociales, culturales, económicos y ambientales adquiridos por la Nación. Con relación a los mecanismos o herramientas de participación ciudadana en los aspectos ambientales, las principales disposiciones se relacionan a continuación:

- Ley 134 de 1994: “Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana”, iniciativa popular legislativa y normativa, el referendo, la consulta popular del orden nacional, departamental, distrital, municipal y local, la revocatoria del mandato, el plebiscito y el cabildo abierto. En su Artículo 100 se señala la posibilidad de las organizaciones civiles de constituirse como veedurías ciudadanas para ejercer control sobre la gestión pública.
- Ley 850 de 2003: “Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas”.
- El Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible), entró en vigencia desde el 26 de mayo de 2015 y su propósito es compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector ambiental, entre los que se encuentra, el Decreto 2120 de 2014 que derogó a su vez al Decreto 2820 de 2010 del MAVDT “Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales”. En su Artículo 15, referido a la participación de las comunidades, señala que “se deberá informar a las comunidades el alcance del proyecto, con énfasis en los impactos y las medidas de manejo propuestas y valorar e incorporar en el Estudio de Impacto Ambiental, cuando se consideren pertinentes, los aportes recibidos durante este proceso”.
- Ley 1757 de 2015 en la cual se dictan disposiciones en Materia de Promoción y Protección del Derecho a la Participación Democrática que buscan promover, proteger y garantizar modalidades del derecho a participar en la vida política, administrativa, económica, social y cultural; y asimismo a controlar el poder político. A su vez, la ley regula la iniciativa popular y normativa ante las corporaciones públicas, el referendo, la consulta popular, la revocatoria del mandato, el plebiscito y el cabildo abierto; y establece las normas fundamentales por las que se regirá la participación democrática de las organizaciones sociales. Esta Ley propone tres grandes aspectos: 1) los mecanismos de participación ciudadana. 2) la rendición pública de cuentas y el control social a lo público y 3) la coordinación para la participación ciudadana.

Se destaca lo señalado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en la Guía de Participación Ciudadana en la que señala que debe asegurarse la inclusión de los diferentes actores (sociales, económicos e institucionales) presentes en el área de influencia o área de estudio del proyecto, de forma dinámica y participativa, para lo cual es necesario identificarlos teniendo en cuenta el tipo de proyecto y el entorno en donde se pretende desarrollar, considerando los siguientes aspectos:

- 1) las características socioeconómicas y organizativas de la población
- 2) las características económicas, actividades productivas y organizaciones existentes en torno a estas
- 3) el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de la población, y
- 4) la organización político-administrativa.

De acuerdo con lo expuesto, la participación activa de los diferentes actores sociales es obligatoria y fundamental desde el proceso de caracterización o inventario como lo denominan los Términos de Condiciones Contractuales, es necesario conocer de voz de los diferentes actores sociales las dinámicas, condiciones, usos, prácticas y demás aspectos que permitan junto con ellos identificar los impactos y riesgos, así como las medidas para su manejo. Por lo tanto esta primera instancia de caracterización no es posible adelantarla con información secundaria.

#### *2.5.1.4.1. Inventario social del comercio formal del Área de Influencia Directa*

De acuerdo con lo establecido en las Especificaciones Técnicas ET05 se realizó el levantamiento de información de caracterización de las actividades económicas del corredor en el AID. La caracterización del comercio formal permitió conocer las dinámicas locales, las características y condiciones de funcionamiento del comercio sobre el corredor para así poder establecer el impacto que se generará con ocasión de las obras y operación del proyecto. Para esto, se adelantó mediante un Método de Muestreo Probabilístico Estratificado la caracterización con la aplicación de una muestra y complementar los análisis con la información específica proveniente de las entidades distritales como la Secretaría de Desarrollo Económico.

##### 2.5.1.4.1.1. Instrumentos metodológicos

El muestreo se adelantó en el software de libre acceso KoboToolbox a través de la herramienta específica KoboCollect, para facilitar la toma de información en campo a través de dispositivos móviles. Después de verificar la funcionalidad del instrumento en KoboCollect se procedió a la aplicación del censo por el equipo de profesionales a los establecimientos determinados en el muestreo que fueron seleccionados al azar a lo largo del corredor. El muestreo tuvo una confianza del 90%. Posterior a la aplicación del censo, se exportaron los datos del KoboToolbox en formato Excel y se normalizaron para su posterior procesamiento y análisis.

##### 2.5.1.4.1.2. Desarrollo operativo de la estrategia

Se realizó la aplicación de la encuesta mediante la visita a los establecimientos comerciales ubicados el corredor, los profesionales estuvieron debidamente identificados y se estimó un rendimiento de 4 entrevistas diarias por profesional.

##### 2.5.1.4.1.3. Recurso humano

Para el muestreo se requirió de un equipo de ocho (8) profesionales y un profesional especializado que lideró la actividad.

##### 2.5.1.4.1.4. Recursos físicos

- Chalecos
- Carné
- Tablets

- Vehículos para el desplazamiento

#### *2.5.1.4.2. Inventario social de las organizaciones sociales, mediante fichas territoriales AID*

De acuerdo con lo establecido en las ET05 – Estudio de impacto ambiental y social (EIAS), se adelantó una caracterización donde se incluyó:

- Tipo de influencia sobre el territorio, posición, interés e influencia (alta-media-baja). Esta información fue analizada de cara a la entrega de un mapa de actores y entregada en una cartografía que solapó el trazado junto con la ubicación del actor, para generar así un documento de recomendaciones de manejo con estos actores para la fase de construcción del proyecto y permitir la identificación de posibles alianzas estratégicas que se puedan dar para garantizar la vinculación de estos en el desarrollo, construcción y mantenimiento del proyecto.
- Número de interesados.

Específicamente para la dimensión Política-Organizativa se realizó una caracterización enfocada en los siguientes aspectos:

- Instituciones públicas existentes en el AID.
- Organizaciones privadas (gremios, entre otros), sociales y comunitarias tales como asociaciones, corporaciones, JAC, JAL, cooperativas, veedurías ciudadanas, ONG, entre otros presentes o que han tenido incidencia relevante en el AID de los componentes del medio socioeconómico, precisando:
  - Tiempo de permanencia en la zona.
  - Temas de interés o trabajo.
  - Programas o proyectos ejecutados o en ejecución.
  - Población beneficiaria.
- Instancias y mecanismos de participación de la población, así como las instituciones y organizaciones del AID de los componentes del medio socioeconómico.
- Proyectos estructurales de intervención social desarrollados en el AID.

Teniendo en cuenta la relevancia de las organizaciones sociales en los territorios y el conocimiento de los diversos aspectos y dinámicas económicas, culturales, de servicios públicos y sociales, la captura de información indagó sobre los mismos a fin de contar con un panorama general de las comunidades ubicadas a lo largo del trazado desde diferentes miradas.

En respuesta a lo anterior se adelantó el levantamiento de la información mediante la aplicación de una Ficha Territorial o Barrial estructurada conforme lo requerido en las Especificaciones Técnicas ET05, para la caracterización de cada una de las dimensiones del componente socioeconómico de la Línea 2 del Metro de Bogotá; esta ficha estuvo estructurada en tres ejes temáticos: (i) dimensión espacial y de paisaje (enfocado desde la belleza escénica), (ii) dimensión histórico-político-cultural, (iii) dimensión económica.

#### *2.5.1.4.2.1. Instrumentos metodológicos*

Formato o ficha de caracterización de las organizaciones sociales, las cuales se aplicaron mediante Google Forms y en mesas de trabajo delimitadas por localidades.

#### 2.5.1.4.2.2. Recurso humano

Para la aplicación de las Fichas Territoriales o Barriales se tuvo un (1) profesional especializado que lideró la actividad.

#### 2.5.1.4.2.3. Recursos físicos

- Tablets
- Chalecos
- Camé
- Cámaras fotográficas
- Vehículos para el transporte

#### 2.5.1.4.3. Inventario de actores clave de la población del AID, mediante talleres por dimensión (demográfica, espacial, económica, cultural y político-organizativa).

Como se indicó en la introducción del medio socioeconómico la caracterización que describe a la población del área de influencia directa se adelantó de forma participativa mediante la comunicación en doble vía, en un proceso incluyente que procuró la vinculación de los diferentes actores sociales y que reflejó las distintas realidades y diferencias que conforman el corredor de la línea 2 del Metro de Bogotá.

Razón por la cual se usaron técnicas grupales para el levantamiento de información por dimensión, mediante talleres con la población de los barrios del área de influencia. Los métodos para el desarrollo de estos talleres fueron los siguientes:

Observación participante, que permitió la interacción entre el equipo técnico y las comunidades dentro de un proceso dialógico en la construcción de la línea base; este ejercicio se complementó de acuerdo con la información obtenida en las reuniones de socialización.

Plenaria y grupos de discusión, esta técnica permitió la participación de todos los integrantes del territorio con el propósito de debatir asuntos específicos e inherentes a la comunidad que representan, a través de una agenda.

Teniendo en cuenta el número de asistentes, se conformaron grupos de discusión, una técnica cualitativa de carácter colectivo que para este caso, comparte características del grupo focal tales como, la reconstrucción de imágenes, conceptos, lugares comunes, creencias, percepciones, representaciones, sentidos, significados, expectativas, entre otras, a través del discurso de los participantes.

Estos grupos permitieron centrar las discusiones en el abordaje de fondo de las dimensiones del estudio; además se conformaron a partir de las afinidades vivenciales, territoriales o sectoriales, etc.

Los instrumentos que se emplearon fueron los siguientes: Cartografía social, línea de tiempo y calendario económico-cultural y ecomapa.

A continuación se relacionan los requerimientos de información que se tuvieron en cuenta para el área de influencia directa de la Línea 2 del Metro de Bogotá, establecidos en las ET05:

#### Dimensión Demográfica

- Total población y porcentaje.
- Migración.
- Distribución de la población por cada sector establecido para el análisis socioeconómico.
- Composición por edad y sexo.

#### Dimensión Espacial

- Referente histórico.
- Servicios sociales - Infraestructura educativa y de salud (identificación), población en régimen de excepción y población no asegurada, afiliación por empresas prestadoras de salud, equipamientos, establecimientos educativos, distribución de colegios, porcentaje de matrículas por grado.
- Infraestructura recreativa y deportiva (identificación y localización).
- Tipo y déficit de vivienda.
- Movilidad (Identificar el estado de las vías, transporte, ciclovías, bicicarriles, ciclorutas, paraderos de transporte público, puentes.
- Acceso a los servicios sociales.
- Uso de las vías.
- Modos de servicio de transporte (formal / informal) y condiciones de movilidad (viajes en día hábil y tiempo promedio de viaje desagregado por sexo).
- Medios de comunicación: radio, prensa, internet, televisión y emisoras comunitarias.
- Identificación y localización de las actividades económicas.
- Plano de georreferenciación soportado con la documentación sobre estrategias de manejo de impacto de las acciones urbanísticas, desde los principios del Sistema Integral Social (SIS), de los lugares que potencialmente puedan constituirse en remanentes del Proyecto.

#### Dimensión Cultural

- Patrimonio cultural inmaterial: prácticas sociales y tradiciones estéticas.
- Bienes muebles e inmuebles declarados de interés cultural que se encuentren dentro del AID, indicando el acto administrativo mediante el cual fueron declarados, así como sus respectivos Planes Especiales de Manejo y Protección en caso de que existan. Plano con la georreferenciación y localización a escala 1:5.000 que incluya la delimitación del bien identificado.
- Sitios de importancia cultural. Plano con la georreferenciación y localización a escala 1:5.000.
- Espacios de tránsito y desplazamiento.
- Áreas de uso cultural para la recreación y el esparcimiento, otros de importancia cultural.
- Recomendaciones normativas para manejo de Bienes muebles e inmuebles declarados de interés cultural.
- Diagnóstico de la cultura ciudadana.
- Presencia de comunidades étnicas, para esto, el Contratista solicitará al Ministerio del Interior la certificación de presencia de comunidades étnicas.

#### Dimensión Político-organizativa

- Comités zonales creados para el seguimiento y control social del Proyecto de la Línea 2.
- Las instituciones públicas existentes en el AID.
- Las organizaciones privadas (gremios, entre otros), sociales y comunitarias tales como asociaciones, corporaciones, JAC, JAL, cooperativas, veedurías ciudadanas, ONG, entre otros presentes o que han tenido incidencia relevante en el AID de los componentes del medio socioeconómico, precisando:
  - Tiempo de permanencia en la zona.
  - Temas de interés o trabajo.
  - Programas o proyectos ejecutados o en ejecución.
  - Población beneficiaria.
- Las instancias y mecanismos de participación de la población, así como las instituciones y organizaciones del AID de los componentes del medio socioeconómico.
- Proyectos estructurales de intervención social desarrollados en el AID.

#### Dimensión Económica

- Censo indirecto del comercio formal e informal.
- Procesos productivos y tecnológicos.
- Caracterización del mercado laboral actual.
- Polos de desarrollo que interactúan con el AID.
- Características del mercado laboral actual en cuanto al tipo de mano de obra que se encuentra en el área y la forma de condición laboral (empleo formal, empleo informal, ocupantes del espacio público, desempleo y subempleo).
- Actividades económicas relacionadas con el turismo y/o la recreación, que se desarrollan en el AID, así como los agentes económicos que intervienen en las mismas, insumos, infraestructura, dinámica y demás elementos que las constituyen.
- Programas y proyectos productivos privados, públicos y/o comunitarios existentes, cuyas características sean de importancia para el desarrollo del Proyecto en el AID.
- Infraestructura relacionada con las actividades económicas existentes (centros nucleados de influencia para comercialización). Documento censo y caracterización socioeconómica.
- Directorio y mapa, actualizado de instituciones, equipamientos y actores sociales (Georreferenciados).
- En el siguiente orden Administrativo (Alcaldía Local, JAL., CLOPS, Asojuntas, Estación de Bomberos, Empresas de Servicios Públicos, CAI, CAMIS, ICBF, etc.).
- Comunicacionales alternativos e institucionales administrativos (medios de radio, impresos y digitales).
- Equipamientos colectivos (educativos, culturales, bienestar social, recreación y deporte, salud).
- Comercial (sectores comerciales, centros comerciales, empresas de transportes, etc.).
- Organizaciones sociales y comunitarias (J.A.C., Propiedad horizontal, ONGs, Organizaciones Culturales, Asociaciones de Vecinos, etc).
- Otros que se encuentren e identifiquen durante los estudios.

##### 2.5.1.4.3.1. Instrumentos metodológicos



A continuación se presentan las definiciones, características y cualidades de cada uno de los instrumentos utilizados:

**Cartografía social:** es una herramienta que facilita el reconocimiento geográfico del territorio (hitos o lugares relevantes) por parte de los participantes, a través de la ubicación en plano de las relaciones con el espacio.

Este instrumento se desarrolla a partir de los sentidos y significados que los actores sociales le asignan a su espacio de vida, a los valores y diversas relaciones culturales, económicas, de relaciones políticas, de lo ambiental, de las relaciones sociales y redes sociales, así como los conflictos que se generan en los diferentes barrios que componen el trazado de la Línea 2 del Metro de Bogotá.

Uno de los aspectos que garantizan el rigor y la validez metodológica de este instrumento es precisamente el hecho de que participativamente se produce un conocimiento. El resultado es la descripción e interpretación propia, que responde de manera efectiva y real a los usos y costumbres en torno al territorio, que se legitiman cotidianamente (Ministerio de Cultura, 2009).

**Línea de tiempo:** Este instrumento permite realizar la representación gráfica de períodos cortos, medianos o largos. Identificando los hitos que marcaron aspectos significativos en el desarrollo social de las comunidades. Allí se puede representar la duración de los procesos, hechos y acontecimientos y evidenciar cuáles suceden al mismo tiempo, cuánto tiempo duran, cómo se relacionan y en qué momento se produjeron. Son los hitos que cada comunidad reconoce e identifica como parte de su historia colectiva, de su historia común.

**Calendario ecológico-cultural:** Este instrumento permite identificar las dinámicas culturales, las festividades o celebraciones, respecto a los ciclos ambientales, así como los tiempos y programas y actividades de las organizaciones sociales.

**Ecomapa:** Este instrumento permite identificar las instituciones, actores sociales, grupos de interés presentes en el territorio, así como su jerarquía y relaciones de poder.

#### 2.5.1.4.3.2. Desarrollo operativo de la estrategia

La duración estimada del taller fue de tres horas y se realizó mínimo un taller con cada uno de los comités de participación.

#### 2.5.1.4.3.3. Recurso de personal

Para la actividad se dispuso de un grupo compuesto por tres profesionales y un auxiliar, quienes se encargaron de moderar las actividades en cada subgrupo. Fueron asignados de la siguiente manera:

Profesional 1: cartografía social y dimensión espacial.

Profesional 2: dimensión económica.

Profesional 3: dimensión histórico-político-cultural.

Auxiliar social: apoyo logístico en el levantamiento de registros fotográficos y preguntas.

#### 2.5.1.4.3.4. Recursos físicos

- Tablets
- Chalecos
- Carné
- Cámaras fotográficas
- Impresión tamaño pliego full color de los instrumentos
- Marcadores
- Colores
- Stickers (cartografía social)
- Vehículos para el traslado
- Formatos de soporte de asistencia y reunión

#### 2.5.1.4.4. Inventario de actores clave, mediante entrevistas

Resultado de los talleres de caracterización y del inventario de las organizaciones sociales, se identificaron los habitantes que dada su trayectoria de vida fueron candidatos para adelantar las entrevistas, profundizando en las dinámicas históricas, sociales y económicas que permitieron comprender las realidades actuales, posturas en defensa u oposición al proyecto, así como sus intereses.

Este ejercicio de oralidad permitió hacer análisis desde la territorialidad y resultó una técnica complementaria al taller que cualificó la información de la línea base, ya que profundizó en ejes temáticos relevantes para el estudio desde un enfoque cualitativo e identificó variables pertinentes para el análisis de los impactos.

La selección de los entrevistados se realizó considerando aspectos como:

- Personas mayores, por su conocimiento del territorio.
- Integrantes de familias u organizaciones reconocidas.
- Líderes ambientales.
- Líderes o representantes del sector comercial.
- Representantes de la academia o de una de las instituciones ubicadas sobre el corredor.
- Administradores o representantes de los conjuntos residenciales.

#### 2.5.1.4.4.1. Instrumentos metodológicos

A continuación se presentan las definiciones, características y cualidades de los instrumentos utilizados:

Entrevistas: técnica cualitativa a través de la cual se recopila información de manera verbal a través de la estructuración de un guión de preguntas que orientan el desarrollo del ejercicio dialógico. Particularmente, a través de esta técnica se buscó reconstruir las dinámicas simbólicas y socioculturales del territorio.

Instrumento: Formato de entrevista semi estructurada formulada con base en las variables de información pertinentes para el contexto de cada entrevistado.

#### 2.5.1.4.4.2. Recurso humano

Para las entrevistas se requirió un profesional

#### 2.5.1.4.4.3. Recursos físicos

- Tablet
- Chaleco
- Carné
- Cámara fotográfica
- Vehículo para el traslado

#### 2.5.1.4.5. Inventario social de la población a reasentar - unidades sociales y unidades económicas.

Dando cumplimiento a lo establecido en las Especificaciones Técnicas ET05 y teniendo como referente lo establecido en las Salvaguardas de la Banca Multilateral, específicamente lo relacionado en el Marco Ambiental y Social del Banco Mundial en el Estándar Ambiental y Social No. 5 Adquisición de Tierras, Restricciones sobre el Uso de la Tierra y Reasentamiento Involuntario, se adelantó un censo que permitió caracterizar a la población objeto de reasentamiento, a fin de que la EMB desarrolle a futuro un Plan de Reasentamiento que garantice las mismas y/o mejores condiciones socioeconómicas para la población objeto. Para ello, se realizó el levantamiento entre el 14 de abril y el 8 de agosto de 2022 de la siguiente información:



- Identificación de los predios que se afectarán de manera total o parcial.
- Relación del tipo de construcción identificada.
- Relación de número de pisos identificada.
- Relación de los usos identificados en las construcciones.
- Relación de las Unidades Sociales Hogar, las Unidades Económicas y Unidades Social Socioeconómicas identificadas y aproximadas.
- Relación del tipo de actividad económica identificada.
- Identificar el número de unidades sociales o familias a reasentar y sus características socioeconómicas.
- Permanencia en el predio y en el área.
- Estructura familiar (tipo: nuclear, extensa), número de hijos y miembros.
- Censo de familias con factores de vulnerabilidad social tales como discapacidad, enfermedades terminales, senectud y NBI, entre otras.
- Características constructivas, distribución espacial y dotación de las viviendas.
- Expectativas que la familia tiene frente al proyecto y al posible traslado.

#### 2.5.1.4.5.1. Instrumentos metodológicos

Censo: Aplicación de formularios censales predio a predio a cada una de las unidades sociales y económicas identificadas como objeto de reasentamiento.

#### 2.5.1.4.5.2. Desarrollo operativo de la estrategia

A continuación se presenta un paso a paso de las actividades que se llevaron a cabo para el censo de la población a reasentar:

Paso 1. Identificación predial. Determinación del listado, localización y características legales, de ocupación, y socioeconómicas de los predios del corredor y sus áreas de operación y protección. Realización del listado maestro de predios y de inmuebles a censar de acuerdo con la información predial disponible (identificación preliminar de propietarios y condiciones de los inmuebles).

Paso 2. Localización completa de las obras en la capa predial.

Paso 3. Diferenciación de los predios del corredor en distintas áreas o zonas y clasificación de los predios de acuerdo con los distintos tipos de uso (habitacional, comercial industrial, institucional y otros).

Paso 4. Identificación territorial y de la DIVIPOLA oficial. Determinación de unidades territoriales (Distrito Capital, Municipios, veredas, localidades, UPZs, barrios, sectores y manzanas).

Paso 5. Definición del área de influencia socioeconómica teniendo en cuenta las distintas áreas físicas de intervención, los impactos sociales preliminares y efectos sociales de los impactos bióticos y físicos (modelo de vibración, ruido y calidad de aire).

Paso 6. Realización de pre-inventario (pre-conteo o pre-censo) de construcciones, viviendas ocupadas y desocupadas y unidades sociales en corredor predial para la determinación de presencia de huella y tipo de intervención, tamaños, tipo de tenencia y tipos de uso de los predios.

Paso 7. Con base en información predial y el precenso, identificación inicial de sectores, actores, situaciones y casos especiales y de vulnerabilidad.

Paso 8. Con base en la información precensal, elaboración del estimativo inicial de viviendas y unidades sociales a reasentar y a censar por localidades, UPZs, barrios, manzanas, tramos y segmentos.

Paso 9. Diseño de formulario censal de caracterización.

Paso 10. Adaptación del formulario de inventario de unidades sociales a los requerimientos, las variables e indicadores del instrumento de gestión predial se adoptaron según marcos sectoriales existentes en el Distrito Capital.

Paso 11. Diseño de base de datos y formulario digital con base en el formulario censal revisado y aprobado.

Paso 12. Elaboración del manual para el diligenciamiento de los formularios.

Paso 13. Con base en de los estimativos obtenidos a través del pre-censo, realización de la planeación y preparativos logísticos del censo de Unidades Sociales.

Paso 14. Conformación y distribución de equipos de trabajo para la realización del censo.

Paso 15. Capacitación del equipo censal (entrenamientos, simulaciones y simulacros de aplicación).

Paso 16. Definición del periodo censal y elaboración de la programación de aplicación.

Paso 17. Proceso de información y socialización a propietarios y residentes de los inmuebles afectados sobre el proceso censal de acuerdo con la estrategia de comunicaciones adoptada.

Paso 18. Prueba piloto.

Paso 19. Crítica y ajuste de los formularios de acuerdo con la prueba piloto.

Paso 20. Ejecución del censo de Unidades Sociales (registro de población).

Paso 21. Revisión control de calidad y crítica de la información censal obtenida.

Paso 22. Sistematización, procesamiento y análisis de información.

#### 2.5.1.4.5.3. Recurso humano

De acuerdo con el número de unidades sociales objeto de reasentamiento, se requirieron tres (3) profesionales sociales, tres (3) auxiliares sociales y cuatro (4) profesionales prediales.

#### 2.5.1.4.5.4. Recursos físicos

- Tablet
- GPS
- Base de datos
- Chaleco
- Carné
- Cámara fotográfica
- Vehículos para el traslado de los equipos de trabajo

#### 2.5.1.4.6. Programa de arqueología preventiva

Dando cumplimiento a lo establecido por el ICANH, se realiza el Registro del Programa de Arqueología Preventiva (PAP) del proyecto ante dicha entidad, la cual corresponde a la primera fase del PAP. De igual manera, se adelantan las siguientes fases de dicho PAP:

- Fase 2. Diagnóstico y Prospección
- Fase 3. Aprobación del Plan de Manejo Arqueológico.

#### 2.5.1.4.6.1. Instrumentos metodológicos

Diagnóstico Arqueológico: Revisión de información secundaria con el fin de definir una zonificación arqueológica preliminar, con base en la cual se propone la metodología de la prospección.

Prospección Arqueológica: Actividades de revisión de información secundaria, como las fotografías aéreas en las zonas de camellones, y de prospección en campo con el fin de realizar una zonificación del potencial arqueológico del área de estudio. Producto de esta zonificación, se debe proponer el plan de manejo arqueológico que deberá ser implementado en las siguientes fases del PAP.

#### 2.5.1.4.6.2. Desarrollo operativo de la estrategia

A continuación se presenta un paso a paso de las actividades que se implementan como parte de las actividades arqueológicas:

- Consulta documental haciendo énfasis en la historia y expansión urbana de la ciudad. Anteriores informes de PAP que se hayan realizado sobre las áreas de intervención o cercanías.
- A partir de imágenes satelitales se realiza un análisis multiespectral (NDVI) usando una o más bandas, lo cual permitirá realizar un contraste de la vegetación sobre otras superficies, con el fin de evaluar el grado de intervención antrópica del área de intervención directa.
- Análisis de Imágenes aéreas tomadas a partir de vuelos en la sabana de Bogotá desde la década del 40 hasta el 90 (Banco de imágenes IGAC). Este análisis es particularmente importante para la zona del Patio-Taller la cual fue definida como una zona de canales y camellones por el ICANH.
- Excavación de sondeos: En aquellas áreas que hayan sido determinadas anteriormente para su prospección (patio-taller y áreas de bajo grado de intervención antrópica) se excavan pozos de sondeo de 40 x 40 cm hasta alcanzar el horizonte estéril o el nivel freático, distanciados cada 25 m, siguiendo metodologías empleadas en la región.
- Con base en los resultados del diagnóstico y de las actividades de campo se formulan las medidas de manejo. Éstas deben estar alineadas con las medidas aprobadas para el PAP de la PLMB.

#### 2.5.1.4.6.3. Recurso humano

De acuerdo con las actividades a desarrollar se requieren dos (2) profesionales en Arqueología, seis (6) auxiliares sociales y un (1) profesional SIG.

#### 2.5.1.4.6.4. Recursos físicos

- Tablet
- GPS
- Base de datos
- Chaleco
- Carné
- Cámara fotográfica
- Vehículos para el traslado de los equipos de trabajo
- Palines
- Barras
- Paladragas

### **2.5.2. Zonificación Ambiental**

La Metodología General para la Elaboración y Presentación de estudios Ambientales (en adelante MGEPEA) establece que “La zonificación ambiental es el proceso de sectorización de un área compleja, como lo es el área de influencia, en áreas relativamente homogéneas de acuerdo a las características de sensibilidad ambiental de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Por lo tanto, es un proceso que integra la información de la caracterización ambiental de línea base y establece, de acuerdo a la normativa ambiental vigente y a las propiedades de los atributos de los componentes ambientales, su susceptibilidad ante fenómenos naturales y antrópicos, a fin de identificar diferentes grados de sensibilidad ambiental dentro del territorio en análisis. La sensibilidad del área de influencia debe ser el resultado de la agregación de la sensibilidad ambiental de los factores que constituyen los componentes ambientales de los medios abiótico, biótico y socioeconómico”<sup>4</sup>.

Acorde con lo exigido por el marco legal ambiental colombiano, el presente método de Zonificación Ambiental tiene como propósito dar una adecuada relevancia a los elementos o factores del ambiente que generan una sensibilidad especial, dentro del territorio de potencial incidencia de un proyecto específico.

En esta metodología, el análisis es básicamente de superposición de atributos de sensibilidad, en el entendido de que al otorgar valor numérico a estos atributos se hace necesaria (o se llega por consecuencia a) la realización de ponderaciones y o tratamientos estadísticos que enmascaran la real importancia de aquellos atributos para los cuales amerita mantener su calificación en un valor especial de sensibilidad; por esta razón, este método se ha establecido mediante la identificación de los elementos o atributos con mayor sensibilidad ambiental, criterio que se mantiene en

<sup>4</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MADS. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA. 2018. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales p.164

superposición sobre las demás categorías de sensibilidad que se establezcan para los diferentes medios o componentes que se encuentren en el análisis. Tal superposición se realiza mediante álgebra de mapas, por medio de programas especializados de análisis de información geográfica (ArcGis, específicamente); por lo anterior, se aplica cuantificación numérica dentro del álgebra de mapas, más no en la clasificación de sensibilidad de un punto específico del territorio en análisis.

De acuerdo con lo anterior y en consonancia con la responsabilidad ambiental implícita en estos análisis, el enfoque y los procedimientos metodológicos adoptados en el presente método coinciden, de manera plena, con las directrices de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en el sentido de que los parámetros y los criterios aplicados permiten identificar los diferentes grados de sensibilidad del territorio en análisis ante una intervención externa.

Para el desarrollo de la zonificación ambiental del área de influencia del proyecto y partiendo de la necesidad de enmarcar definiciones y conceptos de tal forma que el desarrollo de la metodología para la elaboración de la zonificación ambiental se alinee con el objetivo propuesto en este documento, se presentan a continuación definiciones y conceptos que complementan lo indicado en este tema en los Términos de Referencia ET05<sup>5</sup> y en la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de 2018.

#### 2.5.2.1. Áreas definidas para el análisis de la sensibilidad ambiental

Desde la definición de Sensibilidad ambiental, incluida en la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de 2018: "Sensibilidad ambiental: susceptibilidad inherente de los componentes ambientales y sus procesos físicos, bióticos y socioeconómicos a la transformación o cambio que resulta de las actividades antrópicas o de los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente" se analiza el territorio mediante áreas de sensibilidad, las cuales agrupan las características que lo hacen sensible a fenómenos naturales y antrópicos y que son el objeto de delimitación y análisis para establecer la zonificación ambiental. Estas áreas de sensibilidad se presentan a continuación y corresponden a lo establecido por los Términos de Referencia aplicables al Estudio (TdeR ET05)<sup>6</sup>, bajo los lineamientos definidos por la MGEPEA<sup>7</sup> para la zonificación ambiental del territorio.

- **Áreas de recuperación ambiental:** Se identifican como aquellas áreas que presentan algún grado de deterioro actual o potencial en razón al uso o manejo inadecuado que se hace de ellas. Dadas las condiciones de su estado actual, estas áreas son sensibles a intervenciones, por lo que exigen medidas de manejo y restricciones para su uso. Corresponden a áreas con:
  - (i) conflicto por uso del suelo,
  - (ii) de recuperación y restauración ambiental
  - (iii) afectación del nivel freático .
- **Áreas de riesgo:** Se evalúan las Áreas de riesgo identificando la presencia y el nivel de sensibilidad en el área de influencia abiótica considerando las siguientes:

<sup>5</sup> FINANCIERA DE DESARROLLO NACIONAL. 2021. ET 05 – EIAS. Convocatoria Pública FDN – VE – CP – 07 – 2021.

<sup>6</sup> FINANCIERA DE DESARROLLO NACIONAL. Op Cit.

<sup>7</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MADS. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA. 2018. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Pag 164-165.



- (i) Zonas susceptibles a inundaciones
- (ii) Zonas susceptibles a avenidas torrenciales
- (iii) movimientos de remoción en masa
- **Áreas de especial importancia ecológica:** Se evalúan las Áreas de Especial Importancia Ecológica - AEIA identificando la presencia y el nivel de sensibilidad en el área de influencia biótica y considerando las siguientes:
  - (i) Zonas protegidas o de protección a nivel internacional, nacional y regional
  - (ii) Zonas en protección a nivel local
  - (iii) Cobertura vegetal
  - (iv) Hábitat para fauna
- **Áreas de producción económica:** Se evalúan las Áreas de producción económica identificando la presencia y el nivel de sensibilidad en el área de influencia social y considerando las siguientes:
  - (i) Concentración de actividades comerciales
  - (ii) Áreas de actividad económica reglamentarias
- **Áreas de importancia social:** Se evalúan las Áreas de importancia social identificando la presencia y el nivel de sensibilidad en el área de influencia social y considerando las siguientes:
  - (i) Asentamientos humanos. Uso del suelo reglamentario
  - (ii) Infraestructura física y social. Usos y oferta
  - (iii) Importancia histórica y cultural

Las anteriores unidades de análisis del territorio son agrupadas en cada medio de acuerdo con los factores que involucra, de tal forma que su integración corresponda como lo requiere la autoridad ambiental a la zonificación por medios: abiótico o físico, biótico y socioeconómico.

- **Zonificación física o abiótica:** entendida como el proceso de sectorización de un área compleja en áreas relativamente homogéneas de acuerdo a factores físicos. En la presente zonificación agrupa las Áreas de recuperación ambiental y las Áreas de riesgo.
- **Zonificación biótica:** entendida como el proceso de sectorización de un área compleja en áreas relativamente homogéneas de acuerdo con factores bióticos. Corresponde en la presente zonificación a la categoría de Áreas de especial importancia ecológica.
- **Zonificación socioeconómica:** Corresponde al proceso de sectorización de un área compleja en áreas relativamente homogéneas de acuerdo a factores socioeconómicos, étnicos y culturales. Agrupa para el presente análisis las áreas de producción económica, las áreas de importancia social

#### 2.5.2.2. Categorías de análisis de la sensibilidad ambiental

Se parte de considerar el ambiente como la conjunción de todos sus componentes físico, biótico y social, cuyas particulares dinámicas permiten definir la sensibilidad ambiental del territorio, definiendo un gradiente que va desde muy baja sensibilidad o potencialidad ambiental frente a una intervención hasta muy alta sensibilidad o llamado también aquí como Fragilidad ante una intervención, con tres niveles intermedios de sensibilidad, de acuerdo con la definición y

descripción que se presenta a continuación y que se visualiza en la Figura 1. Estos rangos se definen en función de su sensibilidad ambiental; es decir, de la susceptibilidad que tienen los componentes ambientales a ser deteriorados ante la incidencia de determinadas actuaciones, que afectan alguna o algunas de las variables abióticas, bióticas y sociales y responden a los requerimientos establecidos en los términos de referencia aplicables para este proyecto (TdeR ET05) y en la MGEPEA.

**Áreas con muy alta sensibilidad o áreas ambientalmente frágiles:** para los medios abiótico y biótico, un área ambientalmente frágil corresponde al espacio geográfico que, en función de las características inherentes de los componentes físicos y bióticos y sus procesos presentan la más alta susceptibilidad a la transformación. Lo anterior se traduce en que, presentan una capacidad de carga limitada y por lo tanto pueden llegar a un estado de no retorno ante una intervención natural o antrópica. Se incluyen dentro de esta categoría las áreas para las cuales el Estado ha emitido un marco jurídico especial de protección.

Por otra parte, para el medio socioeconómico, la fragilidad representa alto grado de vulnerabilidad de las comunidades (utilizando los criterios de vulnerabilidad definidos por el CELADE y Kaztman - 1999), con externalidades para las cuales, sin el apoyo decidido de una inversión social sostenible, probablemente no habría superación de la condición actual. Por lo anterior, un área ambientalmente frágil tiene intrínseca la posibilidad de modificación de sus condiciones actuales, lo que puede representar oportunidades para el elemento o atributo del ambiente en análisis.

**Niveles intermedios de sensibilidad (Áreas con Alta, Media y Baja sensibilidad ante una intervención):** se definen en esta metodología como los espacios geográficos que en función de las características inherentes de sus factores y componentes tiene la capacidad para asimilar -en mayor o menor grado- transformación o cambios que resultan de las actividades antrópicas o de los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente, sin que su condición llegue a deteriorarse hasta alcanzar o sobrepasar un estado límite, pudiendo retornar -con mayor o menor facilidad- al estado inicial u original. Los ecosistemas naturales pueden amortiguar niveles de disturbios mediante procesos homeostáticos naturales; los sistemas sociales presentan una mayor o menor capacidad adaptativa dependiendo del nivel de organización y cohesión social que presenten. También comprenden aquellas áreas en las cuales el Estado ha establecido la posibilidad de intervención con algún tipo de regulación general para su cuidado, regulaciones que deben ser acatadas en dicha intervención. Por lo anterior y a manera de síntesis, son aquellas que tienen la posibilidad de soportar niveles de intervención con modificaciones en su composición y dinámica, modificaciones que pueden ser revertidas con subsidios asociados a manejos ambientales. En la escala de sensibilidad se han establecido tres grados intermedios de **sensibilidad: alta, media y baja**, de acuerdo con el grado de transformación o cambio que pueda sufrir el territorio con la intervención.

**Área con muy baja sensibilidad o con potencialidad frente a una intervención:** Corresponde a aquellas áreas en donde por las características inherentes de los factores y de los componentes de cada medio, presentan la menor susceptibilidad a la transformación o cambio que resulta de las actividades antrópicas o de los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente. Estas áreas permiten la intervención productiva, siempre y cuando sea adelantada con el manejo ambiental requerido, enmarcado dentro de adecuadas prácticas constructivas y atendiendo el principio de precaución. (Figura 9)



Figura 9. Rango de clasificación de la sensibilidad ambiental  
Fuente: UT MOVIUS, 2022

En la Figura 9 se muestra que el grado de afectación es mínimo en la categoría de Muy Baja Sensibilidad (Potencialidad ante una intervención) y es máximo en la categoría de Muy Alta Sensibilidad (Fragilidad ante una intervención), mientras que la capacidad de recuperación ante cargas adicionales es inversa, desde muy alta capacidad de recuperación en la categoría de Muy Baja Sensibilidad (Potencialidad ante una intervención) hasta llegar a un punto de no retorno, en la categoría de Muy Alta Sensibilidad (Fragilidad ante una intervención).

#### 2.5.2.3. Procedimiento para zonificación ambiental - Metodología

El proceso de zonificación ambiental considera los siguientes pasos:

Definición de los factores - atributos de zonificación

**Paso 1.** Identificación, desde cada medio o componente del ambiente, de los factores que aportan en la identificación de la sensibilidad del territorio.

**Paso 2.** Identificación y espacialización de las áreas analizadas en línea base para cada uno de los factores seleccionados en cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico) como importantes para definir la sensibilidad del territorio.

#### Categorización de la sensibilidad

**Paso 3.** Establecimiento de las categorías de sensibilidad correspondientes a cada uno de los factores/atributos en análisis ( Migración de atributos temáticos hacia atributos de sensibilidad).

**Paso 4.** Espacialización de cada área, factor y medio en función de su nivel de sensibilidad.

**Paso 5.** Primer panel de especialistas<sup>8</sup>). Evaluación conjunta de los resultados individuales de sensibilidad para los factores / atributos del ambiente utilizados en la zonificación.

<sup>8</sup> Se considera "especialistas" al grupo de profesionales expertos en cada temática individual y que está participando en la elaboración del Estudio.

### Superposición de información temática y obtención de planos intermedios

**Paso 6.** Obtención de los mapas de zonificación para las seis categorías de análisis de la sensibilidad ambiental establecidas, a partir de la superposición de los mapas de zonificación por temática específica para cada factor del ambiente

**Paso 7.** Segundo panel de especialistas. Evaluación conjunta de los resultados de sensibilidad obtenidos para las seis categorías de análisis de la sensibilidad ambiental

**Paso 8.** Obtención de los mapas de zonificación ambiental para los tres medios (Abiótico, Biótico y Socioeconómico) a partir de la superposición de los mapas de zonificación por categorías de sensibilidad ambiental.

### Superposición de planos intermedios y obtención del plano final de zonificación ambiental

**Paso 9.** Obtención del mapa de zonificación ambiental

**Paso 10.** Tercer panel de especialistas. Evaluación conjunta de los resultados de sensibilidad obtenidos para la zonificación ambiental del territorio.

Estos pasos se detallan a continuación.

#### 2.5.2.3.1. Definición de los factores - atributos de zonificación.

**Paso 1.** El primer paso de la metodología consiste en identificar, desde cada medio o componente del ambiente, los factores<sup>9</sup> que aportan en la identificación de la sensibilidad del territorio, en relación con las condiciones particulares del territorio en análisis. Estos factores para el análisis de la zonificación en cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico) están acordes con los Términos de referencia específicos para el proyecto, con los lineamientos y conceptos claves referenciados en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales de 2018 para la caracterización de línea base y con las definiciones y conceptos presentados en este documento.

**Paso 2.** Se identifica y espacializa el área analizada en línea base para cada uno de los factores seleccionados en cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico) como importantes para definir la sensibilidad del territorio. De esta manera se acoge el mapa temático correspondiente y en él se definen con claridad los atributos o condiciones de caracterización que lo definen.

En la siguiente tabla (Tabla 28) se presentan de manera didáctica algunos ejemplos de los factores y condiciones de caracterización para algunas áreas de zonificación, para los tres medios .

Tabla 28. Ejemplos de definición de factores – atributos por unidad de zonificación

Medio	Unidad de análisis de zonificación	Factor	Condiciones caracterización / Atributo
Abiótico	Áreas susceptibles a eventos amenazantes de origen hidrometeorológico y/o geológico	Susceptibilidad a inundaciones	Riesgo alto de inundación
			Riesgo bajo de inundación

<sup>9</sup> La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA- define "Factor" estableciendo que "Los componentes tienen una serie de atributos que se denominan Factores. Por ejemplo, un factor del componente hidrológico puede ser el volumen de agua y otro más el caudal" (MADS, 2018). La Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de 2018 lo define como: "atributo de un componente ambiental que puede ser descrito mediante parámetros."

Medio	Unidad de análisis de zonificación	Factor	Condiciones caracterización / Atributo
			No susceptible a inundación
Biótico	Áreas de especial interés ambiental	Coberturas vegetales	Vegetación secundaria y/o en transición
			Mosaico de pastos con espacios naturales
			Mosaico de pastos y cultivos
Socioeconómico	Áreas de producción económica	Establecimientos comerciales	Tipo micro y pequeña empresa
			Tipo mediana empresa

Fuente: UT MOVIUS, 2022

#### 2.5.2.3.2. Categorización de la sensibilidad

**Paso 3.** Identificados en los pasos anteriores las áreas con las que se realizará la zonificación ambiental para cada medio y los factores para cada una de estas áreas, en este paso se establecen las categorías de sensibilidad correspondientes a cada uno de los factores/atributos en análisis, aclarando que cada uno de estos factores o atributos del ambiente han sido previamente analizados y especializados en la caracterización de línea base. De esta forma, el paso a seguir en esta metodología es migrar esta condición de caracterización hacia una categoría de sensibilidad ambiental.

Las categorías de sensibilidad que se utilizan corresponden a un rango de sensibilidad que va desde una potencialidad hasta una fragilidad ante la intervención, pasando por tres grados intermedios de sensibilidad (sensibilidad baja, sensibilidad media y sensibilidad alta), tal como se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29. Categorías de sensibilidad establecida en la Zonificación Ambiental

Categoría de sensibilidad para zonificación	
	Muy Alta Sensibilidad - Fragilidad ante una intervención
	Alta sensibilidad
	Mediana sensibilidad
	Baja sensibilidad
	Muy Baja Sensibilidad - Potencialidad frente a una intervención

Fuente: UT MOVIUS, 2022

Para cada uno de los factores analizados se asigna la categoría de sensibilidad correspondiente por parte del especialista, categoría que responde al nivel de “resistencia” que ofrece el factor al cambio ante disturbios externos.

La categoría de sensibilidad resulta de la aplicación de criterios que cada especialista define de acuerdo con el entendimiento de cada área, de la normatividad ambiental vigente y de la respuesta de cada componente a la intervención. Estos criterios empleados para establecer los niveles o categorías de sensibilidad se exponen a lo largo del documento en los apartes en donde se describen cada uno de los temas y de las áreas.

**Paso 4.** Una vez establecidos los criterios para las categorías o niveles de sensibilidad, se realiza la espacialización de cada área, factor y medio en función de su nivel de sensibilidad y se calculan los porcentajes y hectáreas, en relación con el área de influencia correspondiente. En este paso se presenta de manera resumida la condición del atributo identificado en la línea base y las consideraciones utilizadas para asignarle la categoría de sensibilidad, tal como se presenta en el ejemplo de la Tabla 30 Se indica en cada tema la condición de caracterización establecida para asignar la categoría de sensibilidad.

Tabla 30. Ejemplo de determinación de categorías de sensibilidad para los factores – atributos definidos

Medio	Área o unidad de zonificación	Factor / Atributo	Condición de caracterización	Categoría de sensibilidad para zonificación
Abiótico	Áreas susceptibles a eventos amenazantes de origen hidrometeorológico y/o geológicos	Susceptibilidad a inundaciones	Riesgo alto de inundación	Alta sensibilidad
			Riesgo bajo de inundación	Baja sensibilidad
			No susceptible a inundación	Potencialidad
Biótico	Áreas de Especial Interés Ambiental	Coberturas vegetales	Vegetación secundaria y/o en transición	Alta sensibilidad
			Mosaico de pastos con espacios naturales	Mediana sensibilidad
			Mosaico de pastos y cultivos	Baja sensibilidad
Socioeconómico	Áreas de producción económica	Establecimientos comerciales	Tipo micro y pequeña empresa	Alta sensibilidad
			Tipo mediana empresa	Mediana sensibilidad

Fuente: UT MOVIUS, 2022

#### 2.5.2.3.3. Superposición de información temática y obtención de planos intermedios.

**Paso 5 y 6** Una vez categorizados los factores y sus atributos desde su sensibilidad ambiental y obtenida la zonificación para cada mapa temático (factor), se realiza superposición de la información temática, utilizando sistemas de información geográfica (SIG) mediante el cruce y solapamiento de capas de categoría de sensibilidad (álgebra de mapas) para cada factor analizado. Lo anterior siguiendo lo requerido en los términos de referencia y en la *Metodología* general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de 2018 en donde se indica “La sensibilidad del área de influencia debe ser el resultado de la agregación de la sensibilidad ambiental de los factores que constituyen los componentes ambientales de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.”

Los niveles y categorías de sensibilidad y el resultado de su superposición o agregación se muestran en la Tabla 31. Al final de la descripción del paso 7 se describen los criterios utilizados para establecer el resultado de los cruces o agregaciones de los niveles de sensibilidad.

Las áreas indicadas en los Términos de Referencia ET05 y que en términos de la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de 2018 son aquellas “.... cuyas características las hacen sensibles a fenómenos naturales y antrópicos, que conviene delimitar y analizar, para establecer la zonificación ambiental.” son las indicadas a continuación y cuya agrupación genera un mapa que sintetiza la información de las áreas que la integran.

La superposición o agregación de las áreas genera como resultado seis mapas, los cuales se presentan en la Figura 10.

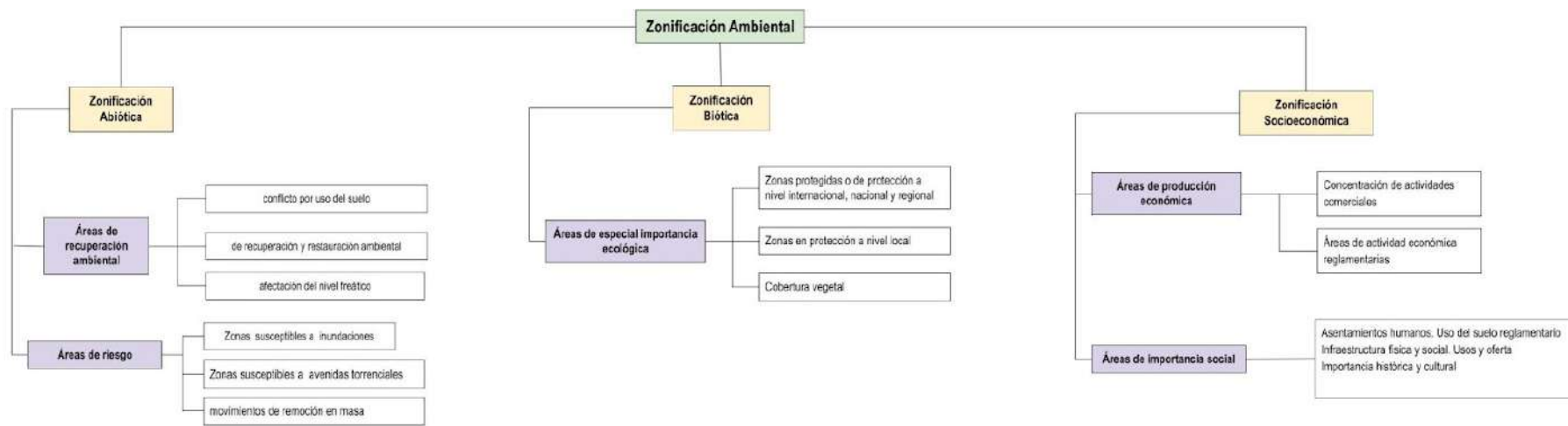


Figura 10. Algebra de mapas  
Fuente UT MOVIUS, 2022



**Mapa 1. Áreas de recuperación ambiental** o en las que se prevé adelantar acciones de recuperación ambiental y áreas con conflicto por uso del suelo.

- Conflicto por usos de suelo.
- Áreas de recuperación ambiental y restauración ambiental.
- Nivel freático

**Mapa 2. Áreas de riesgo**

- Zonificación susceptibilidad y amenaza remoción en masa
- Riesgo de avenidas - Torrencialidad
- Riesgo de inundaciones: - Inundación

**Mapa 3 Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA)** Se obtiene de la superposición de los mapas relacionados, los cuales corresponden en el presente estudio a los mapas de sensibilidad producto de la migración de atributos desde los mapas de:

- Zonas protegidas o de protección a nivel internacional, nacional y regional
- Zonas en protección a nivel local
- Cobertura vegetal
- Hábitat para fauna

**Mapa 4. Áreas de producción económica**

- Concentración de actividades comerciales
- Áreas de actividad económica reglamentada

**Mapa 5. Áreas de importancia social**

- Asentamientos humanos. Usos del suelo reglamentados
- Infraestructura física y social. Usos y oferta
- Importancia histórica y cultural

Para cada unidad de zonificación se incluyen las áreas y los factores identificados en la caracterización del área de influencia del proyecto.

**Paso 7.** Integración de la información de zonificación por Medios: Como se indicó en el paso 5, de acuerdo con la información de cada área indicada en la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de 2018, estas se agrupan en cada uno de los Medios (abiótico, biótico y socioeconómico) de acuerdo con la información contenida en la caracterización (línea base) de cada medio.

Dicho de otra forma, los temas desarrollados en cada uno de los medios y que alimentan la información de los grupos de áreas indicadas en la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de 2018, son los que una vez agrupados reflejan la zonificación ambiental por medios.

Estos mapas se cruzan con el apoyo de la herramienta ArcGis, mediante álgebra de mapas, tal como se presenta en la Tabla 31. El criterio utilizado para establecer el resultado de los cruces o de la agregación de los mapas, es que la categoría de mayor sensibilidad prima sobre las demás. Es decir que, la fragilidad prima sobre las demás categorías, la

sensibilidad alta sobre las más bajas a excepción de la fragilidad; el criterio para obtener los resultados de los cruces se representa en la Tabla 31.

El mayor nivel de sensibilidad prevalece sobre la calificación de sensibilidad dada para la misma área por otros medios, componentes o factores. Para efectos de la representación de los niveles de sensibilidad en mapas, se utilizan los colores de rojo a verde, representando el rojo la fragilidad (mayor nivel de sensibilidad) y el verde la potencialidad (menor nivel de sensibilidad) y en colores intermedios los otros niveles de sensibilidad, como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. Matriz de superposición para obtención de zonificación

	Muy Baja Sensibilidad o Potencialidad (MBS / P)	Baja sensibilidad (BS)	Mediana Sensibilidad (MS)	Alta Sensibilidad (AS)	Muy Alta Sensibilidad o Fragilidad (MAS / F)
Muy Baja Sensibilidad o Potencialidad (MBS / P)	MBS / P	BS	MS	AS	MAS / F
Baja sensibilidad (BS)	BS	BS	MS	AS	MAS / F
Mediana Sensibilidad (MS)	MS	MS	MS	AS	MAS / F
Alta Sensibilidad (AS)	AS	AS	AS	AS	MAS / F
Muy Alta Sensibilidad o Fragilidad (MAS / F)	MAS / F	MAS / F	MAS / F	MAS / F	MAS / F

Fuente: UT MOVIUS, 2022

De este ejercicio resulta un mapa por cada una de las seis categorías referidas. Estos mapas corresponden dentro de la metodología a mapas intermedios, los cuales, para el entendimiento del proceso, son presentados como figuras y son la base para la obtención de la zonificación ambiental de cada uno de los medios, como se registra en los siguientes pasos.

#### 2.5.2.3.4. Segunda superposición de mapas.

**Paso 8.** Una vez obtenidos los mapas intermedios (mapas de las áreas establecidas para cada uno de los medios) se realiza la superposición de estos generando un mapa para cada medio: abiótico, biótico y socioeconómico. Posteriormente, se realiza el traslape de los mapas de los tres medios y se genera un mapa final de zonificación. Este procedimiento se observa en la Figura 11:

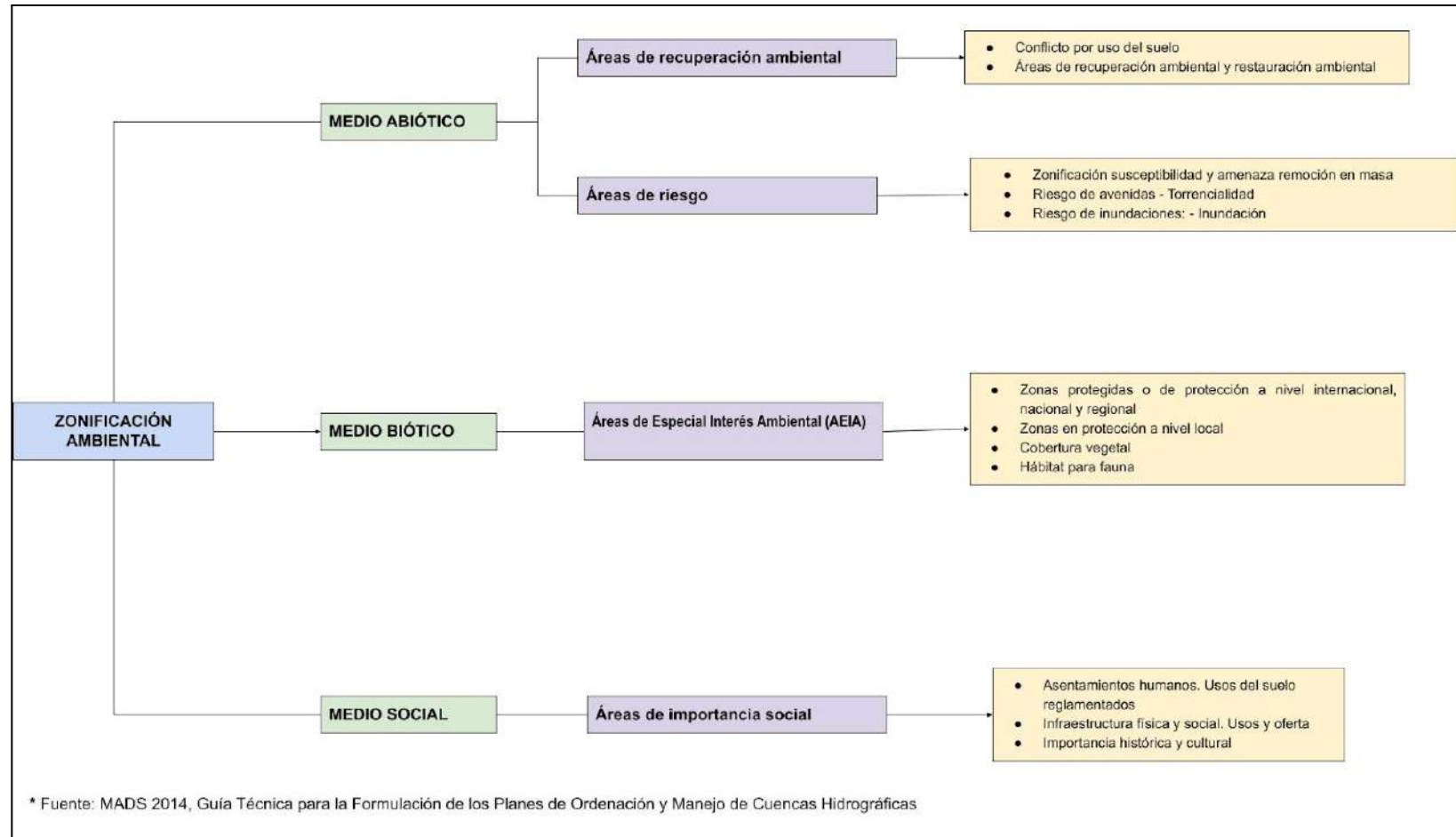


Figura 11. Ejemplo obtención de la sensibilidad ambiental en el territorio del área de influencia del proyecto

Fuente: UT MOVIUS, 2022

#### *2.5.2.3.5. Taller de especialistas*

**Paso 9.** Una vez generada la zonificación ambiental del territorio mediante el procedimiento de superposición de mapas, se realiza un taller entre los especialistas que han participado en la construcción de la línea base y en la elaboración de la zonificación ambiental, con la finalidad de revisar conjuntamente el resultado generado en la superposición de mapas. De no responder a los resultados de la evaluación conjunta, se identifica cual es factor, el atributo, el criterio utilizado para establecer el nivel o la categoría de sensibilidad dado y que está generando dudas y se evalúa su pertinencia en el análisis conjunto para corroborar o replantear el análisis realizado. De ser necesario, se vuelve a correr la superposición de mapas, una vez ajustado el valor de sensibilidad que genera incoherencia.

#### *2.5.2.3.6. Presentación de los resultados.*

**Paso 10.** Como resultado del proceso se obtiene la espacialización de la sensibilidad ambiental para el área de influencia de cada medio y la sensibilidad ambiental conjunta para el territorio. Esta espacialización de áreas se presenta tabulada y cartografiada -en formato plano- para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico) y para la zonificación ambiental final del área de influencia. Los mapas resultantes de la migración de atributos desde los mapas temáticos y los mapas de las unidades de sensibilidad (mapas intermedios) se presentan en el documento como figuras dentro del texto (imágenes de contextualización) y se anexan para mejor visualización

Teniendo en cuenta que la sensibilidad del área de influencia es el resultado de la agregación de la sensibilidad ambiental de los factores definidos en cada uno de los componentes ambientales de los medios abiótico, biótico y socioeconómico se describen, para comprensión del producto final, los atributos de las unidades de zonificación que han generado la condición de sensibilidad en cada medio, así como en la zonificación final. Se referencian los planos (intermedios y final) en donde se especializa la zonificación resultante.

Dado que las áreas de influencia difieren para cada medio, no toda la información es requerida en todo el territorio. Esto quiere decir que habrá zonas del territorio del AI del Proyecto que tendrán la información de un medio pues no es área de influencia de los otros dos medios. En la Figura 12 se presenta una explicación gráfica de lo anterior.

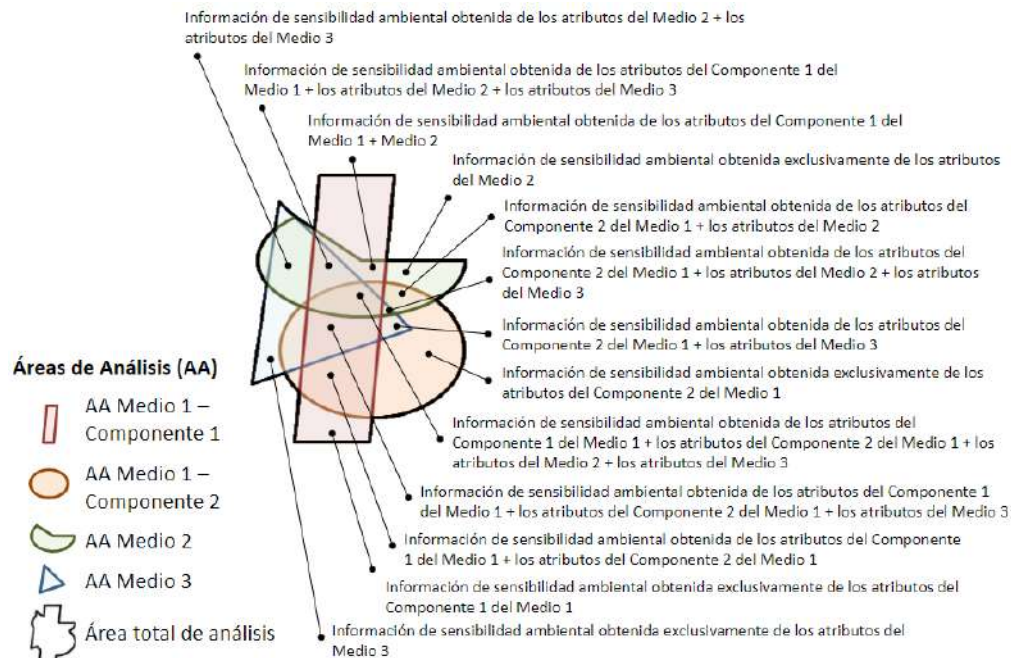


Figura 12. Explicación gráfica de la superposición de información de sensibilidad.

Fuente: UT MOVIUS, 2022

## 2.5.3. Demandas

### 2.5.3.1. Aguas superficiales y subterráneas.

Para el desarrollo del proyecto en la etapa de construcción y operación, no se requiere la captación de agua de cursos superficiales o subterráneos naturales. La provisión de agua para el desarrollo de las actividades del proyecto se realizará en la obra mediante el aporte de agua procedente de la infraestructura de captación y distribución ya instalada de la Empresa de Acueducto, Aseo y Alcantarillado de Bogotá E.S.P, en el área de influencia, adicionalmente si se necesita obtener el servicio de agua en bloque el mayor proveedor y principal es la Empresa de Acueducto, Aseo y Alcantarillado de Bogotá E.S.P.

### 2.5.3.2. Vertimientos

En el desarrollo del proyecto L2MB, no se contemplan vertimientos a cuerpos de aguas superficiales ni al suelo.

### 2.5.3.3. Ocupación de cauce

En el desarrollo del proyecto L2MB, no se contempla la solicitud de un PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE debido a que no se afectará de ninguna manera ningún cuerpo de agua lótico o léntico que se encuentre en el área de influencia del proyecto.

### 2.5.3.4. Aprovechamiento Forestal

Se incluye la información que sustenta la solicitud del permiso de aprovechamiento forestal en el área de intervención del proyecto, sin embargo es necesario completar el inventario forestal en el predio sur del patio taller con el fin de precisar el manejo silvicultural de los individuos arbóreos y sus respectivas medidas compensatorias.

#### 2.5.3.5. Recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad

Se presentan los requisitos necesarios para obtener el permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad, necesario para la implementación del PMA en donde se requiera la colecta, manipulación, rescate o traslado de organismos bióticos.

#### 2.5.3.6. Emisiones atmosféricas

En cuanto a las emisiones atmosféricas no será necesario tramitar permiso de emisiones atmosféricas. Sin embargo, en caso que el contratista requiera instalar plantas de concreto, asfalto y trituradoras tendrá que adelantar los trámites de emisiones atmosféricas correspondientes ante la Autoridad Ambiental competente en los casos que haya lugar.

Sin embargo, se identificarán las fuentes de emisión móviles y fijas que se generen por la ejecución de las actividades del Proyecto, de acuerdo a los términos de referencia ET-05.

#### 2.5.3.7. Materiales de Construcción

Para los materiales de construcción del Proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá no requiere el aprovechamiento directo de fuentes de materiales por parte del contratista de obra, estos serán suministrados por proveedores que cuenten con planes de manejo y/o licencia ambiental aprobados por la autoridad ambiental correspondiente y con los permisos de explotación minera vigentes. Todos los documentos deben encontrarse con vigencia al día y durante el período de los trabajos deberá ir prorrogando antes de la fecha de vencimiento.

Sin embargo en el Capítulo 7. USO DE RECURSOS NATURALES se explica con total detalle todo lo relacionado con este tema, todo con base a lo solicitado en los ET-05.

### 2.5.4. Evaluación de Impactos

#### 2.5.4.1. Identificación y evaluación de impactos

La evaluación de impactos se desarrolla mediante una metodología construida por INGETEC S.A.S. en un proceso de maduración y actualización de más de 20 años y que ha sido utilizada en Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de diferentes sectores productivos (energía, minería, vías, infraestructura, entre otros).

Esta metodología recoge, adapta y da cumplimiento a lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. El método integra definiciones y conceptos de metodologías de INGETEC S.A.S., utilizadas en múltiples estudios (muchos de ellos licenciados y construidos). De igual modo, el método integra definiciones y conceptos de Vicente Conesa Fernández y Jorge Alonso Arboleda González, aunque introduciendo variaciones en los procedimientos y enfoques de acuerdo con las consideraciones y análisis de expertos de la firma.

La estructura del método de INGETEC está conformada por cuatro secciones temáticas: dos secciones descriptivas, correspondientes a la Identificación del impacto (Sección 1) y a la Descripción y Caracterización del impacto (Sección 2). La Sección 3 califica el impacto y en la Sección 4 se analizan las posibilidades de manejo del impacto.

Para la calificación del impacto (Sección 3), la metodología define un índice conformado por siete parámetros (P) o indicadores claves que determinan el comportamiento y la capacidad de afectación de los impactos sobre el entorno natural y social y, de manera específica, sobre los elementos y sujetos afectados. El índice se denomina Significancia (SG) y es un índice de afectación neta del Impacto, pues se espera, en el escenario con proyecto, tener en cuenta la influencia de los impactos acumulativos, los impactos sinérgicos y la medición de los cambios (sin ningún parámetro atenuante de manejo). Los parámetros utilizados en la sección de calificación son: i) Clase –CL– (Naturaleza del impacto); ii) Duración –DU–; iii) Extensión –EX–; iv) Magnitud Relativa –MR–; v) Incertidumbre –INC– Incertidumbre del grado de la Afectación; vi) Vulnerabilidad –NV– Capacidad de asimilación del cambio en el Sujeto, Objeto o Elemento Expuesto; ii) Acumulación –AC– Relación sistémica de las afectaciones o cambios (para el escenario CON proyecto) o Tendencia –TE– (para el escenario SIN Proyecto); viii) Sinergia –SI– y ix) Significancia –SG– correspondiente a la calificación resultado de la aplicación de la fórmula (suma ponderada) de los parámetros anteriores.

El Índice de Significancia (SG) expresa una suma ponderada de los parámetros (P) que se utilizan en la medición del impacto con el fin obtener una calificación total o de síntesis que indica la importancia del impacto y que permite su clasificación y jerarquización entre las categorías “Muy significativos”, “Significativos”, “Moderadamente Significativos” y “Poco Significativos”, con el fin de definir el área de influencia del Proyecto así como la priorización y direccionamiento de la planeación de las medidas de manejo, las cuales incluyen, desde luego, el análisis de todos los impactos.

En línea con lo establecido por la ANLA (2018), se resalta la importancia que se da en esta metodología a los impactos sinérgicos y acumulativos, cuyo análisis hace parte de los nueve parámetros que conforman la calificación de Significancia, la cual a su vez determina los impactos que serán base para la determinación del área de influencia del proyecto.

La Metodología completa elaborada por INGETEC se presenta como anexo a este capítulo (ver anexo 2-1), consistente en un documento base y seis anexos al mismo.

#### 2.5.4.2. Riesgos

En el presente numeral se presenta la metodología para la Identificación, evaluación y análisis de las condiciones de riesgo del proyecto, que pueden generar daños y pérdidas a su entorno.

La valoración del riesgo incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, de acuerdo con la Ley 1523 de 2012, que está alineada con lo desarrollado en el capítulo 12. PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES.

Partiendo del hecho, que este proyecto corresponde a la L2MB, el análisis de riesgos involucra los efectos de la materialización de las amenazas naturales, antrópicas y socionaturales sobre la infraestructura expuesta y las operacionales derivadas de las actividades propias que se llevarán a cabo durante las distintas actividades del Proyecto, que puedan conducir a la ocurrencia de efectos ambientales, sociales o sobre la infraestructura del proyecto no previstos. En caso de ser necesario se incluye el monitoreo del riesgo y la comunicación de este.

Los elementos que se utilizaron para el desarrollo del conocimiento del riesgo, parten de la recopilación de información hasta obtener el análisis y evaluación del riesgo, para lo cual se tuvo en cuenta lo siguiente:



- Contextualización de la infraestructura y actividades propias del Proyecto
- Recopilación de información de la caracterización del capítulo 5 (Caracterización del área de influencia abiótico, biótico y socioeconómico del presente EIA), la red hidrográfica, la identificación de áreas susceptibles a inundaciones y avenidas torrenciales, áreas susceptibles a procesos de remoción en masa, cobertura vegetal y ecosistemas estratégicos; receptores sensibles, vías e infraestructura social.
- Descripción de la metodología utilizada para el análisis y evaluación de riesgos
- Identificación y caracterización de las amenazas, identificación de posibles escenarios críticos de riesgos asociados a la infraestructura y operación del Proyecto, definición de los elementos vulnerables, áreas de afectación y análisis de los riesgos.

Lo anterior a partir de lo dispuesto en la Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional - GTC 45, ICONTEC, 2012.

#### 2.5.4.3. Impactos acumulativos

Los impactos acumulativos son aquellos que resultan de los efectos sucesivos, incrementales y/o combinados de una acción, proyecto o actividad. Por lo tanto, la evaluación y gestión de los impactos acumulativos (EGIA) es esencial para la gestión de riesgos. Lo anterior debido a las crecientes presiones de factores de riesgo sistémicos tales como el cambio climático, la escasez de agua, el decline en la biodiversidad de especies, la degradación de los servicios ecosistémicos, y la modificación de la dinámica socioeconómica y poblacional, entre otros, conforme a lo indicado en la Norma de Desempeño (Evaluación y gestión de los riesgos e impactos ambientales y sociales) de la Política sobre Sostenibilidad Ambiental y Social de la Corporación Financiera Internacional (IFC).

#### 2.5.5. Zonificación de manejo

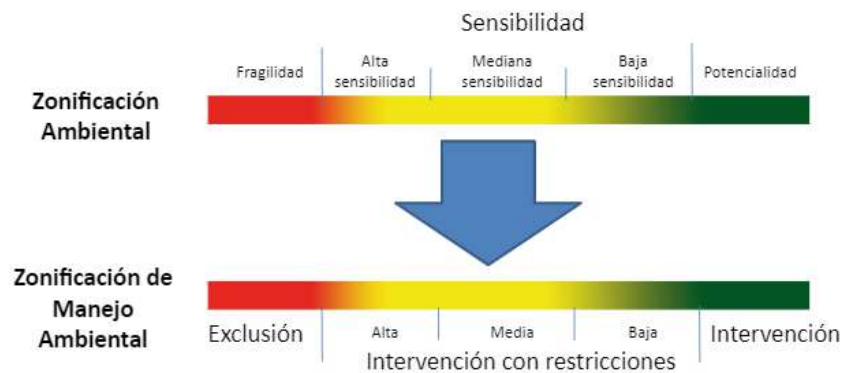
La zonificación de manejo se desarrolla a partir de la zonificación ambiental del área, según la sensibilidad obtenida para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, teniendo en cuenta la evaluación de impactos para el Proyecto y la demanda de recursos naturales. Esta zonificación se realiza mediante la migración de atributos de sensibilidad establecidos en la zonificación ambiental hacia los atributos definidos para la zonificación de manejo.

##### **Paso 1 Obtención de mapas intermedios de Zonificación de manejo**

La migración, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 13 se realiza para cada uno de los medios que configuran el ambiente (medios abiótico, biótico y socioeconómico), obteniendo de esta manera los mapas de zonificación para cada uno de los medios (mapas intermedios de zonificación de manejo).

Figura 13. Migración de atributos desde la zonificación ambiental a la zonificación de manejo





Fuente: UT MOVIUS, 2022.

A continuación, se detalla la migración específica de atributos de sensibilidad obtenidos en la zonificación ambiental para cada uno de los medios (mapas intermedios).

- Áreas de Exclusión

Las áreas de exclusión se identifican a partir de aquellas áreas definidas en la zonificación ambiental como áreas frágiles, tal como se presenta en la Figura 14

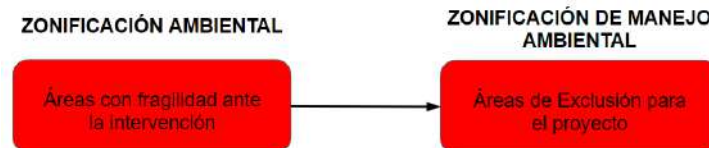


Figura 14. Migración de atributos desde la zonificación ambiental hacia Áreas de Exclusión en la zonificación de manejo

Fuente: UT MOVIUS, 2022.

Las áreas identificadas dentro de esta categoría de zonificación de manejo no podrán ser intervenidas por las actividades del Proyecto.

- Áreas de Intervención con restricciones

Se establecen tres categorías para áreas de intervención con restricciones:

- Intervención con restricciones altas.
- Intervención con restricciones medias.
- Intervención con restricciones bajas.

Estas áreas de intervención con restricciones corresponden metodológicamente, en términos generales, con las áreas establecidas como de alta, mediana y baja sensibilidad en la zonificación ambiental.

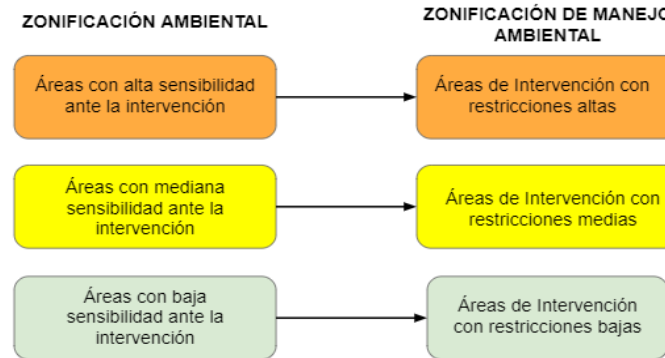


Figura 15. Migración de atributos desde la zonificación ambiental hacia Áreas de Intervención con restricciones en la zonificación de manejo

Fuente: UT MOVIUS, 2022.

- Áreas de Intervención

Las áreas de intervención corresponden a las establecidas en la zonificación ambiental como Áreas con potencialidad ante la intervención ( Figura 16). Para estas áreas no se establece ninguna restricción de manejo diferente a la implementación de adecuadas prácticas ambientales de ingeniería.



Figura 16. Migración de atributos desde la zonificación ambiental hacia categoría de intervención en la zonificación de manejo

Fuente: UT MOVIUS, 2022.

## Paso 2. Obtención del mapa de zonificación de manejo para el proyecto

Una vez obtenidos los mapas intermedios, se realiza una superposición de los mismos, mediante el uso del programa ArcGis, para tener como resultado final el mapa de zonificación de manejo para el proyecto. Para esta superposición se utiliza el mismo criterio utilizado en la zonificación ambiental, en el que prima la condición más crítica sobre las demás al momento de realizar la superposición, en donde la condición de Exclusión prima sobre cualquiera de las otras dos condiciones, la condición de intervención con restricciones altas tiene un segundo nivel de primacía, la cual va disminuyendo a medida que se desciende en las categorías de manejo establecidas; es decir que la condición de exclusión en un punto específico del territorio en cualquiera de los mapas fuente se mantiene como de exclusión sobre las demás condiciones que presente es punto del territorio en los otros mapas. De no existir en ese punto del territorio la condición de exclusión, pasa a primar la siguiente condición de restricción de manejo, que es la de intervención con restricción alta o, en un tercer nivel, de no existir ninguna de las dos anteriores, la condición de restricción media, la de restricción baja o finalmente la de intervención.

### Paso 3. Identificación de principales restricciones para intervención por el proyecto

Como paso final de esta metodología se identifican desde cada medio las restricciones ambientales identificadas para el territorio, los impactos potenciales allí identificados, lo mismo que la demanda de recursos naturales, a partir de las acciones específicas más relevantes a realizar para la inserción del proyecto en el mismo.

#### 2.5.6. Plan de manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es el conjunto detallado de las medidas y actividades, que producto de una evaluación de impactos ambientales y sociales, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos que se causen por el desarrollo del proyecto.

El Plan de Manejo se construye con base en los ítems de objetivos, metas, indicadores, acciones, población beneficiada, tiempos de ejecución y costos; así mismo, se han tenido en cuenta los planteamientos de la Banca Multilateral con respecto a enfocar las acciones sobre la jerarquía de mitigación en la que se toma como primera medida evitar que el impacto suceda, en caso de que esto no ocurra minimizarlo o reducirlo, posteriormente mitigarlo y como última opción compensarlo, todas estas acciones enfocadas al logro de un efectivo desempeño ambiental y social.

Se busca que este proyecto sea ambiental y socialmente adecuado y sostenible a partir del diseño de unas acciones que permitan cumplir con las normas de desempeño o estándares de la Banca; estas acciones también van dirigidas a abordar en los casos que se requiera de manera diferenciada los enfoques de género y hacia grupos vulnerables que lo requieran. Incluyen de manera transversal aspectos de participación de partes interesadas previamente identificadas para el proyecto.

Por otra parte, en el marco de la implementación de la participación, en el diseño de las medidas de manejo presentadas en este capítulo, se tuvieron en cuenta las opiniones y recomendaciones de las partes afectadas (personas ubicadas en el área especializada del impacto) y las partes interesadas (comunitarias e institucionales), sobre las acciones a tener en cuenta para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, los escenarios se propiciaron en reuniones y talleres que se desarrollan al detalle en el capítulo 13 del Estudio de Impacto Ambiental.

Los planes de manejo aquí expuestos se enfocan fundamentalmente en controlar de una manera integral las causas del impacto para hacer más efectiva su implementación. La jerarquía de mitigación se desarrolló mediante la identificación de medidas para evitar, prevenir y reducir cualquier efecto adverso significativo, considerando si es necesario, remediar/compensar cualquier efecto residual sobre las personas, comunidades y trabajadores afectados por el proyecto, así como sobre el medio ambiente. En la siguiente figura se realiza una representación de la jerarquía de la mitigación en la cual se conceptualiza sobre las distintas acciones.



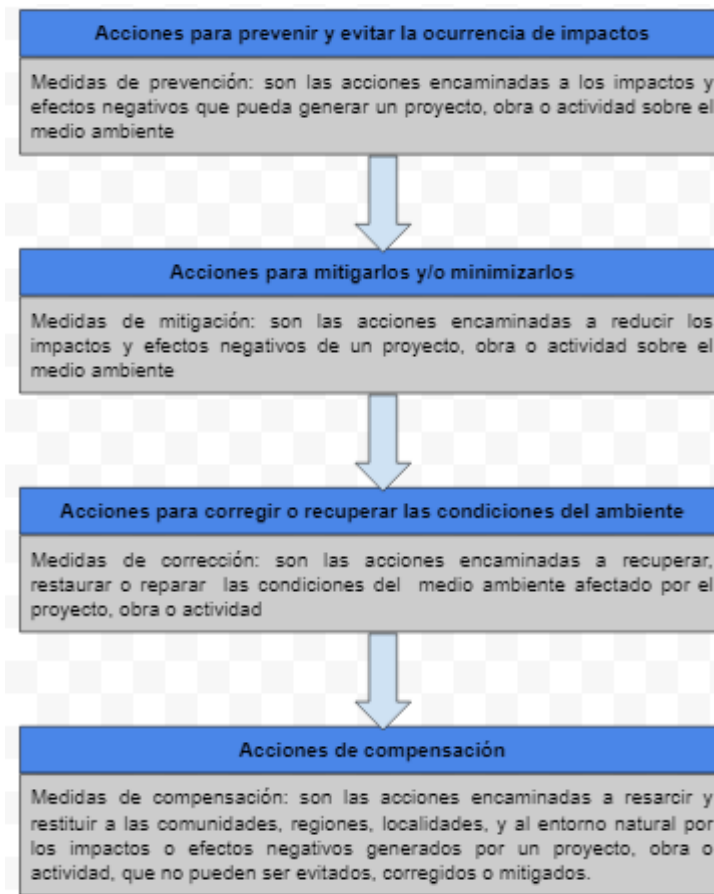


Figura 17. Jerarquía de mitigación de los planes de manejo  
Fuente: UT MOVIUS 2022

Así mismo, este Plan de Manejo Ambiental toma como cita, los términos de referencia ET 05 incluidos en la Convocatoria pública FDN – VE – CP – 07 - 2021 y a la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales del año 2018 (adoptada mediante la Resolución 1402 de julio 25 de 2018), así como a lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015. De acuerdo con lo anterior, el presente Plan de Manejo Ambiental contiene:

- Los programas de manejo ambiental y social
- El plan de seguimiento y monitoreo
- Plan de Seguridad y salud en el trabajo
- El plan de gestión del riesgo
- Plan de compensación

Por otra parte, se incluyen los resultados de los procesos participativos con actores institucionales y sociales, realizados entre el 9 de diciembre de 2021 y el 20 de septiembre de 2022

En la Tabla 32, se presenta el contenido que se desarrolla para cada una de los programas de manejo propuestos. El planteamiento de los programas será con base en la jerarquía del manejo de potenciales impactos identificados teniendo en cuenta como acciones a desarrollar lo siguiente: 1). Prevenir 2). Mitigar y/o minimizar, 3). Compensar.

Tabla 32. Contenido de las fichas de manejo

MEDIO ( ABIÓTICO, BIÓTICO O SOCIAL)			
CÓDIGO DEL PROGRAMA		NOMBRE DEL PROGRAMA	
<b>1. OBJETIVOS</b>		Foto asociada al impacto	
Indica de manera general y específica la finalidad que se pretende desarrollar con la estrategia de manejo ambiental <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Generales</b></li> <li>• <b>Específicos</b></li> </ul>			
<b>2. METAS</b>			
Presenta las metas a alcanzar, indicándose la finalidad que se pretende desarrollar con la estrategia de manejo ambiental. Están relacionadas con los objetivos identificados			
<b>3. ETAPA DEL PROYECTO EN LA QUE SE IMPLEMENTARÁ EL PROGRAMA</b>			
<b>Preconstrucción</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>4. IMPACTOS AMBIENTALES A MANEJAR</b>			
Está relacionado con el impacto provocado por las diferentes etapas del proyecto			
<b>5. ACTIVIDADES GENERADORAS DEL IMPACTO</b>			
Se relaciona las actividades generadoras del impacto, para cada etapa <ul style="list-style-type: none"> <li>Etapa XX <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul> </li> <li>Etapa XX <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul> </li> <li>Etapa XX <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul> </li> </ul>			
<b>6. TIPO DE MEDIDA</b>			
<b>Prevención</b>		<b>Corrección</b>	
<b>Mitigación</b>		<b>Compensación</b>	
<b>7. MEDIDAS A DESARROLLAR Y RELACIÓN DE ACTIVIDADES PROPUESTAS A IMPLEMENTAR</b>			
Corresponde a la descripción de las medidas a desarrollar para el adecuado manejo de los impacto			

<p><b>Etapas</b></p> <p><b>Etapas</b></p> <p><b>Etapas</b></p>				
<p><b>8. INDICADORES</b> (Corresponde al establecimiento de los indicadores que mostrarán la eficacia, eficiencia y efectividad. Permiten hacer seguimiento a las metas propuestas para cada objetivo)</p>				
<b>Meta</b>	<b>Nombre del indicador</b>	<b>Forma de evaluación</b>	<b>Nivel de cumplimiento</b>	
<p><b>9. LUGAR DE APLICACIÓN</b></p>				
<p>Indica el (los) sitio(s) en los cuales se deben desarrollar las acciones de manejo ambiental y social</p>				
<p><b>10. POBLACION BENEFICIADA ( Aplica solo para el componente social)</b></p>				
<p><b>11. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN</b></p>				
<b>Acción</b>	<b>Etapas</b>			
	<b>Preconstrucción</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>	<b>Mantenimiento</b>
<p><b>12. CUANTIFICACIÓN Y COSTOS</b></p>				
<p>Establece el costo total. Los costos del programa de manejo que se detallan en el Capítulo 16</p>				
<p><b>13. RESPONSABLE DE EJECUCIÓN</b></p>				
<p>Se establece el responsable de la ejecución de la ficha de manejo ambiental</p>				

Elaboración: UT MOVIUS 2022

### 2.5.7. Plan de Seguimiento y Monitoreo

En cada ficha se presenta un programa de monitoreo y seguimiento - PMS que busca a evaluar la eficacia del manejo de uno o más impactos de acuerdo con las metas establecidas en el PMA; los planes contienen: (i) acciones a desarrollar para obtener la información y/o los datos que permitan calcular los indicadores propuestos del PMA; (ii) criterios utilizados para el planteamiento de cada indicador, tanto de cumplimiento como de efectividad ambiental; (iii) frecuencia de medición; (iv) justificación de la representatividad del indicador planteado.

A continuación, se describe el contenido de la ficha de seguimiento y monitoreo:

Tabla 33. Contenido ficha de seguimiento y monitoreo a los planes de manejo

Código	Nombre
1. OBJETIVO	Establece de manera específica y precisa el resultado que se pretende con la estrategia de seguimiento y monitoreo.
2. PLAN DE MANEJO ASOCIADO	Se indica el código y planes de manejo asociados
3. ACCIONES A DESARROLLAR	Medidas específicas que se adoptarán para efectuar el seguimiento y monitoreo a los planes de manejo propuestos.
4. INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN No. 1	Meta: son las propuesta en el plan de manejo
	Indicador: indicadores correspondientes a la meta
	Valor de referencia: establece los rangos de eficacia
	Frecuencia de medición: indica el tiempo de ejecución de las verificaciones y/o monitoreo planteados
5. INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN No. n	Meta: son las propuesta en el plan de manejo
	Indicador: indicadores correspondientes a la meta
	Valor de referencia: establece los rangos de eficacia
	Frecuencia de medición: indica el tiempo de ejecución de las verificaciones y/o monitoreo planteados
6. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE SEGUIMIENTO O MONITOREO	Sitio, área o trayecto donde se aplicarán las medidas de seguimiento y monitoreo
7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	Indica el momento de aplicación del programa de seguimiento.
8. RESPONSABLE DE EJECUCIÓN	Establece las personas (naturales o jurídicas), encargadas de ejecutar, controlar, evaluar y/o de hacer el seguimiento y monitoreo planteado y mecanismos de coordinación entre los actores involucrados en el cálculo del indicador.
9. CUANTIFICACIÓN Y COSTOS	Establece el costo total.

Elaboración: UT MOVIUS 2022

### 2.5.8. Plan de Gestión del Riesgo

El plan de gestión del riesgo es una herramienta que se desarrolla como parte de un proceso de identificación, caracterización, evaluación y análisis de los riesgos asociados al proyecto L2MB y define los mecanismos de actuación frente a posibles situaciones de riesgo que puedan presentarse durante las distintas actividades del proyecto.

En consecuencia, el plan se enmarca en tres procesos. El primero es un proceso de conocimiento del riesgo, en el cual se identifican: hechos, acciones y/o actividades generadoras de riesgo, que pueden conducir a la ocurrencia de efectos no previstos dentro del normal funcionamiento y desarrollo del proyecto. El segundo, es el proceso de reducción del riesgo que contempla medidas correctivas y prospectivas dirigidas a la reducción de la exposición a las amenazas y a la disminución de la vulnerabilidad de las personas, el ambiente y la infraestructura. Finalmente, con los resultados del

análisis específico de riesgos (proceso de conocimiento) y las medidas implementadas de reducción del riesgo, se estructura el proceso de manejo del desastre, que contiene las acciones del plan de emergencia y contingencia.

El Plan de Gestión del Riesgo tiene como alcance las áreas donde se desarrollen las actividades principales del proyecto que se pueden clasificar en dos grupos: obras claves para el desarrollo del metro y en obras complementarias, comprendidas en la L2MB, en la ciudad de Bogotá D.C., Colombia.

#### 2.5.9. Lineamientos de participación

En el marco de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y Social se adelantó el proceso de participación de las partes interesadas en dos grandes momentos: un primer momento al inicio, enfocado en la socialización del alcance, actividades, cronogramas y otros aspectos propios del estudio, y un segundo momento orientado a la consulta del EIAS, en el que se presentaron los resultados y se recibió retroalimentación de los diferentes capítulos del estudio, tales como impactos, planes de manejo y recomendaciones por parte de los actores sociales del AI, con el fin de contar con un documento construido de forma participativa y colaborativa con los diferentes actores sociales y la comunidad en general.

El diseño de la estrategia de participación se sustentó en lo dispuesto en la Constitución Política Nacional, en la normatividad nacional existente y en las salvaguardas sociales y ambientales del Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo – BID.

#### 2.5.10. Seguridad y Salud en el Trabajo

Para la ejecución y desarrollo del componente de Seguridad y Salud en el Trabajo SST del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, se contempla una metodología para la estructuración y desarrollo del Sistema, donde se realiza cumplimiento a los siguientes lineamientos:

1. Cumplimiento de obligaciones SST contractuales
2. Normatividad legal vigente aplicable a las actividades del proyecto
3. Fichas de manejo SST para los diferentes programas de obra
4. Presupuesto SST

La metodología implementada se desarrolla con el fin de garantizar la correcta implementación de los requerimientos en Seguridad y Salud en el Trabajo (legales, contractuales y demás que apliquen) orientada al ciclo de mejora continua.

La implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo se desarrolla en el marco de la Ley 1562 de 2012, Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019, se alinea dentro de los términos de referencia de las especificaciones técnicas ET04 y ET05 del Estudio de impacto ambiental y social –EIAS, documento “Marco Ambiental y Social” del Banco Mundial, documento “Marco de Protección Ambiental y Social (MPAS)” del Banco Interamericano de Desarrollo, GA-MN-001 Manual de Seguimiento y Control Ambiental y de Seguridad y Salud en el Trabajo SST de la Empresa Metro de Bogotá, y demás normas aplicables; esto con el objetivo de garantizar la aplicación adecuada del sistema, garantizando la aplicación de las medidas de seguridad y salud en el trabajo, el mejoramiento del comportamiento de los trabajadores, las condiciones y el medio ambiente laboral y el control eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo. Para esto se diseña dentro del marco de la protección de la seguridad y salud en el trabajo de los trabajadores, un plan de trabajo anual para el cumplimiento de los objetivos del SG –SST, en el que se debe identificar las metas, responsabilidades, recursos y cronograma de actividades en concordancia con los estándares mínimos del Sistema. En cumplimiento de lo expuesto, el proyecto presenta el Plan de Seguridad y Salud en el trabajo



con vigencia al término del contrato, comprometido con la promoción de la salud en el lugar de trabajo, la prevención, la clasificación y la determinación del riesgo para promover el cuidado y bienestar de todos los trabajadores. Mediante el planteamiento de metas alcanzables que faciliten una excelente implementación del SG-SST basada en los principios del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) en tal medida que se cumpla con las exigencias legales aplicables a la concepción del proyecto.

## 2.6. PROFESIONALES



El equipo del EIAS de la UT MOVIUS lo conforman profesionales y especialistas de SYSTRA e INGETEC. SYSTRA es una compañía francesa líder mundial en Ingeniería de Transporte Público, ha diseñado uno de cada dos metros en el mundo, ha participado en el diseño del 65% de los metros automáticos a nivel mundial y en los últimos 15 años ha participado en el diseño de más de 400 kilómetros de metro, involucrándose en el diseño de factibilidad, ingeniería de detalles y los estudios ambientales y sociales de estos proyectos. INGETEC es la firma líder en consultoría en Colombia y Latinoamérica, con más de 70 años de experiencia en consultoría y supervisión de proyectos de ingeniería de gran complejidad en más de 25 países y cuenta con una amplia experiencia en estudios, diseños, estudios de impacto ambiental y estudios sociales, para la construcción e interventoría de sistemas de transporte masivo, viales, y de buses articulados incluyendo TransMilenio. En la Tabla 34 se relaciona los profesionales que participaron desde la UT, en la elaboración de este estudio

Tabla 34. Equipo de trabajo para la elaboración del EIAyS

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
Fabio Alexander Sánchez Camargo	Coordinador Técnico del Proyecto Director Oficina de Proyectos PMO Ingeniero Civil Msc. Ingeniería Civil	25202-75480	28 años	Más de 20 años de experiencia en consultoría, involucrado en el desarrollo de proyectos de infraestructura e hidroeléctricos a nivel internacional en etapas de diseños conceptuales, básicos y detallados, análisis de riesgos, selección de alternativas, evaluaciones económicas y financieras, debidas diligencias y asesoría y supervisión durante construcción. Como Sub-Gerente de la Gerencia de Proyectos de INGETEC, la experiencia del ingeniero Sánchez incluye el manejo y coordinación de equipos multidisciplinarios durante la ejecución de proyectos de consultoría en áreas de infraestructura, minería y desarrollos hidroeléctricos. Ha participado en una amplia gama de proyectos con diferentes responsabilidades, desde especialista estructural, sismología, evaluación económica y financiera, evaluación de riesgo, así como gerente y director de proyectos. Como ingeniero estructural, su experiencia abarca el análisis y diseño estructural de presas, estructuras de acero, concreto, y mampostería

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				estructural, diseño de estructuras. Profesional con experiencia en la preparación de documentos contractuales (especificaciones y planos) para proyectos de infraestructura. Experiencia en la coordinación técnica de los Estudios de Impacto Ambiental con enfoque en la inclusión de los estándares de la Banca Multilateral para los Proyectos PLMB y Regiotram.
Astrid Romary Sáenz Guerrero	Coordinadora del Estudio Ambiental Directora Departamento Gestión Ambiental de INGETEC S.A.  Ingeniera Ambiental y Sanitaria (1996) - Especialista en Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (1998) - Especialista en salud ocupacional (2009)	25260-63236	26 años	Amplia experiencia en consultoría, diseño e interventoría de obras civiles de infraestructura vial y eléctrica, formulación de proyectos de evaluación de impactos y diagnóstico ambiental, planes de manejo, planes de ordenamiento y desarrollo municipal. Dentro de su experiencia se ha desempeñado en la dirección, coordinación técnica y administrativa en proyectos ambientales en áreas de minería e infraestructura entre otros. (Estudio de Impacto Ambiental, sustracción DMI, sustracción de reserva forestal, inventario forestal, permiso de uso de recursos naturales, prospección arqueológica, planes

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				<p>de gestión ambiental). Coordinadora ambiental en proyectos de Interventoría (ambiental, social y SISO) en áreas de infraestructura (vías, eléctrico, puertos). Coordinación del Sistema de Gestión de la Calidad al interior de la división ambiental. Directora del departamento de Gestión Ambiental.</p> <p>Cuenta con amplia experiencia en dirección, coordinación y especialista en la elaboración de estudios de impacto ambiental del sector, infraestructura vial ( Vías y ferroviaria ) , líneas de transmisión, minería y puertos. Adicionalmente tiene experiencia en interventoría de proyectos de infraestructura vial, líneas de transmisión, subestaciones y puertos.</p> <p>Específicamente ha dirigido y coordinado la elaboración de estudios de impactos ambiental con enfoque de inclusión de los estándares ambientales exigido por la Banca Multilateral, como son Regiotram de Occidente, Metro Línea 1</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
Diego Roberto Martínez Zárate	Asesor Técnico y Coordinador Físico Ingeniero Civil, Magister en Gestión de Proyectos - PMP, Project Management Professional®, Esp. Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos	25202-73875	24 años	INGENIERO CIVIL con Conocimiento y experiencia en Gerencia y estructuración de proyectos, experiencia en Gerencia de Proyectos, siguiendo los lineamientos del Project Management Institute®, contenidos en el PMBOK® Guide, experiencia en Dirección, Gerencia Ambiental, Especialista ambiental, en proyectos de consultoría (Estudios de impacto ambiental y Social, Planes de Manejo Ambiental, Evaluación y valoración de costos ambientales y asesoría en la estructuración técnica de proyectos con alto impacto ambiental, social y de seguridad industrial, para los sectores de Minería, hidrocarburos e infraestructura, Experiencia en dirección y coordinación de proyectos de infraestructura con estándares ambientales requeridos por la banca multilateral, como la Primera línea del Metro de Bogotá (Metro elevado), dentro del contrato de estructuración técnica de la PLMB, proyecto a cargo del consorcio METROBOG (INGETEC-SYSTR) - 2018, y la gerencia Ambiental de los estudios Ambientales de la Primera Línea del Metro de Bogotá - IDU 2014, entre otros.
<b>Apoyo Cartografía y SIG</b>				
Eliana Marcela Gemade	Especialista SIG	-	27 años	Con amplia experiencia en la elaboración de estudios de impacto ambiental del sector,

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				infraestructura vial ( Vías y ferrovial) , líneas de transmisión, mineros para los medios biótico, abiótico y socioeconómico. Entre ellos proyectos como Avenida Ciudad de Cali, Centenario , Regiotram, Metro2, Ruta del sol , Nueva Esperanza, minas la Jagua , la esmeralda entre otras. Presentación de proyectos en la ANLA GDB acorde a la resolución vigente en el momento
<b>Componente físico</b>				
Ivan Silva Quintero	Director Departamento Ingeniería Ambiental Ingeniero Sanitario Mcs en Ingeniería Civil con énfasis ambiental	76237-24783	37 años	Con amplia experiencia en consultoría en evaluación ambiental de proyectos de infraestructura, haciendo la dirección y coordinación de estudios de impacto ambiental de proyectos para analizar su viabilidad ambiental y dar gestión al licenciamiento ante las autoridades ambientales nacionales y/o regionales. Actualmente se desempeña como Jefe del departamento de Ingeniería Ambiental en INGETEC.  Así como experiencia en dirección, coordinación y especialista en la elaboración de estudios de impacto ambiental del sector, infraestructura vial ( Vías y ferrovial) , líneas de transmisión, minería y puertos. Específicamente ha dirigido y coordinado la elaboración de estudios de impactos ambiental con enfoque de inclusión de

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				los estándares ambientales exigido por la Banca Multilateral, como son Regiotram de Occidente, Metro Línea 1
Alexander Hassidoff	Ingeniero Civil Director del Departamento de Planeamiento de Proyectos INGETEC S.A  Ingeniero civil (1996) - Especialista en Recursos hídricos	2520264073	25 años	Con experiencia en consultoría y planeamiento de obras de infraestructura involucrando aspectos ambientales; interés y experiencia específica en proyectos hidroeléctricos, embalses, modificación de cauce de ríos y sistemas de alcantarillado, así como en modelación hidrogeológica. Capacidad de orientación y coordinación de grupos de trabajo multidisciplinarios (ingeniería civil, mecánica, eléctrica, vías, ambiental, etc.). Conocimiento técnico y elevada capacidad de análisis / diseño en hidrología, hidráulica e hidrogeología.
Leticia Jiménez	Especialista componente Geosférico Especialista Senior Geóloga Esp. Derecho Minero y petrolero  Geóloga (2003) - Especialista en Derecho Minero Energético (2014).	1995	24 años	Experiencia laboral en el área de geología, geología económica (exploración y explotación de yacimientos no metálicos), Geología para Ingeniería y geotecnia en proyectos lineales, hidroeléctricos, yacimientos minerales no metálicos e hidrocarburos. 15 años de experiencia técnico y ambiental en Estudios ambientales evaluación geoambiental (geología, geomorfología, hidrogeología MHC-MHN, geotecnia superficial y subterránea), evaluación de amenazas y riesgos geológicos, jerarquización, evaluación y manejo de impactos

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				del componente físico, gestión y planificación de cuencas hidrográficas; trámites y proyectos de legalización minero - ambiental (materiales de construcción); procesos de restauración e Impacto Ambiental; Estudios relacionados con Geoquímica orgánica de hidrocarburos pesados. 17 años experiencia en la dirección y coordinación técnica de proyectos mineros y ambientales del sector minero, energético y de infraestructura vial. Experiencia en la coordinación técnica y ejecución de estudios de Geología para Ingeniería y Geotecnia y Estudios Ambientales como Geóloga Senior
Jeisson Pinzon	Ingeniero Civil (2013)  Master en Ingeniería Civil con énfasis en geotécnia (2015)  Especialista en Gerencia de Proyectos (2017)	25202-261982 CND	9 años	Ingeniero civil con experiencia en consultoría en el área de geotécnia en proyectos de hidrocarburos, mineros e hidroeléctricos, principalmente. Desarrollador de modelos numéricos en tres dimensiones mediante métodos de elementos finitos para proyectos hidroeléctricos y de minería.  Experiencia técnico ambiental para la ejecución y acompañamiento de estudios ambientales, evaluación de amenazas y riesgos, jerarquización, evaluación y manejo de impactos del componente físico y planeamiento de obras de infraestructura involucrando aspectos ambientales.



Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
David Andres baquero	Ingeniero Civil Master en Ingeniería Civil	25202-290370 CND	6 años	<p>Ingeniero de diseño geotécnico énfasis de análisis de cimentaciones superficiales y taludes.</p> <p>Con experiencia en análisis numérico de obras geotécnicas, apoyo en supervisión de exploraciones de investigación del subsuelo y recomendaciones constructivas en adecuación de vías (pavimentos, estructuras hidráulicas, estructuras de contención, entre otros) así como recomendaciones para cimentación de edificaciones.</p> <p>Experiencias previas en proyectos de adecuaciones viales como Ruta del Sol Fase 3</p>
Yorlenny Zambrano Rodríguez	Ingeniera ambiental	25238-331095	6 años	<p>Experiencia en consultoría e interventoría, estudios de impacto ambiental, planes de manejo, planes de gestión del riesgo, planes de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento, planes de adaptación de la guía ambiental - PAGA, informes de cumplimiento ambientales - ICA, entre otros, en proyectos del sector minero, agroquímicos, infraestructura vial y férrea, redes hidráulicas y líneas de transmisión eléctrica.</p> <p>Desempeñándose en la ejecución y coordinación abiótica en diversos proyectos ambientales para licencias ante las autoridades</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				ambientales nacionales y/o regionales. Así como proyectos con enfoque de inclusión de los estándares ambientales exigidos por la banca multilateral como la extensión de la primera línea del metro de Bogotá y Regiotram de Occidente.
Yadert Contreras Barbosa	Ingeniero ambiental y Sanitario (2015)  Magíster en Ingeniería Ambiental (2018)	25260-308142 CND	7 años	Experiencia en diseño y ejecución de experimentos en campo y en laboratorio, diseño y funcionamiento de equipos de medición, monitoreo y control ambiental. Interpretación y análisis de datos, principalmente en la matriz ambiental aire (contaminación atmosférica y calidad del aire). Ingeniero de diseño del departamento de Ingeniería Ambiental.  Cuenta con amplia experiencia en la matriz ambiental aire, procesamiento y análisis de datos, evaluación de estudios ambientales de calidad del aire, emisión de ruido y ruido ambiental, sustancias precursoras de olores ofensivos, biogás y gases de combustión, asesor en modelación ambiental y planificador de monitoreos ambientales de calidad del aire ambiental y ruido.  Específicamente, ha liderado las evaluaciones al componente atmosférico en estudios de impacto ambiental y social para mineras a gran escala,

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				líneas de transmisión eléctrica y proyectos con enfoque de inclusión de los estándares ambientales exigidos por la banca multilateral como la extensión de la primera línea del metro de Bogotá.
Felipe Soler	Especialista componente ruido Ingeniero Ambiental	-	6 años	<p>Ingeniero Ambiental de la Universidad de Los Andes. Con énfasis en la modelación matemática de la propagación de ruido y de los procesos de transporte, cinética de reacciones y transformaciones bioquímicas de determinantes convencionales de calidad del agua.</p> <p><b>Experiencia en la modelación de propagación de contaminantes en ríos y lagos asociados a proyectos de termoelectricas.</b></p> <p>Proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelación del vertimiento de ADR-Termozipa.</li> <li>-Modelación Calidad del agua Central Térmica Bahía de Cartagena</li> </ul> <p><b>Experiencia en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable.</b></p> <p>Proyectos:</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				<p>-Multipurpose reservoirs on Azuero Rivers-Canal de Panamá</p> <p>-Río Bayano, Estudios complementarios-Canal de Panamá</p> <p>Experiencia en el desarrollo de estudios de impacto ambiental en la modelación de propagación de ruido de proyectos mineros, viales, férreos, línea de tensión, fotovoltaicos e industriales.</p> <p>Proyectos:</p> <p>-Av. Ciudad de Cali, Estudios y Diseños-IDU</p> <p>-Centenario Alo, Estudios y Diseños-IDU</p> <p>-V. Andino Kingston, Línea base EIA-Vidrio Andino Kingston</p> <p>-Mina Auríferos Soto Norte Minesa Estudios Ambientales-Minesa</p> <p>-Proyecto Fotovoltaico CSF CONTINUA San Felipe-CONTINUA</p> <p>-Modificación del EIA Mina Monterrey-Cemex</p>

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL - L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-IN-001-VB

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				<p>-CFRO Regiotram-CFRO Regiotram</p> <p>-Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la construcción de la segunda calzada Catambuco Pasto-Concesionaria vial unión del sur</p> <p>-LÍNEA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA 230 kV DESDE PROYECTO SOLAR FOTOVOLTAICO CSF CONTINUA Cartago 99 MW HASTA SUBESTACIÓN Cartago DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS - DAA-CONTINUA ENERGÍAS POSITIVAS</p> <p>-PROYECTO UPME-STR-13-2015 SUBESTACIÓN LA LOMA 110kV Y SU CONEXIÓN AL STN-Grupo Energía de Bogotá</p> <p>-UPME 04-2014 REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 kV PROYECTO LA VIRGINIA - ALFÉREZ ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL-Grupo energía de Bogotá</p> <p>-ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL TÍTULO MINERO 6823 Y 745-CEMEX</p> <p>-Proyecto Línea 1 y 2 del Metro de Bogotá</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
Lainer Bohorquez	Ingeniero Civil (2009)  Magister Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hídricos (2016)	1320218288 BLV	12 años	Ingeniero civil especialista en Recursos Hídricos con experiencia en consultoría para proyectos viales, férreos, mineros e hidroeléctricos, principalmente.  Experiencia técnico ambiental para la ejecución y acompañamiento de estudios ambientales, evaluación de amenazas y riesgos, evaluación y manejo de impactos del componente físico y planeamiento de obras de infraestructura involucrando aspectos y estándares ambientales requeridos por la banca.
<b>Medio Biótico</b>				
Ross Mérida Martin	Directora del Departamento de Ecología Bióloga	51683158 CPB	33 años	Bióloga con experiencia en consultoría en evaluación ambiental de proyectos de infraestructura, haciendo la dirección y coordinación de estudios de impacto ambiental de proyectos para analizar su viabilidad ambiental y dar gestión al licenciamiento ante las autoridades ambientales nacionales y/o regionales. Actualmente se desempeña como Jefe del departamento de Ecología en INGETEC.  Ha participado en el direccionamiento de los estudios bióticos para estudios ambientales tales como EIA Regiotram de Occidente (Concesionaria Férrea de Occidente), DAA Proyecto Doble Calzada Catambuco - Pasto

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				(Concesionaria Vial del Sur), EIA LTE La Loma - La Jagua y EIA La Virginia- Alférez (Grupo de Energía de Bogotá), DAA LTE 220 kV (Univergy Solar Colombia), entre otros.
Gilma Stella Pedraza	Coordinación del medio biótico Bióloga Especialista en Gestión social y ambiental	41637594 CPB	23 años	<p>Bióloga con experiencia en la Ejecución de Estudios de Impacto Ambiental y Planes de Manejo Ambiental de proyectos hidroeléctricos, viales, líneas de transmisión, urbanísticos, gasoductos, acueductos y zonas de aprovechamiento forestal. Interventora ambiental en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental de proyectos viales. Ejecutora de estudios para Diagnóstico Ambiental de Alternativas de proyectos de ingeniería. Elaboración de diagnóstico ambiental y monitoreos de calidad del agua e hidrobiológicos en sistemas lénticos y lóticos.</p> <p>Amplia experiencia en consultoría, ha participado en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental de proyectos desarrollados bajo estándares ambientales exigidos por la Banca Multilateral, participación en proyectos: EIA de la Segunda Línea del Metro de Bogotá, EIA Regiotram de Occidente (Concesionaria Férrea de Occidente). entre otros. Así como proyectos urbanos IDU como Estudios y Diseños Avenida Ciudad de Cali, Estudios y Diseños Centenario ALO y Estudios y Diseños</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				<p>Transmilenio Cra Séptima., nivel nacional</p> <p>Contrato de concesión para la construcción, rehabilitación, ampliación y mejoramiento, la preparación de los estudios definitivos, la gestión social, predial y ambiental, la obtención y/o modificación de las licencias ambientales, la financiación, la operación y el mantenimiento de las obras, en El Sector Comprendido entre San Roque-Ye de Ciénaga - Constructora Ariguaní Para Yuma Concesionaria S.A.</p> <p>Interventoría para los estudios, diseños, construcción y pavimentación de la carretera Nuquí-Las Ánimas- Chocó- INVIAS,</p> <p>Estudios y diseños y construcción de la doble calzada de la carretera Buenaventura-Loboguerrero, sectores Altos de Zaragoza (PR29+000)-Triana (PR+39+700)-Cisneros (PR49+000) Valle del Cauca - INVIAS. etc.</p>
Alfonso Muriel	Ingeniero Forestal	22474	14 años	<p>Ingeniero forestal con experiencia en consultoría en el área ambiental con la capacidad de prestar servicios en las diferentes actividades forestales y en el manejo de los recursos naturales renovables como: En el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales. Planificación y evaluación de los trabajos de forestación y reforestación. Conservación del medio ambiente. Elaborar y dirigir estudios, proyectos de corrección de torrentes y manejo</p>



Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				<p>de cuencas. Planificar y dirigir trabajos de rehabilitación de tierras y protección de suelos contra erosión. Secado y tratamiento de la madera.</p> <p>Ha participado en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental de proyectos desarrollados bajo estándares ambientales exigidos por la Banca Multilateral, participación en proyectos: EIA Regiotram de Occidente (Concesionaria Férrea de Occidente) Estudio de la extensión de la Primera Línea del Metro de Bogotá, EIA de la Segunda Línea del Metro de Bogotá. EIA LTE La Loma - La Jagua, entre otros. Así como proyectos urbanos IDU como Estudios y Diseños Avenida Ciudad de Cali, Estudios y Diseños Centenario ALO y Estudios y Diseños Transmilenio Cra Séptima. Inventario forestal y de especies en Veda Unidad Funcional 8-Vía 40 Express, Via chispiadero - Chaparral-ISAGEN, Ruta del Sol Sector III-YUMA Concesionaria.</p>
Laura Pardo	Bióloga	1020801084	3 años	<p>Bióloga con experiencia en consultoría en las áreas de caracterización de la vegetación, flora en veda, ecología del paisaje y planes de compensación.</p> <p>Específicamente ha participado en la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				de proyectos elaborados bajo los estándares ambientales exigidos por la banca multilateral: EIA Regiotram de Occidente (Concesionaria Férrea de Occidente) en la caracterización de la vegetación, caracterización de la flora en veda, planes de manejo, seguimiento y monitoreo de las coberturas vegetales, vegetación y la flora en veda, análisis de fragmentación del hábitat y conectividad del paisaje, elaboración de planes de compensación del medio biótico; Estudio de la extensión de la Primera Línea del Metro de Bogotá en la caracterización de la flora en veda, planes de manejo, seguimiento y monitoreo de la flora en veda; EIAS de la Segunda Línea del Metro de Bogotá en la caracterización de la flora en veda, planes de manejo, seguimiento y monitoreo de la flora en veda.
Nicolas Tellez	Biólogo Magister en ciencias ambientales	1020764439	7 años	<p>Biólogo con 7 años de experiencia en consultoría, diseño e interventoría, estudios de impacto ambiental, planes de manejo, entre otros. Dentro de su experiencia se ha desempeñado en la ejecución, coordinación biótica en diversos proyectos ambientales para licenciamiento ante las autoridades ambientales nacionales y/o regionales.</p> <p>Ha participado en el desarrollo de temáticas y/o coordinado el componente biótico en estudios</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				ambientales tales como EIA Regiotram de Occidente (Concesionaria Férrea de Occidente), Estructuración Tramo 1 Metro De Bogotá y Extensión de la Primera Línea del Metro de Bogotá, EIA LTE La Loma - La Jagua, entre otros. Así como proyectos urbanos IDU como Diseños de Ampliación Portal Américas, Estudios y Diseños Avenida Ciudad de Cali, Estudios y Diseños Centenario ALO y Estudios y Diseños Transmilenio Cra Séptima.
<b>Medio Socioeconómico y Cultural</b>				
Yaddy Helena Ruiz Rodriguez	Directora Departamento de Estudios Sociales de INGETEC Lider del medio socio económico Trabajadora Social con especialización en Gerencia de Recursos Humanos y Msc. Gerencia y Práctica del Desarrollo	085185211	23 años	<p>Con amplia experiencia en el desarrollo de estudios ambientales para diversos sectores de infraestructura en sus diferentes etapas de desarrollo.</p> <p>Los estudios ambientales los he desarrollado en diferentes zonas del país, tanto en contextos urbanos como rurales.</p> <p>Específicamente para proyectos de movilidad y transporte en Bogotá he participado en la elaboración de los estudios ambientales y sociales y seguimiento en la implementación de los planes de manejo en las etapas de construcción y operación; tales como Troncales de Transmilenio, PLMB y Regiotram.</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				He participado en los estudios ambientales y sociales que se han realizado con el cumplimiento de los estándares internacionales con acompañamiento de la Banca Multilateral en proyectos de transporte y del sector eléctrico.
Jeimy Samaniego Murcia	Profesional Social Arquitecta - Msc. Investigación Social	A25052004-5 2714	18 años	<p>Con experiencia en la elaboración de estudios ambientales en diferentes zonas del país, tanto en contextos urbanos como rurales en etapas previas y de desarrollo o ejecución y en diversos sectores de infraestructura.</p> <p>Con experiencia en proyectos de transporte masivo en contextos urbanos, 8 años de experiencia en el acompañamiento social en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, Colombia en procesos de acompañamiento a las comunidades en etapas de diseños y de construcción de vías para Transporte masivo TransMilenio y proyectos de vías con financiamiento del Banco Mundial.</p> <p>Con participación en la elaboración de proyectos de movilidad y transporte en Bogotá, Colombia, mediante el desarrollo de estudios ambientales y sociales en las etapas de factibilidad y diseños como, Primera Línea del Metro de Bogotá y Regiotram de Occidente, proyectos que acogen los estándares de la Banca Multilateral.</p>

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
Gillola Idaly Villalba Hernandez	Profesional Social Trabajadora Social- Especialista en Psicología de las Organizaciones.	085215211	22 años	Trabajadora social con amplia experiencia en trabajo con comunidades con ocho años de experiencia como Contratista en ejecución de planes de manejo ambiental y social, ocho años como Interventora realizando seguimiento y monitoreo al cumplimiento de planes de manejo ambiental y social, licencias ambientales, elaboración de informes de cumplimiento ambiental y social e informes de monitoreo ambiental y social en proyectos urbanos y rurales y cuatro años de experiencia en consultoría con la responsabilidad en el desarrollo de proceso participativos y de consulta con los diferentes actores sociales, teniendo en cuenta los estándares internacionales.
Joaquin Daniel Otero Santillan	Coordinador Equipo de Arqueología de INGETEC  Arqueólogo (2006) - Historiador (2009) - Especialización en Historia (2010) - Maestría en Arqueología (2010)	No aplica	16 años	Arqueólogo con amplia experiencia en coordinación de proyectos arqueológicos de grandes superficies. Gestión de proyectos y administración de recursos humanos y logísticos. Trabajo con personal profesional y operativo. Planeación y ejecución de trabajos de campo y laboratorio. Construcción de documentos técnicos de arqueología para entidades oficiales e instituciones académicas. Elaboración de propuestas técnico-económicas.

Nombre	Responsabilidad / profesión	Tarjeta Profesional No.	Experiencia profesional	
				Coordinación de una amplia gama de proyectos relacionados con los sectores de infraestructura vial, minas, transmisión eléctrica, subestaciones y proyectos de desarrollo urbano, entre otros, en el marco de Estudios de Impacto Ambientales así como de Programas de Arqueología Preventiva.
<b>Seguridad y Salud en el Trabajo</b>				
Fabio Willson Villalba Pardo	Ingeniero especialista SST para el proyecto L2MB Ingeniero en Seguridad Industrial e Higiene Ocupacional Auditor interno en Sistemas de Gestión integrados HSEQ - ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018.	091207-05479 29 Lic. Res. 6902 de 2021	12 años	Ingeniero en Seguridad y Salud en el Trabajo con experiencia en proyectos de infraestructura vial, constructivas, diseño y desarrollo de proyectos, conocimiento en requisitos legales y estándares de la Banca Multilateral, participación en proyectos como: Especialista SST del proyecto Patio portal Américas del Instituto de Desarrollo Urbano IDU para Transmilenio, Especialista SST del proyecto ALO-Centenario del Instituto de Desarrollo Urbano IDU para Transmilenio, Especialista SST IDU proyecto Av. Ciudad de Cali del Instituto de Desarrollo Urbano IDU para Transmilenio, Profesional SST de apoyo para el proyecto Regiotram de occidente (Concesionaria Férrea de Occidente), Profesional SST de apoyo para el proyecto Extensión línea 1 del Metro de Bogotá.

Fuente: UT MOVIOUS, 2022.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES  
LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL - L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-IN-001-VB