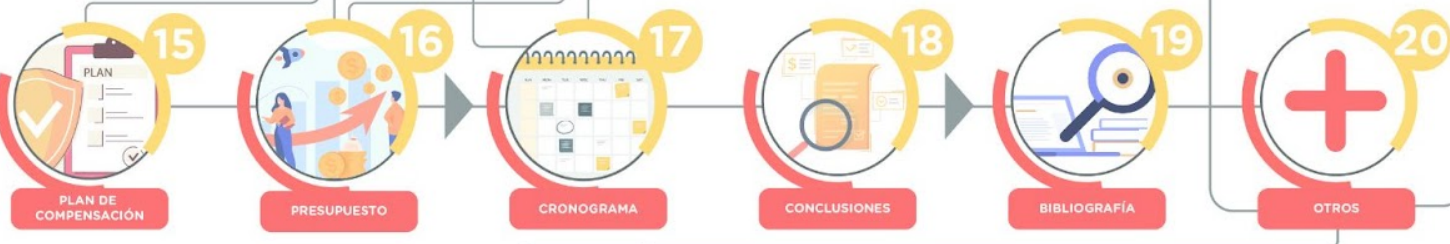
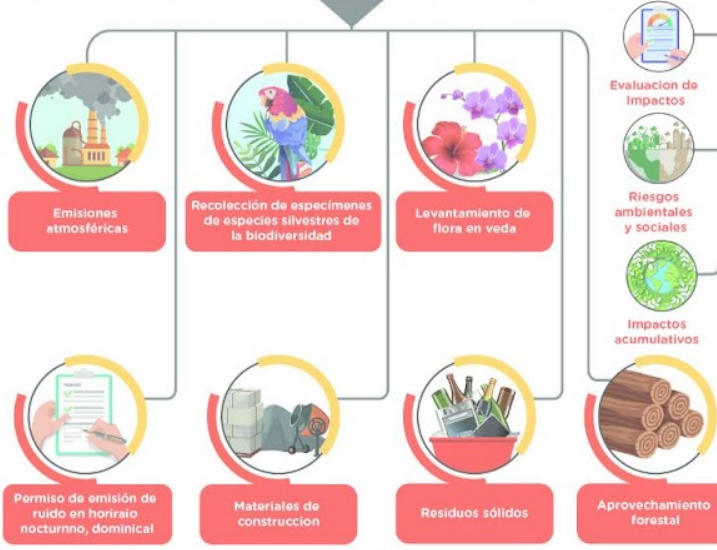




¡EL METRO HACE PARTE DE NUESTRA VIDA!

1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS





Contrato interadministrativo 136 de 2021
Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del
Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legales, de
riesgos, técnico y financiero

Capítulo 1
Análisis de Alternativas
Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-AMB-IN-001-VE

Elaborado por:



TABLA DE CONTENIDO

1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

1.1. ALTERNATIVAS ANALIZADAS EN LA FASE 2 PARA LA SELECCIÓN DEL PROYECTO DE EXPANSIÓN PRIORIZADO

1.2. ALTERNATIVA SELECCIONADA

1.2.1. Elementos de la Estructura Ecológica Principal

1.2.1.1. Corredores Ecológicos

1.2.1.2. Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital

1.2.1.3. Parques Urbanos

1.2.1.4. Área de Manejo Especial del Río Bogotá

1.2.2. Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

1.2.3. Geomorfología

1.2.3.1. Patrón y densidad de drenaje

1.2.4. Geomorfología asociada a las Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas).

1.2.5. Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional

1.2.6. Ruido urbano

1.2.6.1. Identificación de receptores sensibles

1.2.7. Afectación a comunidades y territorio

1.2.8. Conclusiones

2. ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trazados definidos para alternativas de Fase 2, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020.

Figura 2. Trazados definidos para alternativas de Fase 2, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020.

Figura 3. Esquema general de la relación entre las fases del estudio, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

Figura 4. Cruces cuerpos de agua – Faja de intervención

Figura 5. Unidades geomorfológicas dominantes en la Sabana de Bogotá a nivel de paisaje, sobre el mapa de sombras con elevaciones.

Figura 6. Subcuencas delimitadas para la L2MB

Figura 7. Patrón de drenaje, zonas de Ronda Hídrica y L2MB

Figura 8. Distribución de los cuerpos de agua superficial, patrón y densidad de drenaje sobre el modelo de elevación y la localización del proyecto

Figura 9. Cruce de zonas verdes alternativa 2.13. Calle 72–Av. Cali – Subterránea (Línea nueva)

Figura 10. Identificación de Receptores Sensibles. Alternativa 2.13. Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (Línea nueva)

Figura 11. Resultados del análisis de alternativas para el Componente Afectación Ambiental

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción abordaje prefactibilidad

Tabla 2. Corredores ecológicos – Faja de intervención (AID) del proyecto

Tabla 3. Área protegida en la franja de intervención (AID) del proyecto

Tabla 4. Cuerpos de agua con los que se intercepta el trazado

Tabla 5. Unidades geomorfológicas.

Tabla 6. Área de drenaje de las subcuencas

Tabla 7. Zonas verdes

Tabla 8. Resultados del indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Evaluación multicriterio de alternativas

Anexo 2. Informe ejecutivo prefactibilidad L2MB

1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En el marco del Convenio No. 068 de 2020 entre la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) y la Empresa Metro de Bogotá (EMB) se suscribió el Contrato FDN No. 033 de 2020 con la Unión Temporal UT Egis Steer – Metro de Bogotá, cuyo objeto fue la “Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión de la PLMB-T1 y su articulación con otros proyectos de transporte de la Región Bogotá – Cundinamarca” cuya ejecución, actividades y productos fueron los siguientes:



Figura 1. Trazados definidos para alternativas de Fase 2, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020. Fuente. Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

De este estudio y en una primera fase o fase uno (1), se realizaron los análisis correspondientes para definir la zona de expansión, la cual arrojó como resultado que la localidad de Suba es la zona o cuenca de la ciudad priorizada hacia donde debería ir la L2MB.

Una vez identificada la Zona de expansión priorizada, se buscó conectar la PLMB con la Localidad de Suba, para lo cual se formularon diferentes alternativas de líneas, las cuales fueron desarrolladas en la fase dos (2) de dicho estudio; fue así como se obtuvo la línea que discurre en los corredores de la Calle 72, Av. Cali y ALO, como la alternativa de mejor desempeño o mejor calificada mediante una metodología de evaluación por medio de una matriz multicriterio.

Posteriormente se configura el nodo de terminación, mediante la incorporación de diferentes opciones de localización de patio taller y se adelantó igualmente, una evaluación multicriterio para la zona norte del trazado, incluyendo en la evaluación el tramo de la Avenida Longitudinal de Occidente ALO, entre Av. Cali y Av. Suba, el cual arrojó como resultado para el nodo de terminación, el proyecto de expansión priorizado (PMLB - T2) con terminación en el polígono denominado “Fontanar del Río”, en el cual se implantará el patio-taller.

Finalmente, en la fase tres (3) del proyecto, donde se desarrollaron los estudios de prefactibilidad técnica para esta alternativa.

Finalmente, se cuenta con un informe ejecutivo (Anexo 1) donde se da cuenta de forma resumida y concreta de lo mencionado anteriormente. Los documentos finales aprobados por la Empresa Metro de Bogotá, se encuentran publicados de manera abierta en el siguiente enlace:

<https://www.metrodebogota.gov.co/?q=content/estudios-nivel-prefactibilidad-la-linea-2-del-metro-bogota>

Como resultado de lo anterior, a continuación, se presentan los capítulos más relevantes donde se encuentra la información relacionada con el alineamiento resultado de la prefactibilidad y los estándares socioambientales de la Banca Multilateral aplicables y que fueron considerados durante esta etapa:

Tabla 1. Descripción abordaje prefactibilidad

Tema de estándar socioambiental de la Banca Multilateral	Descripción del abordaje en la prefactibilidad	Documentos de soporte
Ecosistemas críticos	<p>En la fase 2 del proyecto (Análisis de Alternativas) se aplicó una batería de indicadores referentes al componente de afectación ambiental que se calificó a partir de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Elementos de la estructura ecológica principal (EPP) · Dinámica hídrica e hidráulica de los cuerpos de agua · Geomorfología del terreno · Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional · Ruido Urbano <p>Adicionalmente de acuerdo con la zonificación ambiental establecida en esta etapa se calificaron con un atributo de frágil los humedales catalogados como RAMSAR y aquellos que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Entregable 2 – Evaluación Multicriterio de Alternativas. · Entregable 5 - Identificación de problemáticas ambientales y sociales · Entregable 9 - Identificación de condiciones ambientales, sociales y prediales.
Reasentamiento de población	<p>Dentro del análisis multicriterio realizado a las 14 alternativas de la fase 2 (evaluación de alternativas) se aplicó el criterio de "Riesgo sobre la Adquisición Predial", en el cual se le daba mayor calificación a aquella alternativa con menor cantidad de predios afectados, lo que permite suponer que se cuenta con un menor número de población sujeto de reasentamiento.</p>	
Riesgos	<p>El componente de riesgos se evaluó a partir de los siguientes componentes relacionados con los estándares socioambientales de la Banca Multilateral:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Riesgo geotécnico y sísmico: Se consideró el contexto geotécnico, geológico y sísmico de cada alternativa. · Riesgo Ambiental: Se identificaron sitios con riesgo de inundación y remoción en masa. 	

Fuente: Adaptado FDN, 2023



Se aclara que el documento de Análisis de Alternativas que se menciona en este numeral, corresponden a un producto elaborado en el marco del Contrato FDN No. 033 de 2020 firmado entre la FDN y la Unión Temporal UT Egis Steer – Metro de Bogotá, cuyo objeto fue la "Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión de la PLMB-T1 y su articulación con otros proyectos de transporte de la Región Bogotá – Cundinamarca", documento que no puede tener modificaciones debido a que es un producto elaborado en la etapa de prefactibilidad, que ya cuenta con aprobación

A continuación se presenta como antecedentes el análisis previo, desarrollado en la prefactibilidad del proyecto, en donde se establecieron los criterios base a tenerse en cuenta en la ejecución del estudio ambiental y social, asociado a la factibilidad del proyecto de acuerdo a lo establecido en Ley 1682 de 2013.

1.1. ALTERNATIVAS ANALIZADAS EN LA FASE 2 PARA LA SELECCIÓN DEL PROYECTO DE EXPANSIÓN PRIORIZADO

Se realizó la selección de la zona de expansión de la L2MB-T1 y se identificaron 18 alternativas de trazado con la finalidad de llegar al proyecto de expansión priorizado, estas 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, bajo la óptica de componentes como: Impacto ambiental, urbano-paisajístico, beneficios sociales generados por el transporte y financiero, y así contar con una batería de indicadores que brindaron la información requerida para la toma de decisión por parte del Comité Técnico (FDN y EMB).

Como resultado, de la presentación de las alternativas iniciales al Comité Técnico del Contrato, se acogió la recomendación de la Consultoría y para la Fase 2, se seleccionaron: seis corredores:

1. Calle 127-Avenida. Rincón –Avenida Ciudad de Cali,
2. Calle 100 - Avenida. 68 – Calle 80
3. Canal Rionegro
4. Calle 80 - Avenida. Rincón - Avenida. Cali
5. Calle 80-Avenida Ciudad de Cali.
6. Calle 72 – Avenida Ciudad de Cali,

Asociados finalmente a 14 alternativas de trazado y combinación de tipología y conexión con la L2MB-T1. Las 14 Alternativas de trazado determinadas para la Fase 2, se encuentran analizadas en el documento, denominado “Entregable 2: Evaluación Multicriterio de Alternativas”, por medio de una matriz multicriterio suministrada por la EMB y consistente con la utilizada en la L2MB-T1, resultado de un ejercicio realizado entre el Gobierno Nacional y el Distrito.

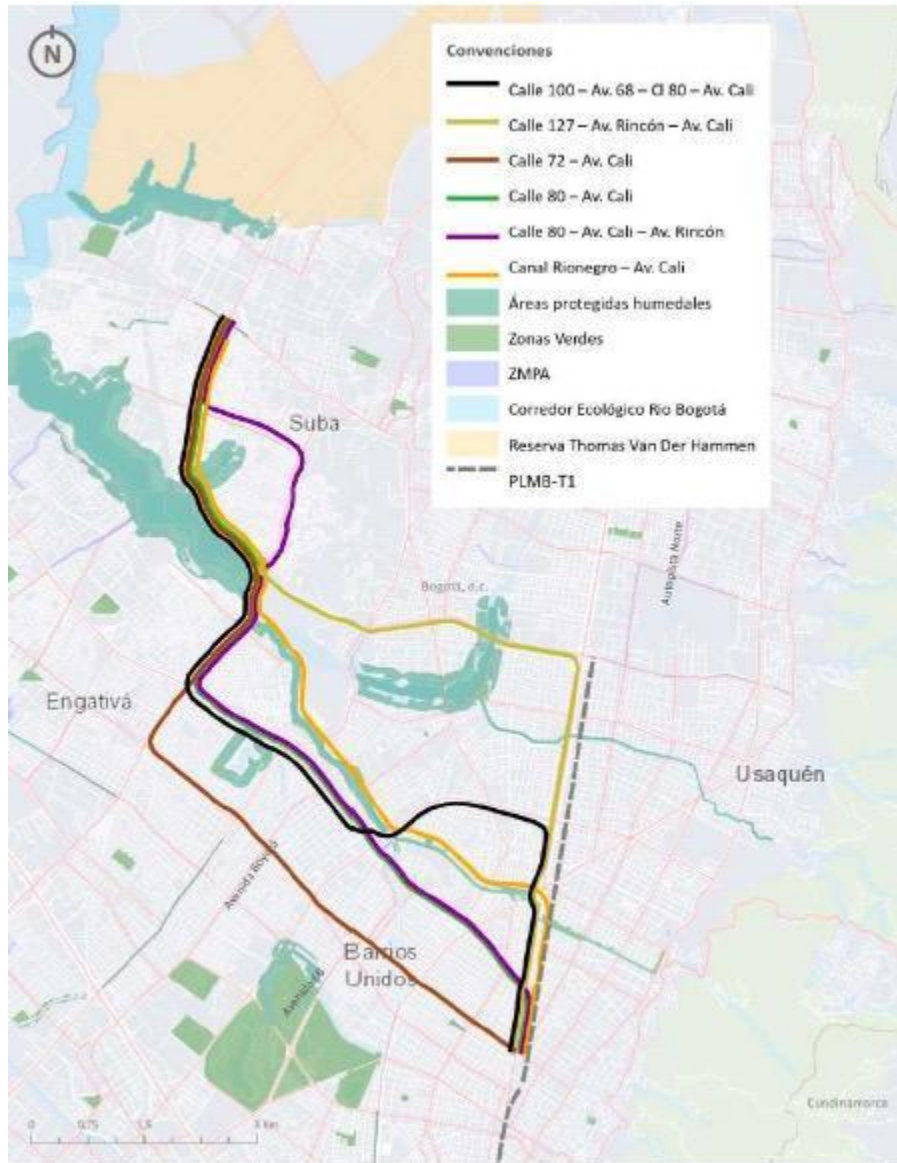


Figura 2. Trazados definidos para alternativas de Fase 2, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020.
Fuente. Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

La metodología empleada para la Fase 2 para la selección de la alternativa de mejor desempeño para la expansión de la L2MB-T1 en sus diferentes etapas, se enmarca en el siguiente esquema general de la relación entre las fases del estudio.

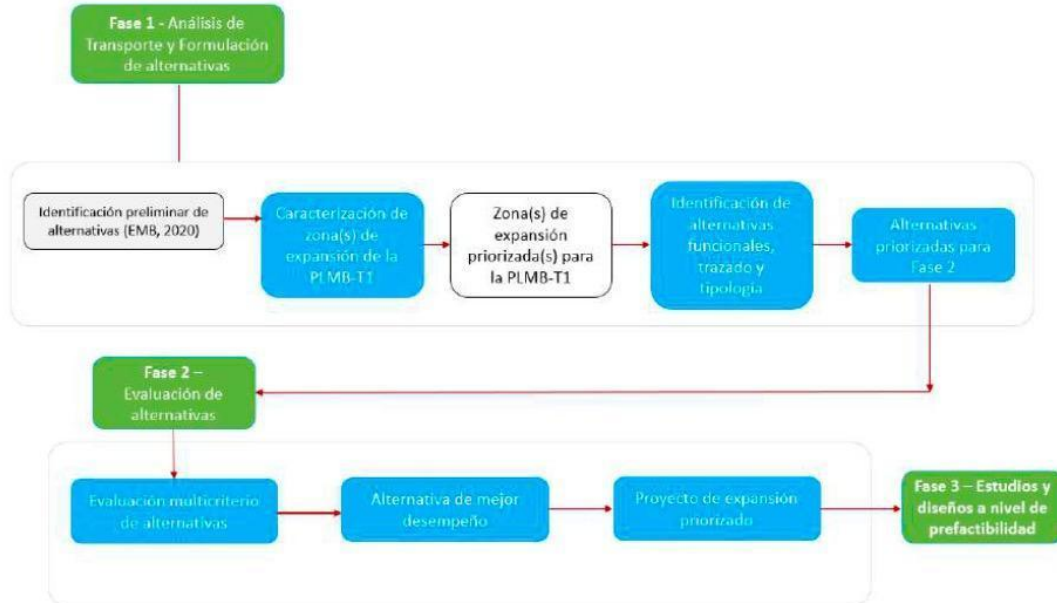


Figura 3. Esquema general de la relación entre las fases del estudio, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

Los criterios empleados para la evaluación y selección de alternativas, fueron elaborados y presentados en la etapa de prefactibilidad, dentro de los cuales se puso a consideración, para la selección de alternativas, los impactos que pudieran presentarse en los componentes físico, ambiental, social y financiero.

A continuación se presentan de forma general los criterios tenidos en cuenta para el análisis y evaluación de cada una de las alternativas tenidas en cuenta para el proyecto. Cabe mencionar que el análisis y desarrollo de cada uno de estos criterios para las distintas alternativas, se encuentra descrito en el Anexo 1-1 Evaluación Multicriterio de Alternativas (Entregable 2) Capítulo 4, elaborado por Egis (2020) para el FDN, en la etapa de prefactibilidad.

1. Afectación Ambiental

Restricciones ambientales que podrían impactar las alternativas propuestas acorde con el POT de Bogotá y la normativa ambiental vigente.

- Ruido Urbano: traslape con la cartografía de ruido suministrada por la SDA - Identificación de receptores sensibles.
- Elementos de la EEP: traslape de cada trazado seleccionado (Corredor de análisis de 400 metros, 200 metros a la derecha y 200 metros a la izquierda del eje de cada alternativa) con los elementos de la Estructura Ecológica Principal (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Áreas de Manejo Especial del Río Bogotá).
- Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua: la posible afectación del nuevo corredor férreo en los cuerpos de agua que cruce el trazado.
- Geomorfología del terreno: Zonas verdes endurecidas.
- Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional: Traslape con zonas de importancia en biodiversidad.

2. Componente Proceso Constructivo

- Ruido y vibraciones: Generación de ruido por la construcción del sistema, Generación de vibraciones por la construcción del sistema.
- Redes: Interferencias con redes principales.
- Rendimiento: Tiempo total de construcción.
- Daño emergente y lucro cesante: Perturbaciones a vecinos comerciales.
- Perturbaciones: Perturbación en el tráfico vehicular, Perturbación en la operación del BRT.

3. Componente Urbano-Paisajístico

- Integración / Desintegración urbana: Indicador afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico; Indicador proximidad con edificaciones; Indicador impacto visual.
- Renovación urbana: Indicador potencial de generación de Espacio Público; Indicador potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios; Indicador potencial de renovación urbana.

4. Componente Afectación Social

- Afectación a comunidades y territorio: efectos que la intervención planteada o propuesta tiene sobre la comunidad en general.
- Afectación a la infraestructura o equipamiento social: cantidad de Equipamientos Sociales Comunitarios que se impactan o que se interceptan en cada una de las alternativas de trazado.
- Afectación de zonas con valor patrimonial o cultural: impactos sociales que se presentan sobre las Zonas con Valor Patrimonial o Cultural por cada alternativa.

5. Componente Beneficios Sociales

- Pasajeros transportados: demanda extra atraída por el nuevo sistema de transporte y su capacidad de movilizar pasajeros.
- Ahorros en tiempo: la incidencia del proyecto en la disminución de los tiempos de desplazamiento de los viajeros en los diferentes modos de transporte.

6. Integración

- Facilidad de conexión: Se refiere a la integración del proyecto con la red de transporte público de mayor capacidad de la ciudad (Metro, Regiotram y TransMilenio), por medio de la medición de los viajes con conexión en la red.

7. Componente Financiero

- Costos de inversión proyecto metro por km (con predios): incluyendo predios, corresponde al cálculo de los costos estimados por ratios totales de los capítulos definidos para la construcción y puesta en operación.
- Costos de operación y mantenimiento: corresponden al cálculo de los costos totales estimados con ratios para el uso, mantenimiento y reparaciones del material rodante e infraestructura, gastos en energía y agua, piezas de reemplazo, costo de mano de obra, necesarios para la operación y mantenimiento del proyecto.

8. Componente Riesgo

- Riesgo geotécnico y sísmico: los impactos geotécnicos y sísmicos sobre las estructuras de la L2MB según su configuración constructiva (Túnel con tuneladora, túnel entre pantallas y viaducto), teniendo en cuenta el ambiente geológico, tectónico, geológico estructural y su interacción con las estructuras a adecuar.
- Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras: estimar el riesgo de cada una de las tipologías de metro evaluadas en el contexto geotécnico, geológico, hidrogeológico y sísmico de cada alternativa .
- Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros: Identificar los sitios con riesgo de inundación y remoción en masa que cruzan las alternativas propuestas.

- Riesgo sobre el cronograma: considera el rendimiento de la construcción de la L2MB en función de su configuración, ya sea subterránea o elevada y las penalidades que puede tener el cronograma por la interfaz de las obras con el contexto urbano del trazado como lo es densidad urbana, la presencia de redes, calles estrechas, entre otros.
- Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción: considera el criterio de rendimiento de la construcción de la L2MB según su configuración (subterránea o elevada) y el contexto urbano del trazado (densidad urbana, presencia de redes, calles estrechas, etc.).
- Riesgo de gestión predial: identificación de la cantidad de predios afectados por el trazado en cada una de las alternativas seleccionadas, teniendo en cuenta que, a mayor cantidad de predios es mayor la gestión predial que se debe adelantar y por lo tanto implica un mayor riesgo.
- Capacidad de gestión para la adquisición predial: Se analizan las alternativas buscando la mejor opción, identificando la que menor cantidad de predios afectados contemple.
- Riesgo financiero: determinar el nivel de riesgo global de cada alternativa combinando los niveles de riesgo de cada tipo de infraestructura respecto a sus costos de inversión y para este fin combina la ponderación de dos riesgos (geotécnico y rendimientos) y los costos del proyecto .
- Incertidumbre sobre el costo del proyecto: Se analizan las alternativas buscando la mejor opción, identificando la que mejor calificación ponderada tienen de la combinación del Riesgo geotécnico, Riesgo sobre el rendimiento de construcción y Costos de inversión.

1.2. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Se aborda este numeral tomando como base la información recopilada y analizada en el desarrollo de la etapa de prefactibilidad, documento Evaluación Multicriterio de Alternativas (Entregable 2) Capítulo 4, elaborado por Egis (2020) para el FDN, tomando los resultados sobre la alternativa de mejor desempeño y como unidad de análisis los indicadores que se relacionan a continuación:

- Fuentes hídricas: Cruces de agua
- Suelo: Generación de escombros durante la obra
- Paisajismo: Afectación arbórea
- Ruido y vibraciones: Generación ruido por la operación del sistema

Con la finalidad de realizar un análisis ambiental más detallado, la empresa Metro de Bogotá realizó acercamientos con la Secretaría Distrital de Ambiente y acordaron los indicadores que se evaluarían para la L2MB, los cuales se presentan a continuación, y que son objeto de este análisis:

- Elementos de la Estructura Ecológica Principal: Área de traslape con los elementos de la EEP (Corredores Ecológicos, Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá)
- Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua: Cruce con cuerpos de agua, que puedan tener afectación en su dinámica hídrica e hidráulica.
- Geomorfología del terreno: Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas).
- Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional: Traslape con zonas de importancia en biodiversidad (ecosistemas, corredores ecológicos de biodiversidad, hábitats y arbolado urbano, etc.)
- Ruido urbano: Identificación de receptores sensibles (hospitales, colegios, universidades, hogares geriátricos, bibliotecas, áreas de importancia ambiental, entre otros)

Otro componente considerado en la evaluación multicriterio de la selección de alternativa de mejor desempeño es la afectación social, en cuanto al criterio se consideró la afectación a comunidades y territorio, los indicadores establecidos fueron la afectación a la infraestructura o equipamiento social: recreativa, hospitales, centros educativos, centros de salud, centros religiosos, organizaciones sociales y la afectación de zonas con valor patrimonial o comunal.

1.2.1. Elementos de la Estructura Ecológica Principal

Según el Decreto 619 del 2000 con el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital, la Estructura Ecológica Principal (EEP) tiene como finalidad la conservación y recuperación de los recursos naturales, como la biodiversidad, el aire, el agua entre otros, en general el ambiente deseable para el hombre, fauna y la flora. La EEP está conformada por las áreas protegidas del distrito capital, Parques Urbanos de escala metropolitana y zonal, corredores ecológicos, áreas de manejo especial del Río Bogotá (este análisis se hizo en el marco de la etapa de prefactibilidad tomando como base el POT de Bogotá 2004).

De acuerdo con el análisis realizado para 18 alternativas por medio de la matriz multicriterio¹, arrojó que la L2MB que inicia en la calle 72 pasa por la Av. Cali y la ALO en tipología subterránea fue la que obtuvo mejor calificación y la que tiene un menor impacto ambiental y social, siendo la mejor opción. En este recorrido hace referencia a las áreas sensibles que se pueden encontrar en los márgenes del corredor y que podrían tener algún grado de afectación en la etapa constructiva del proyecto.

El área total de intervención del proyecto reportado es de 314.337,34 m² identificando entre los elementos afectados de la EEP, al humedal Juan Amarillo entre las Áreas protegidas, a Corredores Ecológicos y sectores de Zonas de Manejo y Preservación Ambiental - ZMPA y de Ronda Hidráulica - RH asociados a canales, ríos y humedales.

1.2.1.1. Corredores Ecológicos

Los corredores Ecológicos son zonas verdes lineales que siguen los bordes urbanos y los principales componentes de la red hídrica y la malla vial arterial como parte del manejo ambiental de las mismas y para incrementar la conexión ecológica entre los demás elementos de la Estructura Ecológica Principal, desde los Cerros Orientales hasta el Área de Manejo Especial del río Bogotá y entre las áreas rurales y las urbanas².

En el desarrollo de los diseños para el proyecto se tendrá en cuenta la posible afectación a los corredores biológicos que se encuentren en la L2MB que inicia desde la calle 72, Avenida Ciudad de Cali y la ALO, con la finalidad de garantizar la protección de los mismos. Los corredores ecológicos que podrían tener alguna afectación son los asociados al humedal Juan Amarillo o Tibabuyes y el río Salitre con un total de 5737,48 m² en el área de influencia directa, extensión que corresponde al 1,83 % del total del área a intervenir por la SLMB. En la Tabla 2 se presentan los corredores ecológicos que podrían ser afectados por el proyecto.

Tabla 2. Corredores ecológicos – Faja de intervención (AID) del proyecto

Ubicación de corredor ecológico	Tipología del trazado del proyecto	Área (m ²)
Humedal Juan Amarillo o Tibabuyes	Subterráneo	2 512,29
Río Salitre		3 225,19

Fuente: Adaptado de Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

¹ Unión temporal Egis Steer. Metro de Bogotá. Producto 5. Identificación de problemáticas ambientales y sociales. Entregable 9. Identificación de condiciones ambientales, sociales y prediales. Mayo 2021.

² Ibid

Otros elementos de la EEP de la ciudad de Bogotá que serían intervenidos de acuerdo con el reporte del estudio del proyecto de la Línea 2 Metro de Bogotá, corresponden a sectores de Zonas de Manejo y Preservación Ambiental - ZMPA y de Ronda Hidráulica - RH. Con respecto a las ZMPA se encuentran asociadas al humedal Juan Amarillo o Tibabuyes y el canal Cafam con un área total de 1 631,33 m², área que corresponde al 0,52 % del total del área a intervenir por la L2MB.

En relación con las RH, se asocian también con el Humedal Juan Amarillo o Tibabuyes y el Canal Cafam, con una superficie de intervención de 1 259,04 m² que corresponde al 0,40 % del total del área a intervenir por la SLMB.

1.2.1.2. Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital

El Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital (SAP) según definición del decreto 619 del 2000, es el conjunto de espacios con valores patrimoniales naturales del Distrito Capital, la Región o la Nación. Por lo tanto, la conservación es indispensable para el funcionamiento de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad y la evolución de la cultura en el Distrito Capital.

El reporte realizado por el estudio del proyecto L2MB señala que el proyecto cruza el brazo del Humedal Juan Amarillo, y al tratarse de un área protegida, se deberá informar a la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) con la finalidad de obtener la viabilidad ambiental del trabajo en el sector. Adicionalmente, recomiendan realizar estudios hidrogeológicos que permitan determinar si se generará algún tipo de afectación y por ende el implementar medidas de manejo pertinentes. En la Tabla 3 se presenta el área protegida que puede ser afectada por el proyecto.

Tabla 3. Área protegida en la franja de intervención (AID) del proyecto

Tipo de área protegida (POT de Bogotá, 2004)	Tipología del trazado del proyecto	Área (m ²)
Parque Ecológico Distrital de Humedal: Juan Amarillo o Tibabuyes	Subterráneo	2 499,44

Fuente: Adaptado de Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

1.2.1.3. Parques Urbanos

Los parques urbanos de escala Metropolitana y los Parques de escala zonal hacen parte de la EEP principal del Distrito Capital de Bogotá.³ El Parque urbano identificado en el área de intervención corresponde al Parque La Serena con una extensión de 2 120,00 m² que corresponde al 0,67 % del total del área a intervenir por la SLMB.

Los lineamientos que se deben tener presentes, entre otros, para los parques urbanos que se puedan encontrar en el trazado de la opción que inicia en la Calle 72, Avenida Ciudad de Cali y ALO son:

Que el diseño y los tratamientos que se implementen deben contar con unas condiciones propicias para el uso público, incluyendo la accesibilidad a los lugares, la circulación, seguridad, higiene, ambientación y oferta de recursos y servicios para la recreación. Adicionalmente, en la planificación, diseño y manejo de los parques se procurará la mayor conectividad ecológica entre éstos y los demás elementos de la Estructura Ecológica Principal, en especial las condiciones para el tránsito, forrajeo, refugio y anidación de las aves nativas.

³ Decreto 190 de 22 de junio de 2004 "Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003" que conforman el POT de Bogotá, D.C.

1.2.1.4. Área de Manejo Especial del Río Bogotá

Con la opción de trazado propuesto se puede tener algún grado de afectación en la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación del Río Bogotá. El predio Fontanar del Río colinda con la Ronda Hidráulica del río Bogotá en el cual se desarrollará el Patio Taller. De igual forma, la zona de manejo y preservación del Río Bogotá es el área contigua a la ronda hidráulica que tiene como mínimo 270 metros de ancho, y el suelo comprendido dentro del Área de Manejo Especial del Río Bogotá, esto es, la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental del río Bogotá, es suelo de protección, con un régimen de usos establecido. Los usos prohibidos corresponden al forestal productor, la recreación activa, el minero, el uso industrial de todo tipo, y el residencial de todo tipo.

1.2.2. Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

Esta variable hace referencia al cruce con cuerpos de agua que puedan tener afectación en su dinámica hídrica e hidráulica.

El trazado de la opción de la Calle 72 - Avenida Ciudad de Cali cruza con los siguientes cuerpos de agua. Es importante mencionar que el cruce con estos cuerpos de agua se realizará de manera subterránea.

Tabla 4. Cuerpos de agua con los que se intercepta el trazado

Punto	Cuenca	Subcuenca	Corriente Hídrica	Localización
1	Río Bogotá	Río Salitre	Canal Salitre	Carrera 55 con calle 72
2			Canal Salitre	Av. Ciudad de Cali
3			Canal Brazo Juan Amarillo	Av. Ciudad de Cali
4			Humedal Juan Amarillo	Av. Ciudad de Cali
5			Canal Cafam	Carrera 118 con calle 142

Fuente: Adaptado de Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

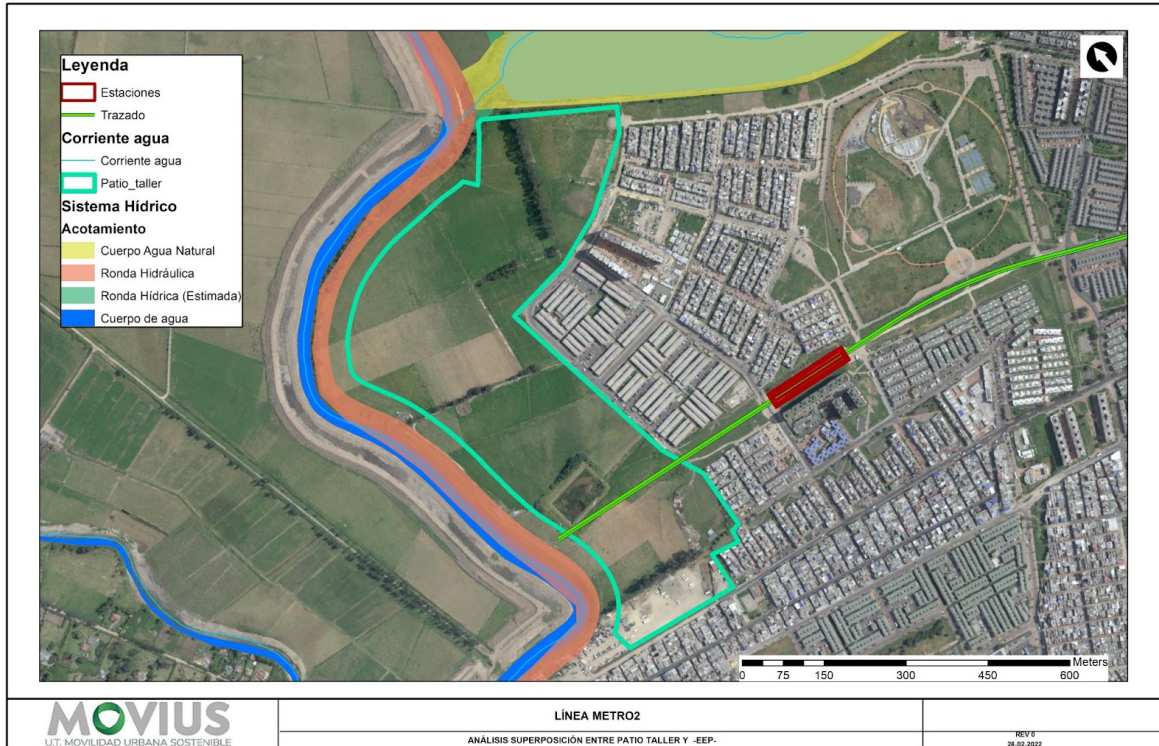


Figura 4. Cruces cuerpos de agua – Faja de intervención

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

1.2.3. Geomorfología

En el área de estudio se diferencian dos tipos de paisaje, originados en procesos geomorfológicos diferentes y que presentan geoformas características. El paisaje de montaña que está conformado por las rocas de la Formación Guaduas, cuyo ambiente morfogenético es de tipo Montañoso Estructural - Denudacional y el paisaje de planicie que incluye el relieve plano a levemente inclinado (paisaje que conforma toda el área del trazado del proyecto Línea 2 Metro de Bogotá), representado por los depósitos cuaternarios cuyo ambiente morfogenético corresponde a fluvio-lacustre donde las geoformas corresponden a llanuras de inundación, abanicos, terrazas aluviales y fluvio torrenciales.

Regionalmente se puede observar en la zona de estudio dos grandes regiones geomorfológicas que corresponden a Ambiente Fluvial y Lagunar (F) y Ambiente Morfoestructural (S), Figura 5. Cada uno de estos ambientes presenta geoformas individuales genéticamente homogéneas generadas por procesos geomorfológicos de deposición natural o antrópica y erosión, identificados como unidades y subunidades geomorfológicas que se muestran a lo largo del trazado del alineamiento del túnel de la Línea 2 Metro de Bogotá, Tabla 5.

El área de influencia del proyecto L2MB, se localiza en el sector nororiental de la Sabana de Bogotá, extendiéndose principalmente desde el piedemonte de los cerros orientales al oriente, pasando cerca a los cerros de Suba hasta la margen izquierda del río Bogotá.

Los cerros que bordean el área del proyecto L2MB hacen parte del paisaje de montaña. Este está conformado por las rocas del Cretácico y del Terciario principalmente, cuyo ambiente morfogenético es de tipo Estructural – Denudacional. Contrastando con este paisaje montañoso, se tiene el paisaje de planicie que incluye el relieve plano a levemente inclinado, representado por los depósitos cuaternarios de la Sabana de Bogotá, cuyo ambiente morfogenético

corresponde a Depositacional Lacustre, Figura 5. Este paisaje ha sido afectado por intervenciones antrópicas a lo largo de la L2MB, que corresponden a la extensa cobertura urbana del distrito capital y de los municipios aledaños.

Específicamente, la morfología del proyecto L2MB, está determinada por los depósitos diferenciados en la Formación Sabana y los depósitos de llanura de inundación del río Bogotá y principales afluentes, y dentro de estos últimos zonas de humedales como remanentes en general del lago antiguo en la cual se depositaron los sedimentos de la Sabana de Bogotá. Ambas formaciones son comúnmente afectadas por diversas actividades antrópicas que cambian su percepción morfológica y su estructura a nivel superficial.

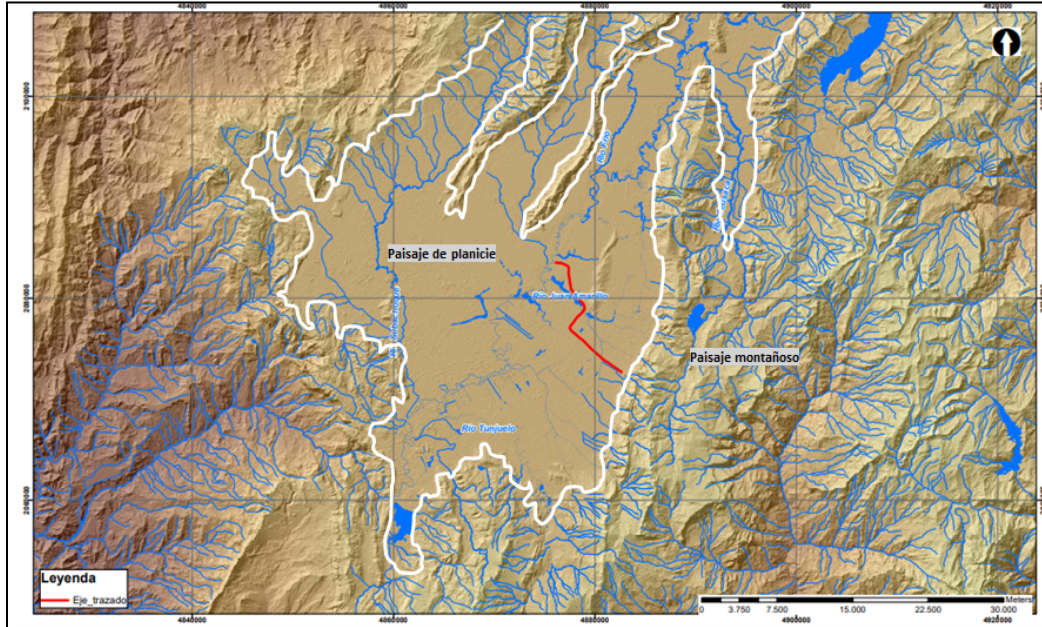


Figura 5. Unidades geomorfológicas dominantes en la Sabana de Bogotá a nivel de paisaje, sobre el mapa de sombras con elevaciones.

Fuente: UT MOVIUS 2022

Se resumen las unidades geomorfológicas asociadas al proyecto:

Tabla 5. Unidades geomorfológicas.

Morfo-estructura	Provincia	Región	Relieve	Paisaje	Nomenclatura	Ambiente
Cordillera Oriental	Altiplano Cundi-boyacense	Sabana de Bogotá	Zona plana	Planicie lacustre	Fpla	Fluvial - lacustre
				Llanura de inundación aluvial	Fpi	
				Modelado de procesos antrópicos	Ant	Antrópico
		Zona Colinada	Conos y lóbulos coluvio-aluviales	Dco	Denudacional	
Zona montañosa	Sierra Anticlinal Denudada y Residual	Ssan	Estructural - Denudacional			

Fuente: UT MOVIUS 2022

1.2.3.1. Patrón y densidad de drenaje

El Distrito Capital (Bogotá) se encuentra ubicado en la Sabana de Bogotá y limita por el oriente con los cerros de Monserrate (3 152 msnm.) y Guadalupe (3 260 msnm) que determinan en gran parte las características hídricas de esta área conformando la red hidrográfica de la ciudad.

El drenaje natural de estos cerros en su vertiente occidental se desarrolla a través de una gran cantidad de quebradas que se convierten en los afluentes de los principales ríos de la ciudad: Salitre, Fucha, Tunjuelo y Torca. Las cuencas de estos ríos drenan el agua de más del 90 % del área urbanizada a nivel del Distrito Capital.

De acuerdo con las subcuencas asociadas al proyecto, las áreas de drenaje se muestran en la Figura 6 y se relacionan en la Tabla 6:

Tabla 6. Área de drenaje de las subcuencas

No.	Subcuenca	A (km ²)
1	Humedal La Conejera	16,37
2	Canal Cafam	2,02
3	Cuenca 1	1,64
4	Humedal Juan Amarillo	2,17
5	Cuenca 2	1,64
6	Canal Salitre B	32,47
7	Canal Salitre Completo ⁴	121,30

Fuente: UT MOVIUS 2022

⁴ El Canal Salitre Completo es el conjunto del canal salitre A y Salitre B.

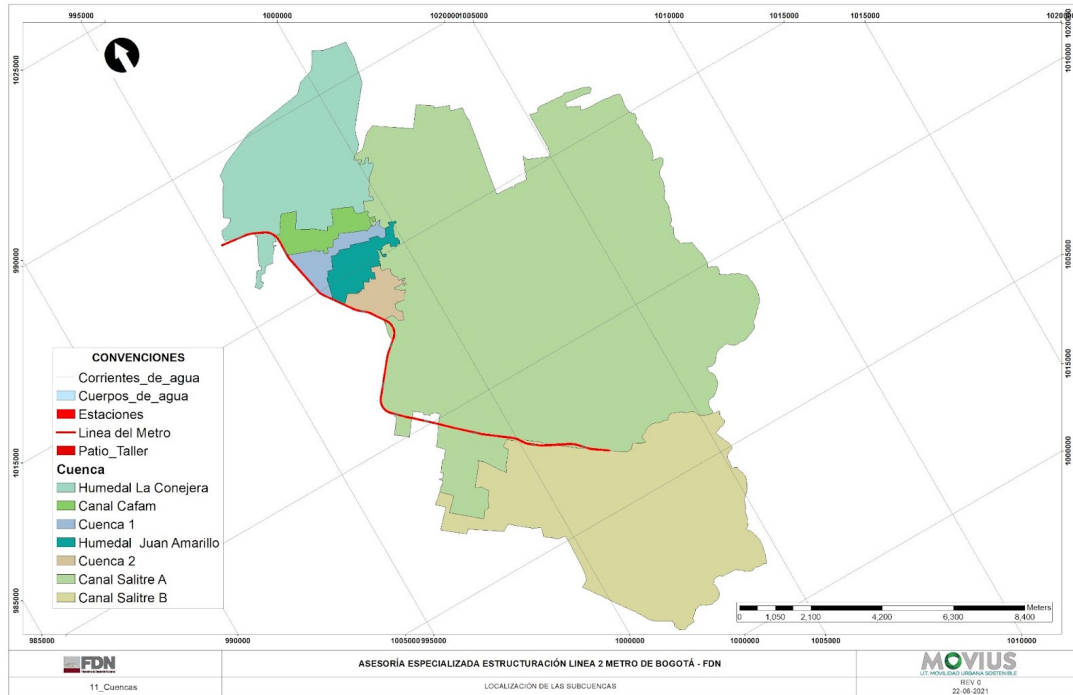


Figura 6. Subcuencas delimitadas para la L2MB
Fuente: UT MOVIUS 2022

Respecto al patrón de drenaje, el cual establece la forma como una red se aprecia en una determinada zona; son influenciados por el clima y el relieve, pero principalmente la estructura geológica subyacente resulta ser un factor clave. De acuerdo con lo anterior, se establece que para el humedal La Conejera y Cuenca 2 se determina que estas son de tipo angular, para el canal Cafam, Cuenca 1 y el canal Salitre B el patrón de drenaje es de tipo rectangular, y para la cuenca canal Salitre Completo el patrón es rectangular y dendrítico, Figura 7 y Figura 8.

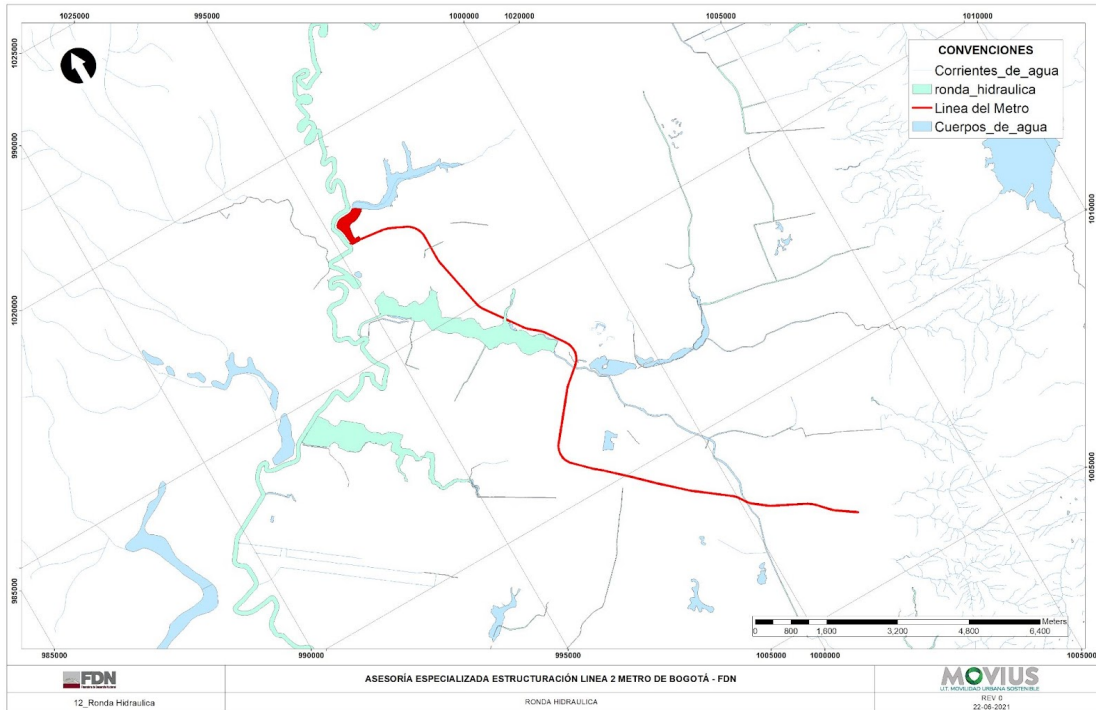


Figura 7. Patrón de drenaje, zonas de Ronda Hídrica y L2MB

Fuente: IDIGER. Ronda Hidráulica. Bogotá D.C., (2018). Modificado por UT MOVIUS 2022

La cuenca del río Juan Amarillo, comprende un área de 12 892 ha. a nivel del Distrito, distribuidas en un sector alto que presenta corrientes naturales de agua de alta pendiente sobre los cerros orientales; un sector medio que es plano y comprende gran parte del sistema pluvial de la ciudad donde se han canalizado, entubado y rectificado los cursos naturales y un sector bajo donde se encuentran cuerpos amortiguadores naturales que entregan al río Bogotá y han sido reducidos en su capacidad por acción antrópica (Hidrotec, 2000). Los cuerpos amortiguadores mencionados corresponden a los humedales de Córdoba y Juan Amarillo, con los que se protege de inundaciones a sectores aguas abajo de la entrega al río Bogotá, pero crean niveles altos de agua en sus inmediaciones.

El Humedal Juan Amarillo funciona como una laguna de amortiguamiento para el control de crecientes del Río Juan Amarillo, con forma alargada en el sentido este – oeste y anchos que oscilan entre 300 y 700 m. Está limitado al norte por la Localidad de Suba y al sur por la Localidad de Engativá. Aguas arriba lo delimita la Transversal 91 y aguas abajo la estructura de control o de salida hacia el Río Bogotá. Tiene una extensión aproximada de 222.76 ha. –según datos reportados por la Dirección de Bienes Raíces de la EAAB-, de las cuales 180 corresponden a los tercios medio y bajo, superficies cubiertas con rellenos y vegetación terrestre que limitan su capacidad de almacenamiento de agua.

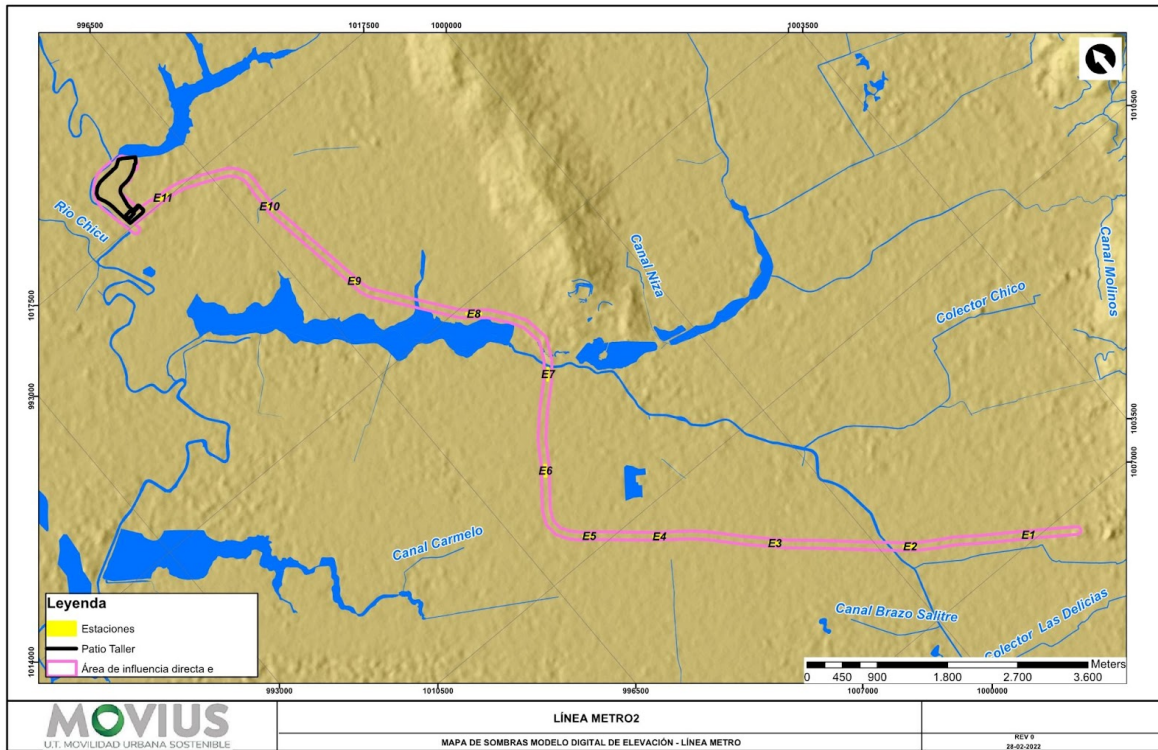


Figura 8. Distribución de los cuerpos de agua superficial, patrón y densidad de drenaje sobre el modelo de elevación y la localización del proyecto
Fuente: UT MOVIUS 2022

1.2.4. Geomorfología asociada a las Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas).

Este indicador corresponde al área artificializada de traslape del trazado que se intercepta con las zonas verdes del Distrito Capital. El análisis se realizó del cruce del corredor seleccionado con la capa de zonas verdes descargada de la página del IDECA (Datos abiertos Bogotá).

De acuerdo con el análisis realizado a través de la matriz multicriterio la alternativa con la mejor puntuación corresponde a la de la Calle 72 - Avenida Ciudad de Cali, la cual tiene el menor cruce con zonas verdes (1,73 ha).

En el corredor férreo se identificaron 11 zonas verdes, las cuales se presentan a continuación en la Tabla 7 y en la Figura 9.

Tabla 7. Zonas verdes

ítem	Nombre del parque	ID Parque	UPZ
1	Nuevo Corinto (antes lech walesa)	11-239	28
2	San Fernando	12-010	22
3	Urbanización la Serena	10-690	29

ítem	Nombre del parque	ID Parque	UPZ
4	Urbanización la Española	10-746	29
5	Urbanización la Española	10-070	29
6	Almería	10-071	30
7	Urbanización Acapulco II sector	10-619	26
8	Desarrollo Villas del Rincón, desarrollo nuevo corinto (antes lech walesa)	11-623	28
9	Nuevo Corinto (antes lech walesa)	11-1036	28
10	Aures II	11-251	28
11	La Serena	10-223	29

Fuente: Adaptado de Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

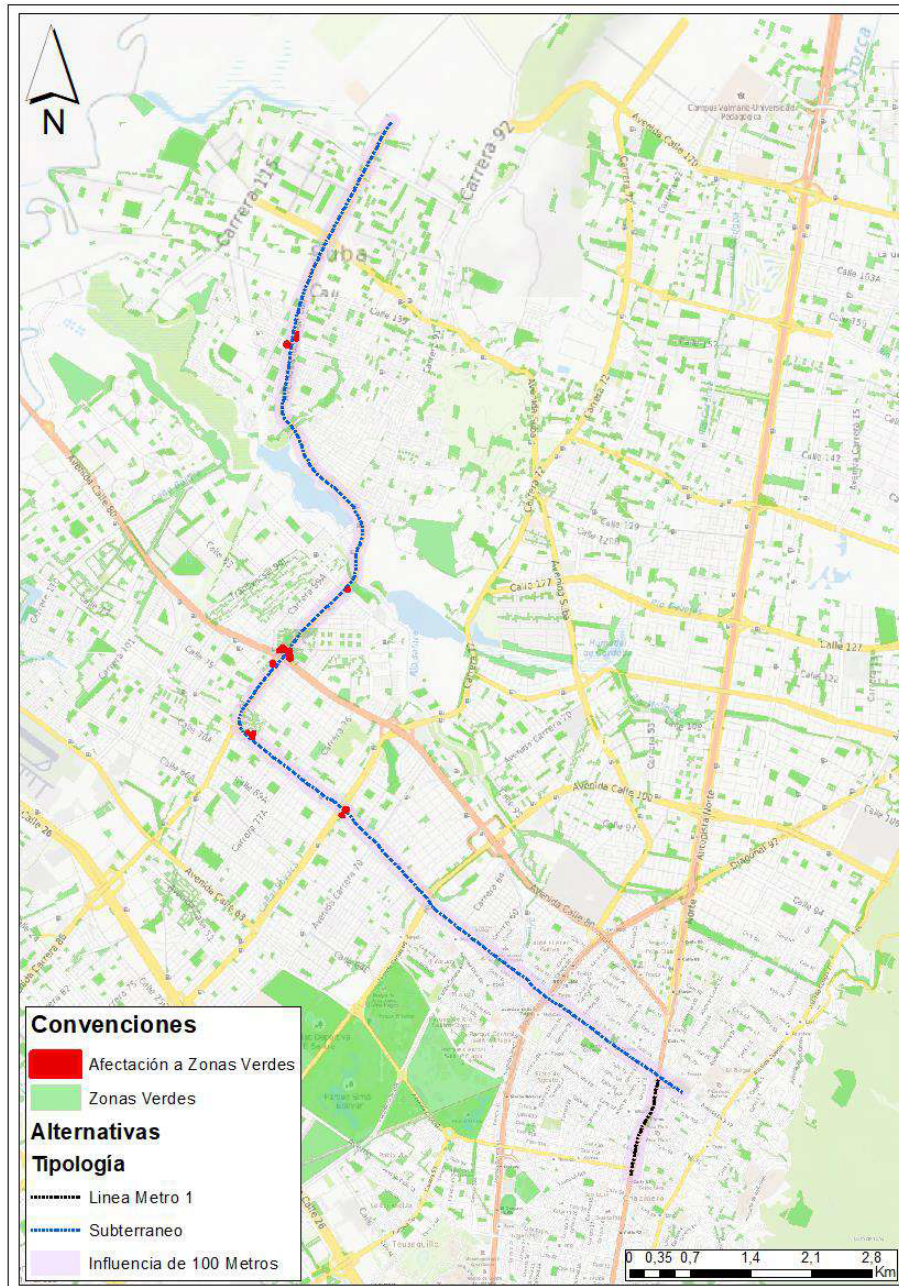


Figura 9. Cruce de zonas verdes alternativa 2.13. Calle 72-Av. Cali – Subterránea (Línea nueva)

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

1.2.5. Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional

La opción del trazado que inicia en la calle 72, Avenida Ciudad de Cali y ALO, evidenció que la tipología subterránea es la que tiene menor impacto ambiental, sin embargo, el humedal Juan Amarillo que se encuentra intervenido por la Avenida Ciudad de Cali y tiene previsto un proyecto de Transmilenio, junto a la alternativa propuesta del proyecto (Calle

72, Avenida Ciudad de Cali y ALO) que pasa también por el brazo del humedal Juan Amarillo podría llegar a tener alguna afectación a este ecosistema. Es necesario, por tanto, presentar estudios y medidas de manejo pertinentes que garanticen la conectividad ecológica que este ecosistema brinda.

El Humedal Juan Amarillo tiene entre las funciones ecológicas, la regulación de niveles freáticos, la protección de hábitat de la fauna y de la flora silvestres, y el control de inundaciones mediante el manejo natural de las aguas lluvias, con elementos importantes a nivel paisajístico.

1.2.6. Ruido urbano

Se entiende como afectación por ruido al ambiente, cuando estos ruidos trascienden la propiedad privada e impactan de manera negativa y extralimitando los estándares máximos permisibles - Resolución 0627 de 2006. Los cuales, están ligados al uso del suelo, esto quiere decir que estos estándares dependen de si la reglamentación urbanística cataloga el suelo, como residencial, comercial, industrial, rural. Asimismo, la normativa ambiental vigente en materia de ruido califica el uso del suelo, según su uso más restrictivo, así las cosas, si el uso está catalogado como residencial con algunas actividades comerciales permitidas, la evaluación del impacto ambiental por emisión de ruido se realiza, en este caso, para el uso más restrictivo es el residencial”.

Para la evaluación de este criterio se tuvo en cuenta la cartografía para la Población Urbana Afectada por Ruido (PUAR) y la cartografía de conflicto por uso en la cual se encuentra la siguiente clasificación:

- Sectores A. (Tranquilidad y Silencio), áreas urbanas donde estén situados hospitales, guarderías, bibliotecas, sanatorios y hogares geriátricos.
- Sectores B. (Tranquilidad y Ruido Moderado), zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios

1.2.6.1. Identificación de receptores sensibles

La identificación de los receptores se realizó a través del cruce de las alternativas evaluadas con la cartografía de ruido suministrada por la SDA.

La alternativa con mejor puntuación es la alternativa calle 72 – Avenida Ciudad de Cali – Mixta (Línea nueva), seguida por la alternativa de la calle 72 - Avenida Ciudad de Cali Subterránea.

En la Figura 10 se presentan los receptores sensibles para la alternativa subterránea.

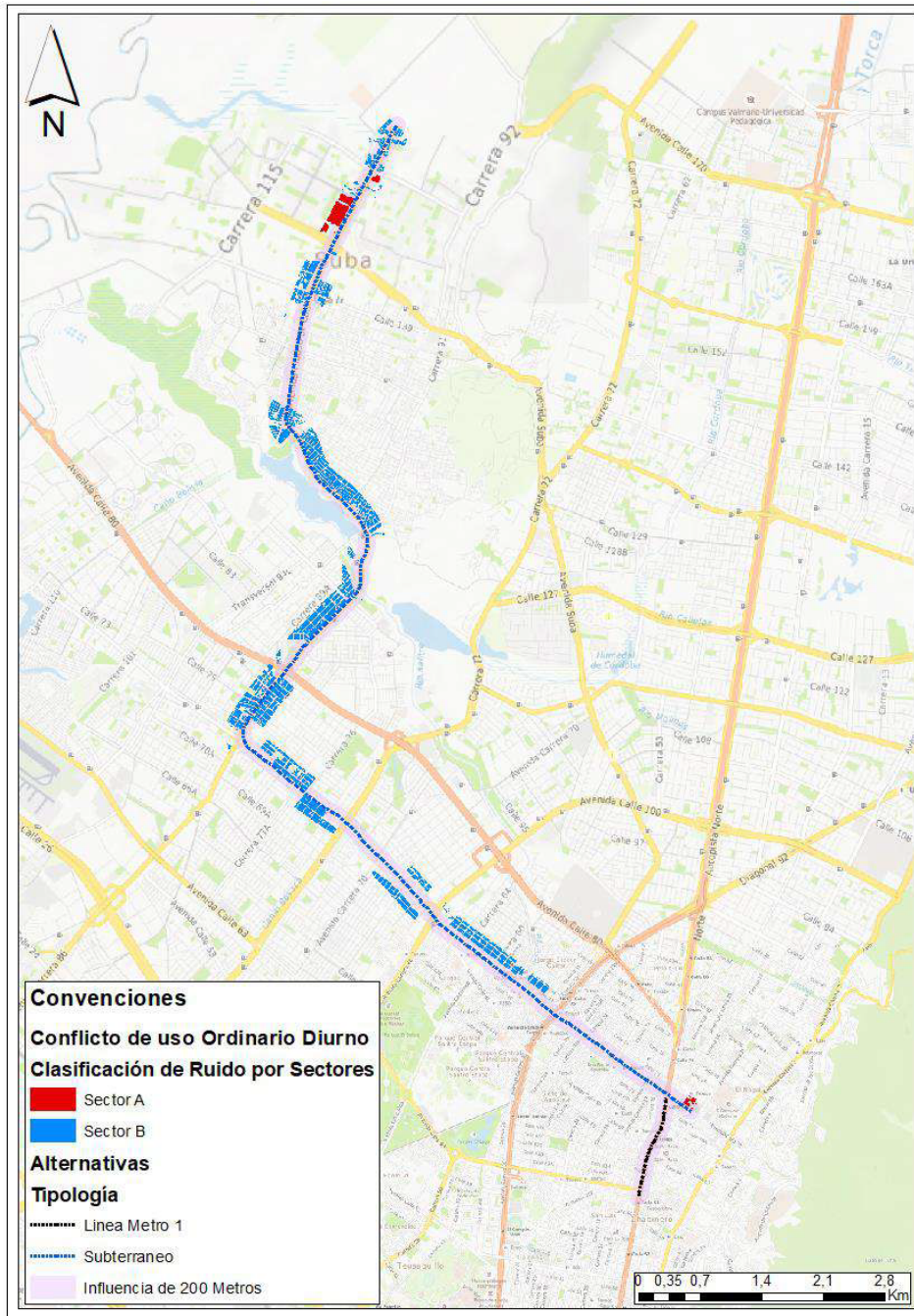


Figura 10. Identificación de Receptores Sensibles. Alternativa 2.13. Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (Línea nueva)
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

1.2.7. Afectación a comunidades y territorio

Para la prefactibilidad la EMB determinó un único criterio que se denomina “Afectación a comunidades y territorio” con dos indicadores: afectación a comunidades y territorio y afectación a la infraestructura o equipamiento social.

Para el primer indicador los estudios de prefactibilidad se plantearon las siguientes consideraciones:

1. Minimizar la afectación social y la reducción de los riesgos que ello involucra, a partir del aprovechamiento de las oportunidades presentadas, buscando con ello reducir en la medida de lo posible los impactos negativos y potenciar los impactos positivos. De esta manera se contribuye al mejoramiento de las relaciones con las comunidades y con otros grupos de Interesados (Stakeholders) del proyecto.
2. Consideración de afectaciones parciales o totales a predios sin importar la categoría que cada uno de estos predios presente, entre las que se pueden determinar: predios particulares (o privados), predios oficiales, predios públicos entre ellos BIC.
3. De acuerdo con los trazados que presentan cada una de las catorce alternativas aprobadas para esta segunda fase, se establece que ellas están trazadas en cuatro de las veinte localidades. Localidad de Chapinero, la localidad de Engativá, la localidad de Suba y la localidad tres de Barrios Unidos.
4. Consideraciones sobre la adecuación de la oferta de equipamientos en relación con su localización y la demanda y se menciona en la prefactibilidad la conformación de una red jerarquizada, que permita la localización de nuevos equipamientos de alta jerarquía principalmente en las centralidades, localización de nuevos equipamientos de escala urbana y zonal principalmente en las Unidades de Planeamiento Zonal de mejoramiento Integral.

Para la evaluación de este criterio en la etapa de prefactibilidad se realizó una selección de los elementos que se interceptan con la zona de influencia determinada, la identificación se realizó para cada alternativa por separado.

El segundo criterio considerado es la afectación a la infraestructura o equipamiento social, en el que se revisaron las categorías a fin de establecer las afectaciones de acuerdo con la alternativa:

- Equipamientos para la Cultura (Bienes de Interés Cultural y Patrimonial del ámbito Nacional y Distrital)
- Equipamientos para la Educación
- Equipamientos para la Salud
- Equipamientos para Bienestar Social
- Equipamientos para la Recreación, Deportes y Parques
- Equipamiento para Cultos Religiosos
- Equipamientos para Servicios de Administración Pública y Servicios Básicos
- Equipamiento para la Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia

Tabla 8. Resultados del indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social

Alt	Corredor	Tipología de línea	Tipo de Conexión línea 1	Indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social
2.01	Calle 127-Av. Rincón-Av. Cali	Mixta	Extensión	36
2.02	Calle 127-Av. Rincón-Av. Cali	Mixta	Línea nueva	36
2.03	Calle 100-Av. 68-CI 80-Av. Cali	Elevada	Extensión	27
2.04	Calle 100-Av. 68-CI 80-Av. Cali	Elevada	Línea nueva	27
2.05	Calle 100-Av. 68-CI 80-Av. Cali	Mixta	Extensión	9
2.06	Calle 100-Av. 68-CI 80-Av. Cali	Mixta	Línea nueva	9
2.07	Canal Rionegro-Av. Cali	Elevada	Extensión	8
2.08	Canal Rionegro-Av. Cali	Elevada	Línea nueva	8
2.09	Calle 80-Av. Cali-Av. Rincón	Elevada	Línea nueva	20
2.10	Calle 80-Av. Cali-Av. Rincón	Mixta	Línea nueva	15
2.11	Calle 80-Av. Cali	Elevada	Línea nueva	13
2.12	Calle 80-Av. Cali	Mixta	Línea nueva	7
2.13	Calle 72-Av. Cali	Subterránea	Línea nueva	8
2.14	Calle 72-Av. Cali	Mixta	Línea nueva	12

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

En cuanto a la afectación de zonas con valor patrimonial o comunal de acuerdo con los resultados de la prefactibilidad, de las 14 alternativas definidas, se identificaron tres equipamientos que corresponden al colectivo de Equipamientos para la Cultura.

Con respecto a la valoración de alternativas la Alternativa 2.12 presenta el menor número de equipamientos sociales comunitarios, siete que se pueden ver afectados a futuro por el proceso constructivo y se anota en el estudio que esta alternativa no afecta ninguno de los equipamientos con valor patrimonial y cultural.

1.2.8. Conclusiones

La alternativa de la Calle 80 - Av. Cali - Av. Rincón (Subterránea) es la alternativa con mayor puntaje entre las alternativas evaluadas, independientemente de su tipología. En segundo lugar, se encuentra la Calle 80 – Av. Cali- Av. Rincón (Elevada). A continuación, se observan los resultados por componente. Estos resultados se ordenan en orden descendente de puntaje para ese componente Afectación Ambiental:

Alt	Corredor	Tipología de línea	Tipo de Conexión línea 1	Puntaje
2.10	Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón	Subterránea	Línea nueva	94,6
2.09	Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón	Elevada	Línea nueva	92,9
2.14	Calle 72 – Av. Cali	Mixta	Línea nueva	77,6
2.12	Calle 80 – Av. Cali	Subterránea	Línea nueva	74,1
2.13	Calle 72 – Av. Cali	Subterránea	Línea nueva	72,0
2.11	Calle 80 – Av. Cali	Elevada	Línea nueva	72,0
2.06	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Subterránea	Línea nueva	71,4
2.04	Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali	Elevada	Línea nueva	69,0
2.02	Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Mixta	Línea nueva	65,4
2.08	Canal Rionegro – Av. Cali	Elevada	Línea nueva	21,1

Figura 11. Resultados del análisis de alternativas para el Componente Afectación Ambiental

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas. 2020

De acuerdo con la metodología desarrollada para la evaluación de la “matriz multicriterio”, Evaluación Multicriterio de Alternativas (Entregable 2) Capítulo 4, elaborado por Egis (2020), en la cual se encuentran los componentes, criterios e indicadores que deben ser evaluados para determinar la “Alternativa de mejor desempeño”, en donde se incluyeron porcentajes de cada una de éstas y tomando como referencia la metodología del documento de “Estudio de alternativas para optimizar el diseño de la L2MB - L2MB-SYS-DOC-TOD- 0300-0C”, 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 siguientes criterios, que representan el 56,8% del total de la ponderación de la matriz:

- Traslape con zonas de importancia en biodiversidad
- Identificación de receptores sensibles
- Tiempo total de construcción
- Perturbación en la operación del BRT
- Potencial de generación de Espacio Público
- Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios
- Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico

- Impacto visual
- Afectación a la infraestructura o equipamiento social
- Afectación de zonas con valor patrimonial o comunal
- Pasajeros transportados (HP)
- Facilidad de conexión Metro-BRT-Tranvía-LRT
- Costos de operación y mantenimiento
- Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras
- Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción

Es importante mencionar, que dentro de la concepción del proyecto, la construcción y operación de la subestación eléctrica, estará a cargo del proveedor de energía que corresponda, por lo que estará bajo su responsabilidad el manejo de los impactos y riesgos que la construcción y operación que este sistema genere, así como también la coexistencia de este con el proyecto Línea 2 Metro de Bogotá.

El documento del análisis de alternativas se puede consultar en el Anexo. 1-1 Evaluación multicriterio de alternativas. del presente estudio

2. ANEXOS

Anexo 1 Evaluación multicriterio de alternativas
Anexo 1. Informe ejecutivo prefactibilidad L2MB