



**“ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR  
FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN  
CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-  
CUNDINAMARCA.”**



**CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1860 DE 2021**

**ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.**  
MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano

**ETAPA 4: PROFUNDIZACION SOBRE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

**TRANSPORTE**

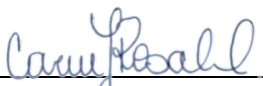
**VERSION 0**

**BOGOTÁ, 2023 – MARZO 24**



**CONTROL DE VERSIONES**

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 0	24/03/2023	Elaboración Inicial	85

**EMPRESA CONTRATISTA**

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Carmen Rosales Suarez Profesional de tránsito y transporte	Ing. Carlos Urdaneta Coordinador de Consultoría	Ing. Oscar Rico Director de Consultoría

**EMPRESA INTERVENTORA**

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
Francisco de Paula Pérez Profesional de tránsito y transporte	Ing. Diotima Preciado Coordinador de Interventoría	Ing. Abraham Palacio Director de Interventoría

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>6</b>
<b>1 MODELO DE TRANSPORTE</b> .....	<b>6</b>
1.1 Estructura del modelo .....	6
1.2 Metodología de modelación .....	9
1.2.1 Parámetros operacionales .....	10
1.2.2 Cortes temporales.....	13
1.2.3 Prospectivas de proyectos.....	14
1.3 Ajustes al modelo de transporte.....	19
1.3.1 Conexiones de estaciones.....	19
1.3.2 Ajuste al modelo incremental en Soacha .....	22
1.4 Resumen de escenarios de modelación para la etapa 4.....	23
<b>2 RESULTADOS DE MODELACIÓN</b> .....	<b>24</b>
2.1 Análisis de nodo de terminación .....	24
2.1.1. Justificación.....	25
2.1.2. Demanda de alternativas de nodo de terminación .....	28
2.1.3. Análisis de transferencias .....	41
2.1.4. Conclusión análisis de nodo de terminación .....	44
2.2 Resultados de demanda del corredor seleccionado.....	45
2.2.1 Pasajeros, volumen y perfil de carga.....	45
<b>3 BENEFICIOS GENERADOS POR EL PROYECTO</b> .....	<b>49</b>
3.1 Modelo de expansión.....	49
3.1.1 Cálculo de factor de expansión de HPAM a día. ....	49
3.1.2 Cálculo de factor de expansión día a año .....	53
3.2 Cálculo de indicadores para evaluación beneficio costo .....	54
3.2.1 Indicadores prospectiva conservadora .....	54
3.2.2 Indicadores prospectiva optimista .....	55
<b>4 ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS</b> .....	<b>56</b>
4.1 Puntos críticos de transferencia de pasajeros.....	57
4.1.1 Análisis de ascensos .....	57
4.1.2 Análisis de descensos .....	59
4.1.3 Análisis de volúmenes de pasajeros .....	61

4.2	Análisis de conectividad y accesibilidad de las estaciones .....	65
4.2.1	Conectividad con otros modos de transporte .....	65
4.2.2	Conectividad con la red de Ciclo Infraestructura .....	68
4.2.3	Accesibilidad a las estaciones .....	69
4.3	Análisis de siniestralidad.....	72
4.3.1	Descripción general siniestralidad Bogotá.....	72
4.3.2	Cantidad y localización de siniestros por clase .....	74
4.3.3	Descripción siniestros Estación Santa Fe .....	80
4.3.4	Descripción siniestros Estación La Hoja.....	81
4.3.5	Descripción siniestros Estación San Eusebio.....	82
4.3.6	Descripción general siniestros – Estación Bosa Centro.....	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Estructura del modelo de transporte .....	7
Figura 1.2	Trazado y ubicación de estaciones de corredor en el modelo de transporte. ...	9
Figura 1.3	Proyectos de transporte público de la oferta 1 .....	16
Figura 1.4	Proyectos de transporte público de la oferta 2 .....	17
Figura 1.5	Proyectos de transporte público de la oferta 3 .....	18
Figura 1.6	Estructura del modelo para estimación de indicadores en el análisis de transporte .....	24
Figura 2.1	Distribución de los destinos de viajes originados en Soacha por localidad.....	25
Figura 2.2	Distribución de los destinos de viajes originados en Bosa por localidad.....	26
Figura 2.3	Viajes atraídos por zona desde Soacha y Bosa. En naranja, el trazado de la matriz multicriterio de la alternativa 7 de trazado del proyecto .....	27
Figura 2.4	Detalle de transferencias alternativa 1 hasta Estación de la Sabana .....	42
Figura 2.5	Detalle de transferencias alternativa 1 hasta Estación Central.....	42
Figura 2.6	Detalle de transferencias alternativa 7 hasta Estación de la Sabana .....	43
Figura 2.7	Detalle de transferencias Alternativa 7 hasta Estación Central .....	43
Figura 3.1	Análisis de correlación entre FE estación vs FE grupo 2022.....	51
Figura 3.2	Factores de expansión HPAM – día para las estaciones de Transmilenio .....	52
Figura 3.3	Factores de expansión HPAM – día para las estaciones de troncal NQS Sur.....	53
Figura 3.4	Factor de expansión día a año para las estaciones de la troncal NQS Sur .....	53
Figura 4.1	Abordajes y descensos en cada estación. ....	58
Figura 4.2	Volúmenes HP/AM sentido Soacha - Centro.....	62
Figura 4.3	Volúmenes HP/AM sentido Centro - Soacha.....	63
Figura 4.4	Volúmenes, ascensos y descensos HP/AM .....	64
Figura 4.5	Red actual de Ciclo Infraestructura .....	69
Figura 4.6	Siniestros totales Bogotá (2015-2019) .....	72
Figura 4.7	Tipología siniestros en Bogota (2015 - 2020) .....	73
Figura 4.8	Víctimas fatales y matriz de conflictos - Bogotá (2019) .....	74

Figura 4.9 Área de influencia para análisis de siniestralidad .....	75
Figura 4.10 . Comportamiento siniestralidad zona de influencia (2015 - 2019) .....	76
Figura 4.11 Clasificación según tipo de siniestro .....	77
Figura 4.12 Comportamiento siniestralidad según día de la semana .....	78
Figura 4.13 Gravedad de siniestros en la intersección de la CL 22 x KR 15 .....	81
Figura 4.14 Mapa de calor de siniestros según gravedad - KR 30 x CL 22 .....	82
Figura 4.15 Mapa de calor de siniestros según gravedad – Estación San Eusebio.....	83
Figura 4.16 Mapa de calor de siniestros según gravedad - AV BOSA.....	84

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Entradas y salidas del modelo de cuatro etapas de Bogotá y la región .....	8
Tabla 1.2 Supuestos de modelación por tipología del sistema férreo.....	11
Tabla 1.3. Estructura tarifaria del modelo de transporte .....	12
Tabla 1.4. Tiempos de recorrido y velocidad resultantes para el proyecto corredor férreo del sur.....	13
Tabla 1.5 Prospectivas de modelación.....	18
Tabla 1.6. Cambios en longitudes y penalidades de conexiones .....	19
Tabla 1.7. Integración física entre el CFS y el componente troncal del SITP de Bogotá ..	22
Tabla 2.1 Perfiles de demanda del corredor férreo del sur según nodo de terminación (trazados evaluación multicriterio).....	29
Tabla 2.2. Perfiles de carga prospectiva conservadora .....	46
Tabla 2.3. Perfiles de carga largo plazo .....	47
Tabla 2.4. Volumen máximo del CFS, HPAM.....	49
Tabla 2.5. Abordajes totales del CFS, HPAM.....	49
Tabla 3.1 Indicadores con proyecto para evaluación beneficio costo. Valores anuales....	55
Tabla 3.2 Indicadores sin proyecto para la evaluación beneficio costo. Valores anuales.	55
Tabla 3.3 Indicadores con proyecto para evaluación beneficio costo. Valores anuales....	55
Tabla 3.4 Indicadores sin proyecto para la evaluación beneficio costo. Valores anuales.	56
Tabla 4.1 Descripción ascensos principales en el corredor.....	59
Tabla 4.2. Descripción descensos principales en el corredor.....	60
Tabla 4.3. Registro de validaciones Pico AM estaciones de TransMilenio Febrero 2020 .	65
Tabla 4.3 Estaciones con el mayor número de transferencias .....	67
Tabla 4.4. Accesos a las estaciones con volumen de pasajeros .....	70
Tabla 4.5 Clasificación según tipo de siniestro.....	77
Tabla 4.6. Descripción siniestros en el área de influencia directa .....	78
Tabla 4.7. Matriz de colisiones CL 22 x KR 15.....	81
Tabla 4.8. Matriz de colisiones Estación La Hoja .....	82
Tabla 4.9. Matriz de colisiones Estación San Eusebio .....	83
Tabla 4.10. Matriz de colisiones AV BOSA. ....	85

## INTRODUCCION

Como parte de la cuarta etapa del contrato de consultoría IDU 1860-2021 “*Elaborar los estudios de prefactibilidad del corredor Férreo del Sur en la modalidad ferroviaria y su articulación con otros sistemas de transporte de la región Bogotá – Cundinamarca*”, cuyo resultado implica el desarrollo de los estudios a nivel de prefactibilidad para la alternativa de corredor seleccionado que conecte la zona centro con el sur de la ciudad de Bogotá y el municipio de Soacha, se presenta en este documento los resultados del componente de transporte sobre el trazado final seleccionado a partir de la evaluación por matriz multicriterio para el corredor férreo del sur, desarrollada en la Etapa 3 de la presente consultoría. Este análisis tiene en cuenta los ajustes realizados al corredor seleccionado en cuanto a trazado, ubicación de estaciones y ubicación de accesos.

El primer capítulo contiene la estructura del modelo de transporte y la metodología usada para la obtención de los resultados de demanda del corredor seleccionado en la etapa anterior, esto es: parámetros operacionales, cortes temporales evaluados y proyectos considerados, y los ajustes de modelación que se realizaron en esta etapa.

En el segundo capítulo se presentan los resultados de demanda del corredor férreo del sur para la alternativa seleccionada teniendo que incluye el análisis de nodo de terminación del proyecto, desde el componente de transporte.

En el tercer capítulo se describen los beneficios generados por el proyecto a incorporar en la evaluación beneficio costo a nivel de prefactibilidad. Para cada corte temporal se compara el escenario modelado con proyecto y con el corredor seleccionado en etapas anteriores contra un escenario similar sin proyecto.

Finalmente, el capítulo 4 muestra el análisis de puntos críticos del proyecto con el corredor y estaciones seleccionados. El análisis incluye la metodología de identificación de estos puntos críticos y las recomendaciones desde el punto de vista de seguridad vial y transporte.

## 1 MODELO DE TRANSPORTE

### 1.1 Estructura del modelo

La estructura de modelo de transporte de la Ciudad, que desde la autoridad de transporte de la ciudad de Bogotá se ha construido a través de diferentes consultorías y estudios desarrollados en el marco de la planificación de los proyectos de transporte público y privado que se han desarrollado en los últimos 15 años, corresponde a una estructura clásica de cuatro etapas, y permite incorporar en el análisis los escenarios de desarrollo urbano y crecimiento poblacional del área de estudio, junto con las medidas y proyectos de cambios en la oferta de transporte.



- **Modelo de asignación** tiene por objeto estimar las rutas que cada uno de los viajes toma entre cada par origen-destino. Las matrices de viajes creadas en el paso anterior son asignadas a la red de transporte para determinar volúmenes de vehículos o pasajeros en los diferentes arcos de la red y los costos asociados con estas cargas. El resultado final son viajes y costos por arco, así como los costos promedio entre origen y destino para cada modo en formato de matriz. El modelo de asignación incluye vehículo particular y transporte público.

Se aplica un modelo incremental (“Pivote”), el cual toma los resultados de las cuatro etapas para los escenarios futuros y utiliza las diferencias con la modelación de 2019 para estimar la demanda futura, manteniendo la estructura de la matriz del año base.

En la tabla a continuación se resume para cada una de las etapas principales del modelo de transporte de Bogotá y sus entradas y salidas.

*Tabla 1.1 Entradas y salidas del modelo de cuatro etapas de Bogotá y la región*

Etapa	Entradas	Salidas
Generación	-Población -Tasas de generación por motivo de viaje	-Viajes generados por zona
Atracción	-m <sup>2</sup> de uso de suelo por zona -Cupos educativos por zona	-Viajes atraídos por zona
Distribución	-Viajes generados por zona -Viajes atraídos por zona -Costo de viaje entre zonas	-Matriz origen-destino por estrato
Selección modal	-Matriz origen-destino por estrato -Motorización -Costos de viaje -Funciones de utilidad por modo	-Matrices origen destino por modo y estrato
Asignación de transporte privado	-Matrices origen-destino de modos de transporte privado -Ocupación de vehículos -Características de la red de transporte privado - Características de la red de transporte público	-Volúmenes y tiempos en la red
Asignación de transporte público	-Volúmenes y tiempos en la red de transporte privado -Costos de transporte público - Características de la red de transporte público	-Volúmenes y tiempos en la red

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

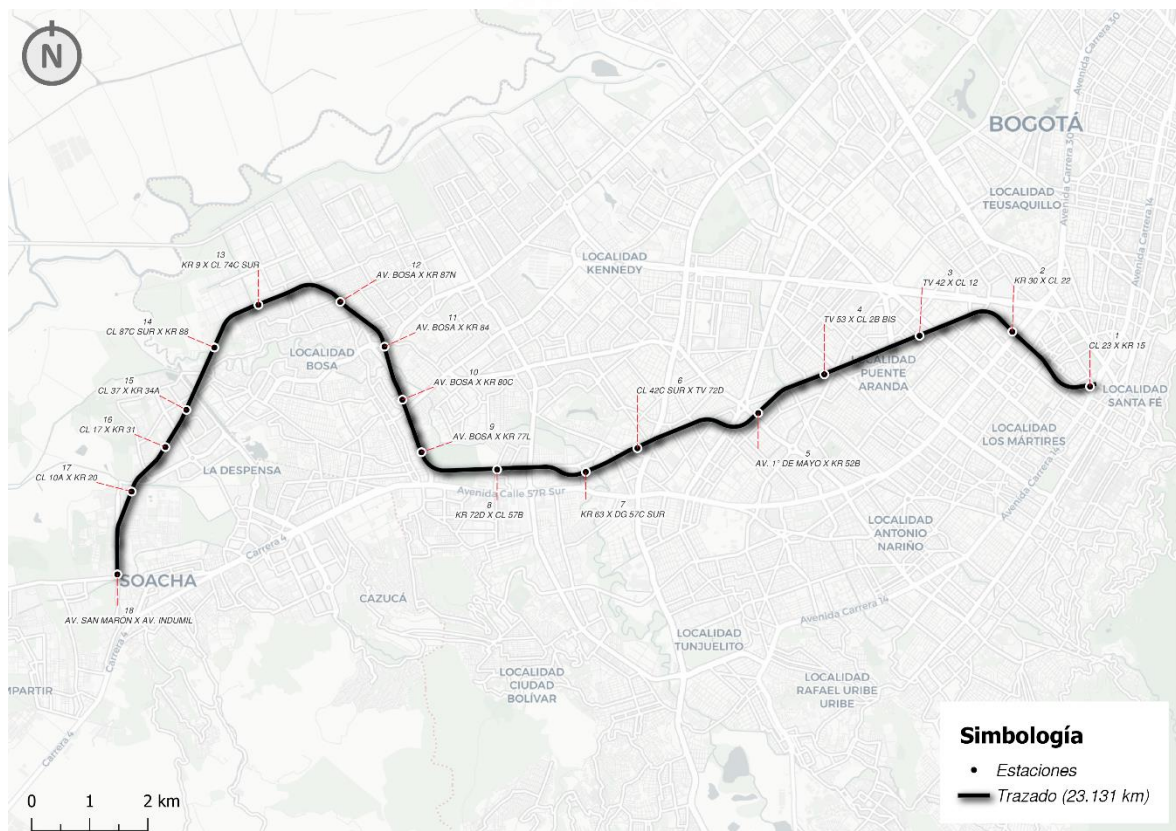


## 1.2 Metodología de modelación

En esta etapa se analizó el corredor seleccionado a partir de los resultados de la evaluación por matriz multicriterio. El detalle de los cálculos que llevaron a esta selección puede ser consultado en el documento Etapa 3 de la presente consultoría. Cabe resaltar que la alternativa seleccionada por medio de la matriz contempla el análisis de nodo de terminación, que es incluido más adelante en este informe. Adicionalmente, posterior a ser seleccionada, la alternativa de trazado tuvo modificaciones resultado de las mesas de trabajo desarrolladas con el equipo de especialistas, por lo que se evaluaron diferentes localizaciones de estaciones, cambios de trazado, perfil y ubicación de accesos, cambios que se tuvieron en cuenta en la modelación del proyecto.

Para efectos de la modelación en el modelo de 4 etapas de Bogotá y la región, las estaciones se ubicaron como se muestra en la siguiente figura y las velocidades se incorporaron de acuerdo con los resultados de los análisis del equipo de diseño operacional ferroviario del proyecto.

Figura 1.2 Trazado y ubicación de estaciones de corredor en el modelo de transporte.



Fuente: Steer 2022

Para los escenarios de modelación de la Etapa 4 se siguió la misma lógica presentada en el análisis de transporte y la evaluación multicriterio, que consiste en definir caminos diferentes de desarrollo de la ciudad sobre los cuales estimar el comportamiento de las zonas evaluadas y en donde, a partir de diferentes prospectivas de oferta de proyectos de transporte público futura, se evalúa cada una de las alternativas en distintas ofertas de proyectos de transporte público, dado que la demanda puede tener modificaciones considerables en función de cómo se configura la oferta de la ciudad. Adicionalmente a las estimaciones con proyecto, las prospectivas de oferta fueron evaluadas sin proyecto, con el fin de estimar los beneficios que genera.

Es preciso indicar que de acuerdo con la guía de maduración de proyectos del IDU y para la etapa en la que se desarrolla la presente consultoría, los análisis se desarrollaron con información secundaria incorporada en el modelo de 4 etapas de la ciudad y su área de influencia de la SDM y los parámetros de modelación corresponde a los utilizados para proyectos similares en desarrollo (ejemplo: Regiotram de Occidente, Línea 2 de Metro de Bogotá, extensión de la Línea 1 de Metro de Bogotá).

Con esta metodología se busca obtener estimaciones de demanda para la alternativa seleccionada varias condiciones de oferta de transporte público y cortes temporales, así como estimar los beneficios que genera.

### **1.2.1 Parámetros operacionales**

Como se definió en etapas anteriores, la tipología de línea del proyecto férreo será subterránea y tecnología tipo metro pesado. Para efectos de la modelación de transporte en el modelo de 4 etapas de la ciudad y los municipios de influencia, se hicieron los siguientes supuestos operacionales:

Tabla 1.2 Supuestos de modelación por tipología del sistema férreo

Ítem	Metro Pesado
Capacidad tren	1,800 pax
Intervalo mínimo de despacho	2.5 min
Tiempo de transferencia (penalidad)	6 min 53 seg.
Longitud mínima de links de acceso	50 m
Integración física	Sí con los modos que lo interceptan
Integración tarifaria	Por ser metro, se evalúa con el esquema de integración del SITP de Bogotá D.C.
Tiempo de parada	20 seg., 30 seg. en conexión con PLMB y estación terminal
Velocidad operacional	Entre 40.1 km/h y 41.1 km/h
Penalidad de tiempos de acceso	4 min (estaciones subterráneas)

Fuente: Steer 2023

### 1.2.1.1 Capacidad del tren

Aunque este parámetro no influye en los resultados de estimación de demanda, dado que el modelo no presenta restricciones de capacidad, es un dato importante para conocer operativamente los pasajeros máximos que podrían ser atendidos en la hora de pico dependiendo de la tipología del tren considerado.

Un insumo para la definición del tipo de tren y el número de vagones de cada alternativa fue el resultado de la modelación de la etapa de análisis de transporte. Para este caso se considera que las alternativas evaluadas con tren ligero tienen una capacidad de 1,200 pasajeros, mientras que las de metro pesado tienen capacidad de 1,800 pasajeros.

El detalle del tipo de tren considerado y sus características pueden ser consultados en el documento de la disciplina de Ingeniería Ferroviaria.

### 1.2.1.2 Intervalo de despacho

Para esta etapa de modelación se optó por conservar el mismo intervalo mínimo de despacho que en las etapas anteriores: 2.5 minutos.

### 1.2.1.3 Tiempo de transferencia y longitudes de acceso

El tiempo de transferencia y la longitud de los arcos de acceso corresponden a los valores utilizados en proyectos similares dentro del modelo de 4 etapas entregado por la SDM. Para el corredor, al ser metro pesado, se consideraron los parámetros utilizados para los estudios de demanda de la estructuración de los proyectos: Primera y Segunda línea de metro de Bogotá D.C.

#### 1.2.1.4 Esquema tarifario

En cuanto al esquema tarifario del proyecto, tal como se desarrolló las etapas anteriores, se modela cada alternativa con integración física y tarifaria del esquema actual del Sistema Integrado de Transporte Público SITP de Bogotá D.C. Dentro del modelo, la integración física se refiere a la inclusión de arcos que conecten directamente las estaciones del proyecto con otras estaciones de transporte masivo de la ciudad, como se describe en la sección 1.3.1.

Por otro lado, la integración tarifaria se refiere al esquema de las tarifas con el que actualmente opera el SITP (componente zonal, troncal y metro), en la cual las transferencias que se den entre el proyecto y otros modos no impongan el pago de la tarifa completa, sino el diferencial entre las tarifas de los diferentes modos.

Para este análisis la tarifa para el Corredor Férreo del Sur es la misma del sistema troncal y de las otras líneas de metro de Bogotá: \$2.400 (pesos del 2019). Esto entonces implica que el cambio modal entre estos sistemas no genera cobro al usuario y que las transferencias entre el sistema zonal y el proyecto costarán \$200, como se presenta en la siguiente tabla.

Estas integraciones aplicarán solo para el proyecto en cuestión, es decir, los proyectos Regiotram de Occidente y del Norte se modelarán como se han modelado en estudios de demanda desarrollados basados en el modelo de 4 etapas de la Secretaría de Distrital de Movilidad: con integración física y sin integración tarifaria con el SITP, e integrados tarifariamente entre ellos.

Por su parte, las transferencias entre el proyecto y los demás trenes regionales se cobrarán a la tarifa plena.

Tabla 1.3. Estructura tarifaria del modelo de transporte

Modo	Zonal	Troncal	Metro	Regiotram Occ - Norte	Corredor Férreo del Sur
<b>Peatón</b>	\$ 2.200	\$ 2.400	\$ 2.400	Dependiendo del par OD	\$ 2.400
<b>Zonal</b>	\$ 0	\$ 200	\$ 200	Tarifa plena	\$ 200
<b>Troncal</b>	\$ 0	\$ 0	\$ 0	Tarifa plena	\$ 0
<b>Metro</b>	\$ 0	\$ 0	\$ 0	Tarifa plena	\$ 0
<b>Regiotram Occ - Norte</b>	Tarifa plena	Tarifa plena	Tarifa plena	\$ 0	Tarifa plena
<b>Corredor Férreo del Sur</b>	\$ 0	\$ 0	\$ 0	Tarifa plena	\$ 0

Fuente: Steer 2022

La propuesta de tarifa y de la integración tarifaria con otros sistemas férreos regionales fue puesta en discusión y aprobada en mesa técnica con el equipo de la SDM y la EMB.

#### 1.2.1.5 Tiempos de parada

Para la definición de los tiempos de parada también se tomaron como referencia los valores incorporados en el modelo de 4 etapas para modo tren y metro, en donde en las estaciones iniciales y en las que se presentan un gran número de transferencias, como el caso de la estación de transferencia con la primera línea de metro de Bogotá D.C. se considera un tiempo de parada de 30 segundos, mientras que en el resto de las estaciones intermedias se consideran 20 segundos.

#### 1.2.1.6 Velocidades

Al incorporar en el modelo los cambios geométricos que resultaron a partir del trabajo de las diferentes especialidades de la consultoría en esta etapa se cambió la velocidad resultante con respecto a la utilizada en etapas anteriores del proyecto. Este valor se presenta a continuación. Cabe resaltar que se verificó con el equipo férreo que esta velocidad no fuese significativamente diferente a la resultante del diseño operacional del sistema.

Tabla 1.4. Tiempos de recorrido y velocidad resultantes para el proyecto corredor férreo del sur.

Longitud trazado (por sentido)	Tiempo de recorrido (con tiempo de parada)	Velocidad promedio resultante
22.58 km	34.98 min	38.7 km/h

Fuente: Steer 2023

#### 1.2.1.7 Penalidad de tiempos de acceso

En cuanto a la penalidad de tiempo de acceso, esta mantiene el supuesto de las etapas anteriores, en la que el valor depende de cómo esta ha sido modelada en proyectos similares en el modelo de 4 etapas de Bogotá D.C. y los municipios de influencia. Para esta etapa se ha seleccionado un trazado enteramente subterráneo, se asignó al proyecto la penalidad de acceso utilizada en las estaciones del proyecto Segunda Línea de Metro de Bogotá D.C., que fue estructurada como subterránea. Esta penalidad es de 4 minutos.

#### 1.2.2 Cortes temporales

Los cortes temporales se refieren a los años para los cuales se hará una estimación de la demanda del proyecto para la alternativa final. En esta etapa, se definieron 5 cortes temporales: el inicio de operación del proyecto (2035 según lo acordado en mesa técnica con el equipo de la SDM y la EMB) y cada 5 años hasta los 20 años de operación (2040, 2045, 2050 y 2055)

Teniendo en cuenta que Bogotá para el inicio del proyecto ya había adoptado su nuevo POT “Bogotá Reverdece 2022 - 2035” mediante Decreto 555 del 2021, la visión de crecimiento de ciudad, así como los análisis urbanísticos y el modelo de transporte para el

presente proyecto, tomaron como base la normativa y proyectos establecidos en dicho documento conforme a lo acordado entre el equipo consultor, la interventoría y el IDU. La visión de ciudad y proyectos de transporte público fueron proporcionados por la SDM a esta consultoría como insumo para los análisis.

En consecuencia y dado que la revisión de los vectores de población y usos del suelo para Bogotá D.C. fueron realizados en ejercicios recientes entre la SDM y la SDP, estos no fueron modificados para Bogotá D.C. Sin embargo, para el municipio de Soacha las variables de atracción y generación fueron revisadas y ajustadas según la siguiente información:

- Decretos reglamentarios y normativa urbana de los planes parciales adoptados;
- Normativa urbana vigente incluyendo edificabilidad propuesta para los distintos tratamientos urbanísticos según el POT de cada uno de los municipios;
- Información georreferenciada compartida por la Secretaría de Planeación de Soacha sobre el POT vigente y las propuestas incluidas en el proceso de revisión y formulación del nuevo POT que se encuentra en revisión por parte de la CAR;
- Histórico de licencias de construcción por uso otorgadas en los municipios objeto de estudio con base en las “Estadísticas de edificación licencias de construcción – ELIC” del DANE, que contiene información desde 2005 hasta el 2022 con corte a abril 2022 (DANE, 2021);
- Base histórica y vigente (proyectos activos e inactivos) de proyectos de construcción por uso georreferenciados en los municipios objeto de estudio con base en “Coordenada Urbana” de CAMACOL, que contiene información desde 2015 hasta el 2021 con corte junio de 2021 (CAMACOL, 2021);
- Proyecciones de población del “Censo Nacional de Población y Vivienda 2018” del DANE (DANE, 2018).

El detalle y resultado de estas modificaciones pueden ser consultados en el documento CAC-SGC-GEN-TRA-01-v.2 Análisis de transporte.

### 1.2.3 Prospectivas de proyectos

En este proyecto se han planteado 3 ofertas de transporte público, cada oferta contiene una configuración de proyectos futuros que se encuentran en los ejercicios de planeación de la ciudad.

**Oferta 1:** Los proyectos, que, dado su grado de avance actual, tienen una alta probabilidad de estar operando en el año 2035.

**Oferta 2:** Proyectos identificados por el Distrito que bajo una visión optimista e ideal estarían operando en el año 2035 y bajo una visión conservadora pueden considerarse operando en el 2055.

**Oferta 3:** Proyectos identificados por el Distrito que bajo una visión optimista e ideal estarían operando en el año el año 2055.

Teniendo en cuenta que se trata de supuestos de planificación de ciudad, las redes de oferta empleadas en el desarrollo de las etapas 1, 2 y 3 de la presente consultoría fueron definidas y validadas por la SDM y la EMB. La información correspondiente a la oferta de transporte público de modos, rutas, intervalos y trazados fue suministrada por la SDM en el modelo de transporte de 4 etapas en su versión más actualizada. Dicha información será adaptada para cada una de las prospectivas y escenarios incluidos en los análisis de transporte.

Los siguientes son los proyectos que se incluyen en cada oferta, los cuales pueden ser detallados espacialmente en los mapas que acompañan cada lista:

- **Oferta 1**

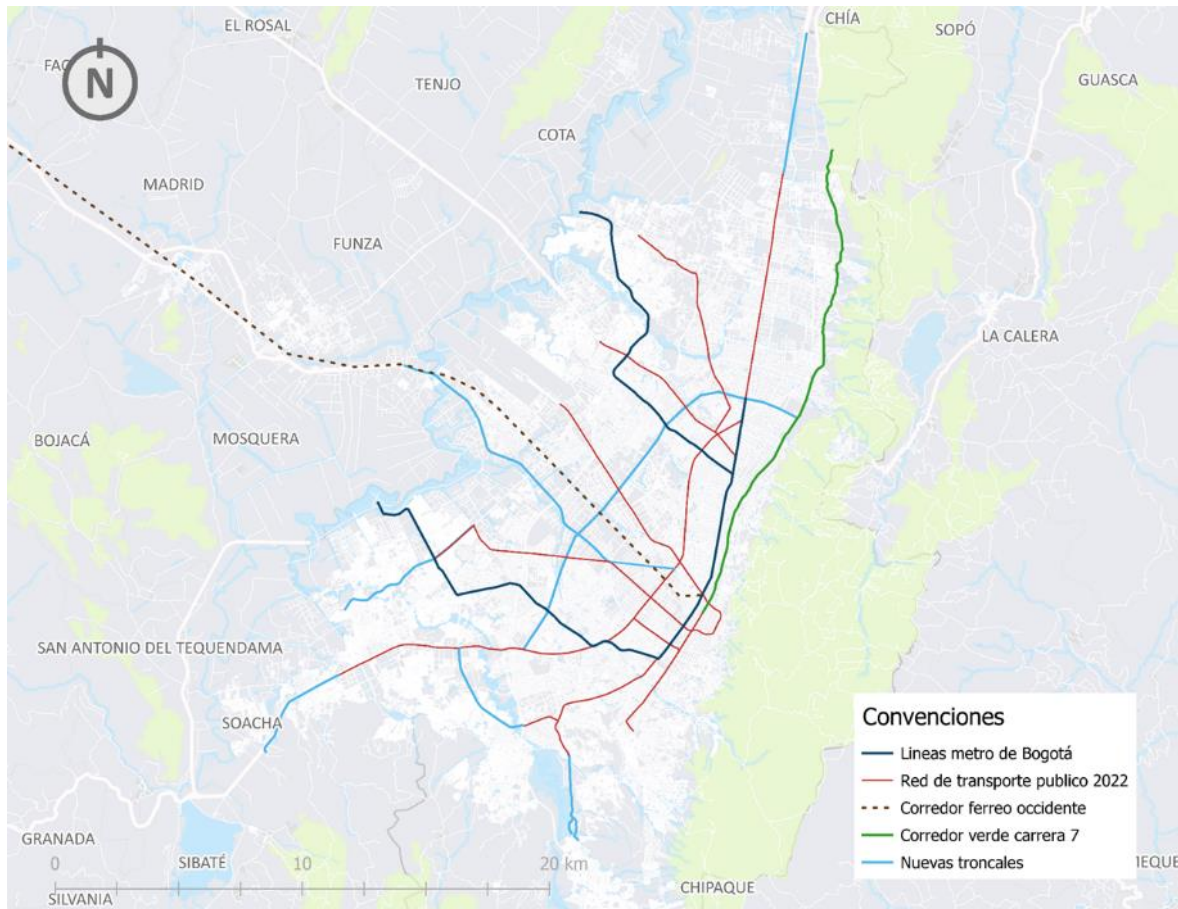
- Troncales

- Red de transporte público 2022
- Av. Calle 13 desde puente Aranda hasta límite del distrito
- Corredor Verde Carrera 7 desde Calle 34 hasta Calle 200
- Av. Carrera 68 entre Autopista Sur y Carrera 7
- Av. Ciudad de Cali desde Av. Circunvalar del Sur hasta Av. Manuel Cepeda Vargas
- Extensión troncal Autopista Norte desde Estación Terminal hasta Calle 245
- Conexión troncal Américas desde NQS hasta Puente Aranda
- Fase II y III de Soacha desde San Mateo hasta el Vinculo
- Extensión Troncal Caracas Sur desde estación Molinos hasta Portal Usme
- Av. Villavicencio desde Av. Boyacá hasta Autopista Sur (Portal Tunal – Estación Sevillana)

- Proyectos Férreos

- Línea 1 de Metro hasta Calle 72
- Línea 2 de Metro desde Calle 72 hasta Suba
- Corredor férreo de occidente – Proyecto Regiotram de Occidente

Figura 1.3 Proyectos de transporte público de la oferta 1

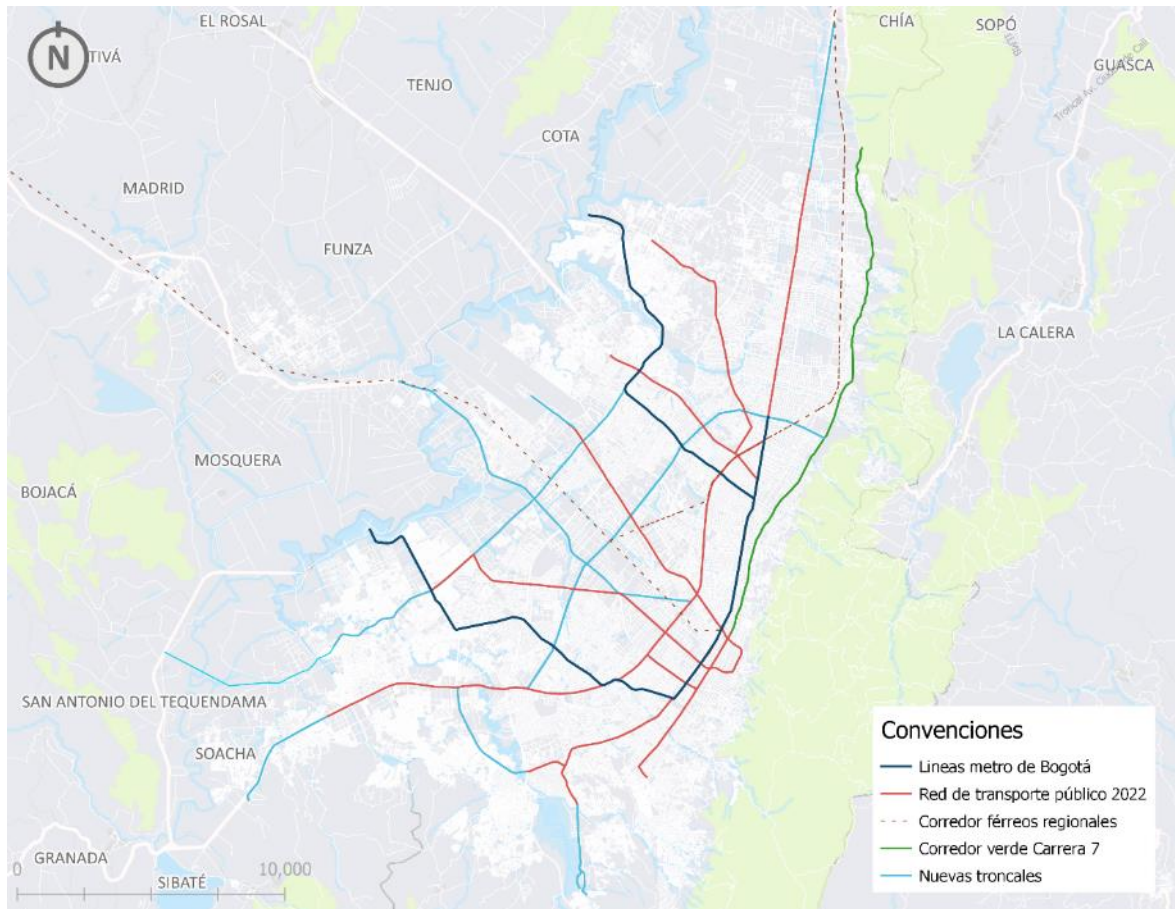


Fuente: Steer 2022

- **Oferta 2**
  - Proyectos transporte público Oferta 1
  - Troncales
    - Avenida Ciudad de Cali desde Av. Manuel Cepeda Vargas hasta Calle 80 y desde Av. Circunvalar del Sur hasta Av. ALO Sur
    - Extensión troncal Av. Eldorado hasta Aeropuerto Eldorado
    - Extensión troncal Calle 80 desde Carrera 100 hasta Puente de Guadua
  - Proyectos Férreos
    - Extensión de la L1 del metro por la Autopista Norte desde la Calle 72 hasta la Calle 100
    - Corredor férreo del Norte – Proyecto Regiotram del Norte



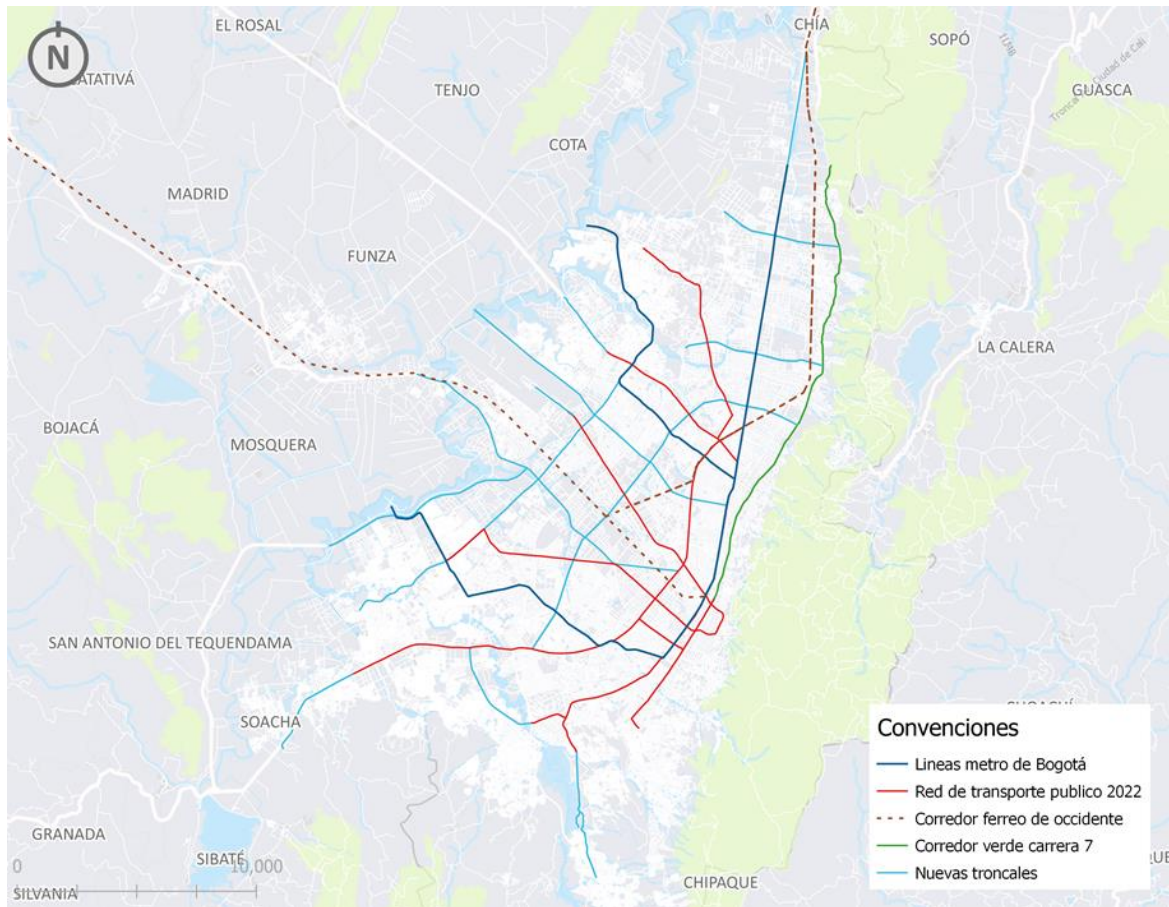
Figura 1.4 Proyectos de transporte público de la oferta 2



Fuente: Steer 2022

- **Oferta 3**
  - Proyectos de Transporte Público Oferta 2
  - Troncales
    - Calle 170 desde Av. Boyacá hasta Carrera 7
    - Calle 127 desde Carrera 7 hasta Av. Boyacá
    - Av. Calle 63 desde Av. Caracas hasta límite del Distrito Capital
    - Extensión troncal Usme – Yomasa
    - Corredor ALO desde Mondoñedo hasta Calle 80 (Proyectos ALO Sur y ALO Centro)
  - Proyectos Férreos
    - Extensión de la L1 del metro por la Autopista Norte desde la Calle 100 hasta la Calle 200

Figura 1.5 Proyectos de transporte público de la oferta 3



Fuente: Steer 2022



Adicionalmente, para la modelación las ofertas de transporte se pueden implementar en la ciudad en diferentes cortes temporales, dependiendo del desarrollo que se presente en años futuros. Por lo tanto, se han planteado dos prospectivas de proyectos, las cuales se refieren a dos posibles configuraciones de entrada de proyectos futuros en la ciudad, como se muestra en la siguiente tabla. Cabe resaltar que ambas prospectivas contemplan un esquema tarifario con integración con corredores férreos regionales y del SITP.

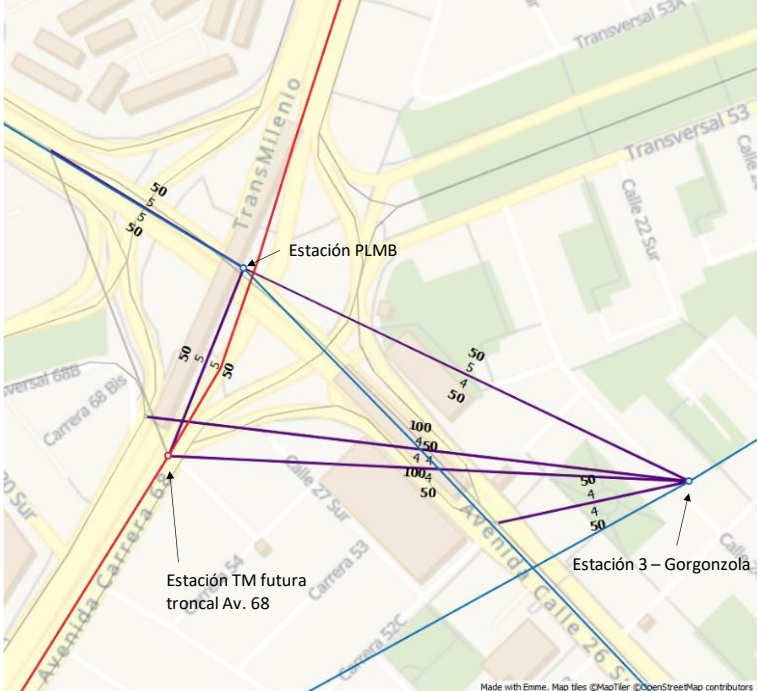
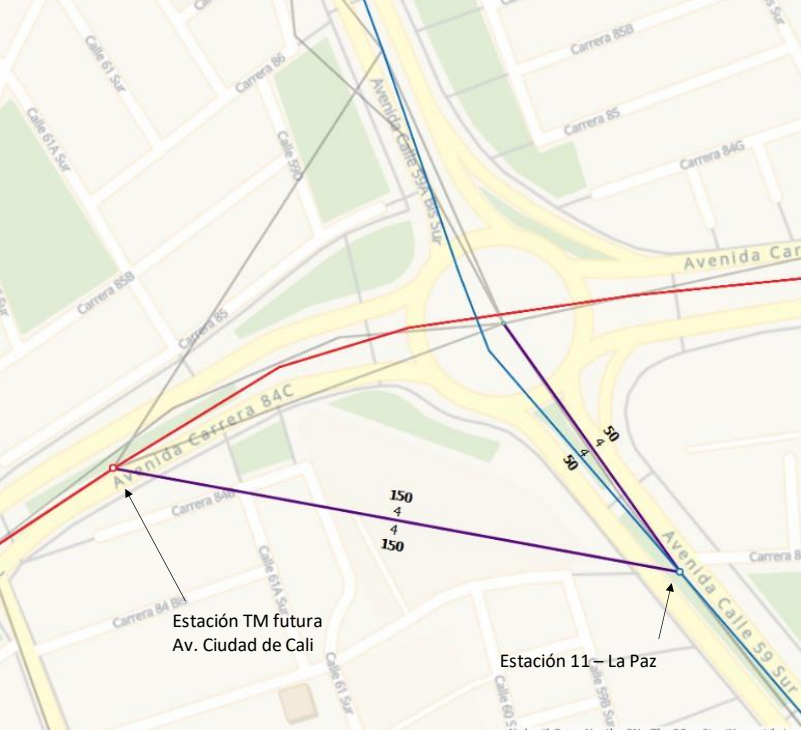
Tabla 1.5 Prospectivas de modelación

Prospectiva	2035	2040	2045	2050	2055
Conservadora	Oferta 1	Oferta 1	Oferta 1	Oferta 2	Oferta 2
Optimista	Oferta 2	Oferta 2	Oferta 2	Oferta 3	Oferta 3

Fuente: Steer 2023



Conexiones y accesos	Estación
 <p>Estación 2 - La Hoja</p> <p>Estación TM CAD</p> <p>Made with Emme. Mao tiles ©MaoTiler ©OpenStreetMao contributors</p>	<p>Estación 2 La Hoja</p>
 <p>Estación 3 - Gorgonzola</p> <p>Estación TM Zona Industrial</p> <p>Made with Emme. Mao tiles ©MaoTiler ©OpenStreetMao contributors</p>	<p>Estación 3 Gorgonzola</p>

Conexiones y accesos	Estación
	<p>Estación 5 San Eusebio</p>
	<p>Estación 11 La Paz</p>

Fuente: Steer 2022

El detalle de las conexiones físicas presentadas en la tabla anterior se presenta en la tabla a continuación

Tabla 1.7. Integración física entre el CFS y el componente troncal del SITP de Bogotá

Estación	Conexión física	Penalidad	Longitud
Estación 1 Santa Fe	TM Calle 22 (Troncal Caracas)	4min a TM 4min a CFS	50m
	Estación Calle 26 Primera Línea de Metro de Bogotá	5min a PLMB 4min a CFS	50m
Estación 2 La Hoja	TM CAD (Troncal NQS)	4min a TM 4min a CFS	400m
Estación 3 Gorgonzola	TM Zona industrial (Troncal Cl. 13)	2min a TM 5min a CFS	100m
Estación 5 San Eusebio	TM (Futura troncal av. 68)	4min a TM 4min a CFS	100
	Estación Carrera 68 Primera Línea de Metro de Bogotá	5min a PLMB 4min a CFS	50m
Estación 11 La Paz	TM (Futura troncal Av. Ciudad de Cali)	4min a TM 4min a CFS	150m

Fuente: Steer 2022

### 1.3.2 Ajuste al modelo incremental en Soacha

Como se explicó anteriormente, el modelo de transporte cuenta con un modelo incremental que toma los resultados de las cuatro etapas para los escenarios futuros y utiliza las diferencias con la modelación de 2019 para estimar la demanda futura, manteniendo la estructura de las matrices calibradas del año base. Una vez revisados los viajes generados en el municipio de Soacha, se identificó que, debido a la estructura del modelo incremental, la proporción de estos viajes con respecto a la población proyectada en cada una de las ZAT no lograba representar el desarrollo que estaba teniendo el municipio. Es decir, en las zonas de altos crecimientos poblacionales en los escenarios futuros, los viajes no crecían en igual medida y, en algunos casos, zonas con una menor proyección de población resultaban en un mayor número de viajes que zonas con una mayor proyección.

Para corregir este efecto se realizó una modificación en el modelo incremental (pivote aditivo) que se aplica a los viajes que se generan en Soacha, como se muestra a continuación:

#### 1. Pivote aditivo →

$$\forall i \in S: M_{Futura} = M_{obs\ 2019} + (M_{Futura\ antes\ de\ MI} - M_{mod\ 2019})$$

$$\forall j \in S: M_{Futura_{ij}} = M_{obs\ 2019_{ij}} + (M_{Futura\ antes\ de\ MI_{ij}} - M_{mod\ 2019_{ij}})$$

## 2. Elimina negativos

$$M_{Futura_{ij}} = \text{Max} (0, M_{Futura_{ij}})$$

## 3. Factor de corrección por generación →

$$F = \frac{\text{Total viajes}_{\text{antes de pivote}}}{\text{Total viajes}_{\text{pivote aditivo}}}$$

$$\forall i \in S: M_{FuturaDP_{ij}} = FM_{Futura_{ij}}$$

Donde:

$i$  = Zona de origen

$j$  = Zona de destino

$S$  = Conjunto de zonas del municipio de Soacha

$M_{Futura_{ij}}$  = demanda del par origen-destino  $ij$  en la matriz modelada futura antes de pivote.

$M_{obs\ 2019_{ij}}$  = demanda del par origen-destino  $ij$  en la matriz calibrada del año base 2019

$M_{Futura\ antes\ de\ MI_{ij}}$  = demanda del par origen-destino  $ij$  en la matriz futura antes del ajuste del modelo incremental

$M_{mod\ 2019_{ij}}$  = demanda del par origen-destino  $ij$  en la matriz modelada de 2019

$M_{Futura\ DP_{ij}}$  = demanda del par origen destino  $ij$  en la matriz resultante del pivote

$\text{Total viajes}_{\text{antes de pivote}}$  = viajes totales de la matriz antes del modelo incremental

$\text{Total viajes}_{\text{pivote aditivo}}$  = viajes totales de la matriz después del modelo incremental

#### 1.4 Resumen de escenarios de modelación para la etapa 4

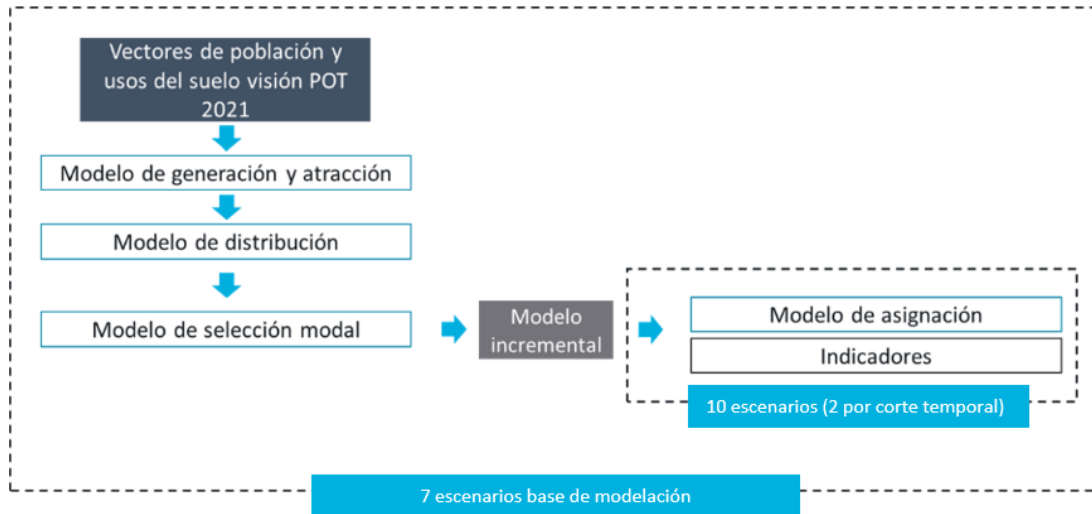
En esta etapa se obtiene información de demanda del corredor seleccionado en un escenario en el que el Sistema de Transporte de la Región Capital cuente con integración física y tarifaria, maximizando los beneficios sociales por mejoras en transporte para dos prospectivas de oferta de transporte público incorporadas (Explicadas anteriormente).

Para la modelación de estos escenarios se utilizó el modelo completo de 4 etapas para cada oferta en cada corte temporal en el primer y último año de los cortes temporales del proyecto según la prospectiva. Adicionalmente, para los años intermedios se realizó la modelación con la oferta 2. En total se corrieron 7 escenarios base (sin proyecto) son:

1. Corte temporal 2035 con oferta 1
2. Corte temporal 2035 con oferta 2
3. Corte temporal 2040 con oferta 2
4. Corte temporal 2045 con oferta 2
5. Corte temporal 2050 con oferta 2
6. Corte temporal 2055 con oferta 2
7. Corte temporal 2055 con oferta 3

La evaluación de los corredores se hizo en su totalidad desde el resultado de estos escenarios base, utilizando únicamente el modelo de asignación de la herramienta para evaluar y obtener indicadores de cada uno de los 10 escenarios (5 cortes temporales evaluados en dos prospectivas de oferta de transporte público cada uno). La imagen a continuación ilustra este enfoque metodológico dentro de la estructura del modelo.

Figura 1.6 Estructura del modelo para estimación de indicadores en el análisis de transporte



Fuente: Steer 2023

## 2 RESULTADOS DE MODELACIÓN

En esta sección se presentará el análisis de nodo de terminación, los perfiles de carga, y el impacto del proyecto sobre otros proyectos de transporte público.

En esta sección se presentarán los perfiles de carga, el impacto que el proyecto genera en otros corredores de transporte público y el cálculo de los indicadores del componente beneficios sociales por mejoras en transporte de la matriz multicriterio.

### 2.1 Análisis de nodo de terminación

A raíz de observaciones realizadas sobre el trazado original de la alternativa seleccionada se propuso evaluar la demanda potencial del proyecto al cambiar el nodo de terminación del corredor en Bogotá D.C. Inicialmente, en el trazado evaluado en el análisis de transporte, el último nodo del corredor en Bogotá D.C. sería la estación de la Sabana. En este análisis, se evaluó la demanda del proyecto si este nodo se ubicase en Estación Central, en la Avenida Caracas con Avenida Calle 26.



Es importante resaltar que este análisis fue realizado en la etapa de la matriz multicriterio y, por lo tanto, la alternativa seleccionada tuvo en cuenta los cambios propuestos por este análisis.

### 2.1.1. Justificación

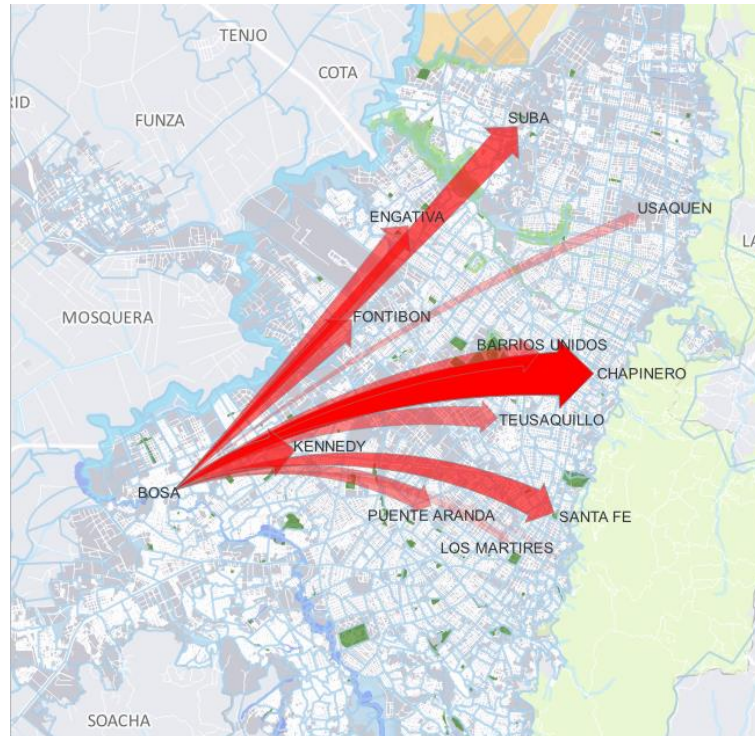
A partir del análisis de los pares origen – destino de los viajes provenientes de Soacha y Bosa (el área objetivo del proyecto) demuestran que, si bien estos pasajeros se dirigen hacia Bogotá, su destino final no es principalmente el centro. Los mapas a continuación ilustran la condición en la cual los viajes originados en estas áreas realmente se dirigen hacia el centro expandido de atracción de viajes de la ciudad, comprendido entre las Calle 45 y Calle 100 como límite norte. Dado que el trazado del corredor llega hasta la calle 22 con Carrera 10 aproximadamente, se definió realizar un análisis de transporte que incorpore un nuevo nodo de terminación en la estación central, con el fin de facilitar una transferencia que dé continuidad a los pasajeros del tren hacia el norte de la ciudad en otro modo de transporte incorporado en los proyectos de la ciudad como es la primera línea de metro.

Figura 2.1 Distribución de los destinos de viajes originados en Soacha por localidad



Fuente: Steer 2022

Figura 2.2 Distribución de los destinos de viajes originados en Bosa por localidad

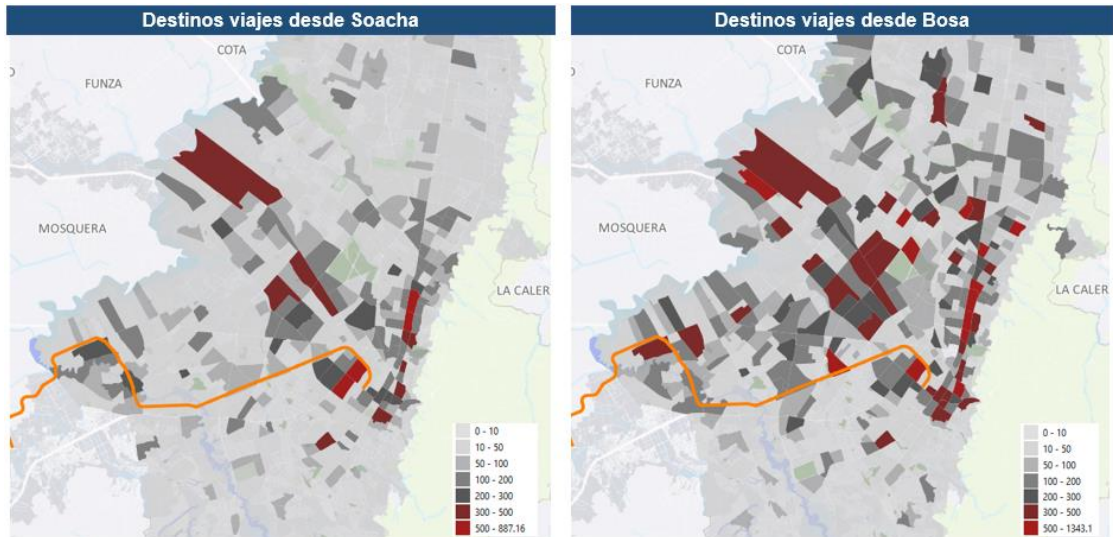


Fuente: Steer 2022

Las figuras anteriores ilustran que, si bien hay una proporción significativa de viajes originados en Soacha y Bosa que se dirigen hacia el centro de Bogotá (Los Mártires, Santa Fe), hay una mayor proporción de viajes que se dirigen más hacia el Norte, por el centro expandido (Barrios Unidos, Chapinero).

Un análisis desagregado, zona a zona (ZAT) presenta las mismas conclusiones. Los mapas a continuación muestran la cantidad de destinos por zona de viajes originados en Soacha y Bosa. Se puede observar que la mayoría de las zonas de alta atracción no están en el área de influencia directa del proyecto.

Figura 2.3 Viajes atraídos por zona desde Soacha y Bosa. En naranja, el trazado de la matriz multicriterio de la alternativa 7 de trazado del proyecto



Fuente: Steer 2022

Considerando el análisis anterior, se identifica que es necesaria una transferencia para llegar a los destinos del centro expandido y otras áreas fuera de la zona de influencia del proyecto. Se considera que un nodo de terminación en estación central que permita conexión directa con Regiotram Occidente, Transmilenio y la Primera Línea de Metro de Bogotá sería más apropiado para facilitar estos viajes que en Estación de la Sabana, nodo donde no habría integración con otros modos férreos.

- Segundo, se identificó en el análisis de transporte que el volumen máximo del proyecto en dirección Sur-Norte se presenta justo antes de la estación de la Avenida Carrera 68 con Avenida Primero de Mayo, y que posterior a este punto el volumen decrece a una figura cercana a la mitad de lo que había antes. Esto, de la mano con el punto anterior, implica un alto número de transferencias en esta área. De tal forma que los viajes que se dirigen hacia el Norte (en el centro expandido) no transitan en el tren hasta el punto más norte del corredor. Se considera que, si el trazado terminase en Estación Central, se facilitaría la transferencia en este punto, lo que permite aprovechar más la infraestructura del proyecto.

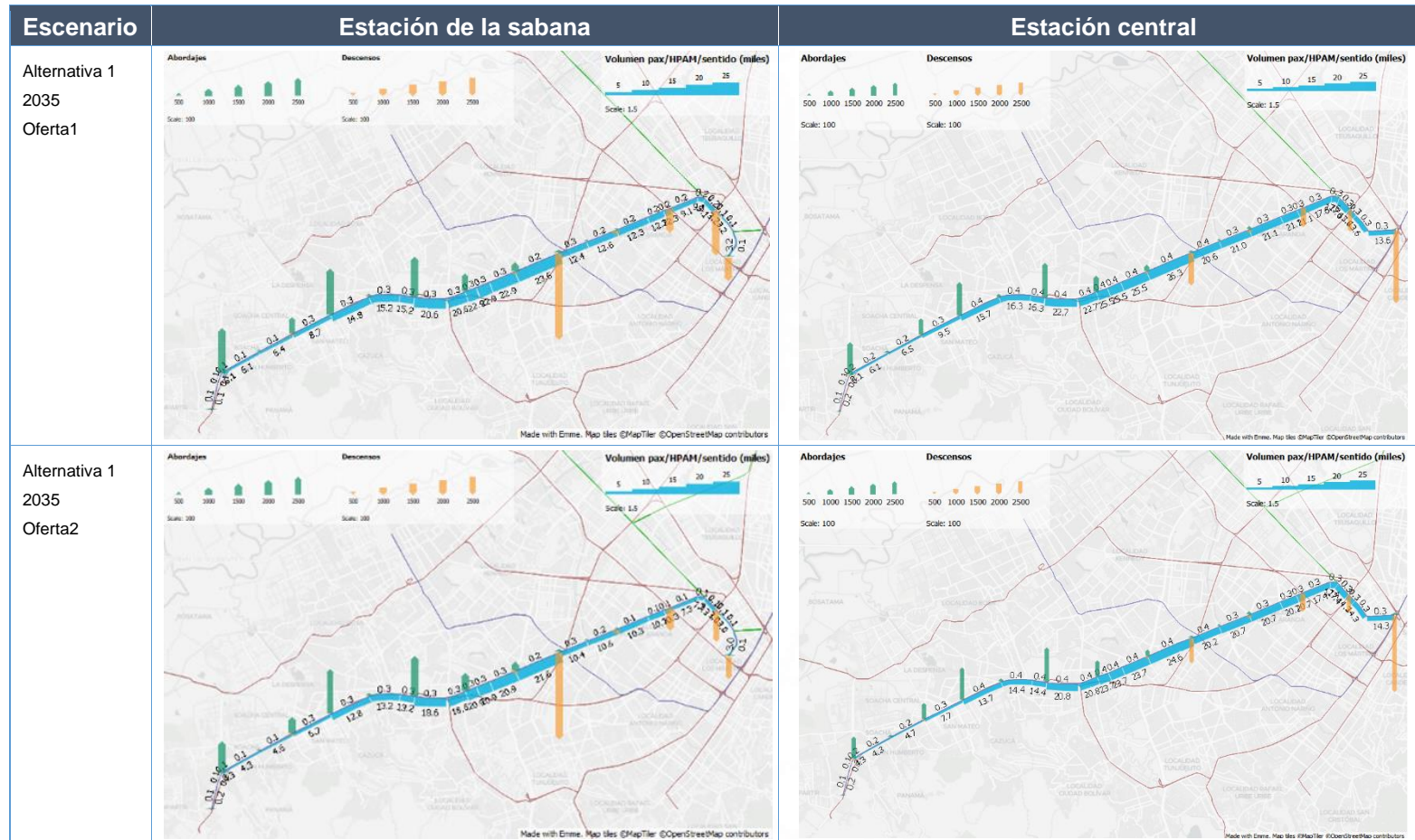
Es importante resaltar que este análisis fue realizado en la etapa de la matriz multicriterio y, por lo tanto, la alternativa seleccionada tuvo en cuenta los cambios propuestos por este análisis.

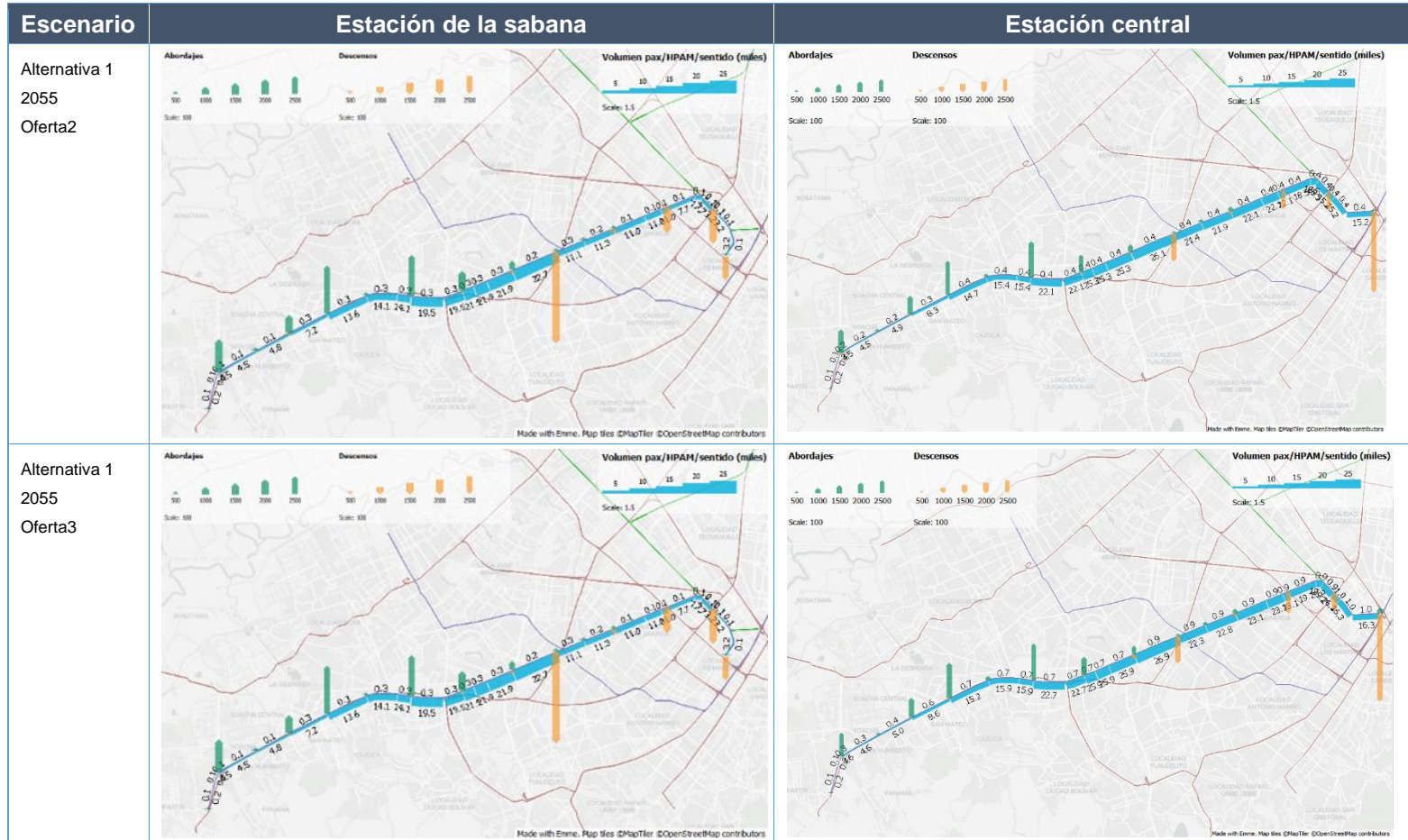
### 2.1.2. Demanda de alternativas de nodo de terminación

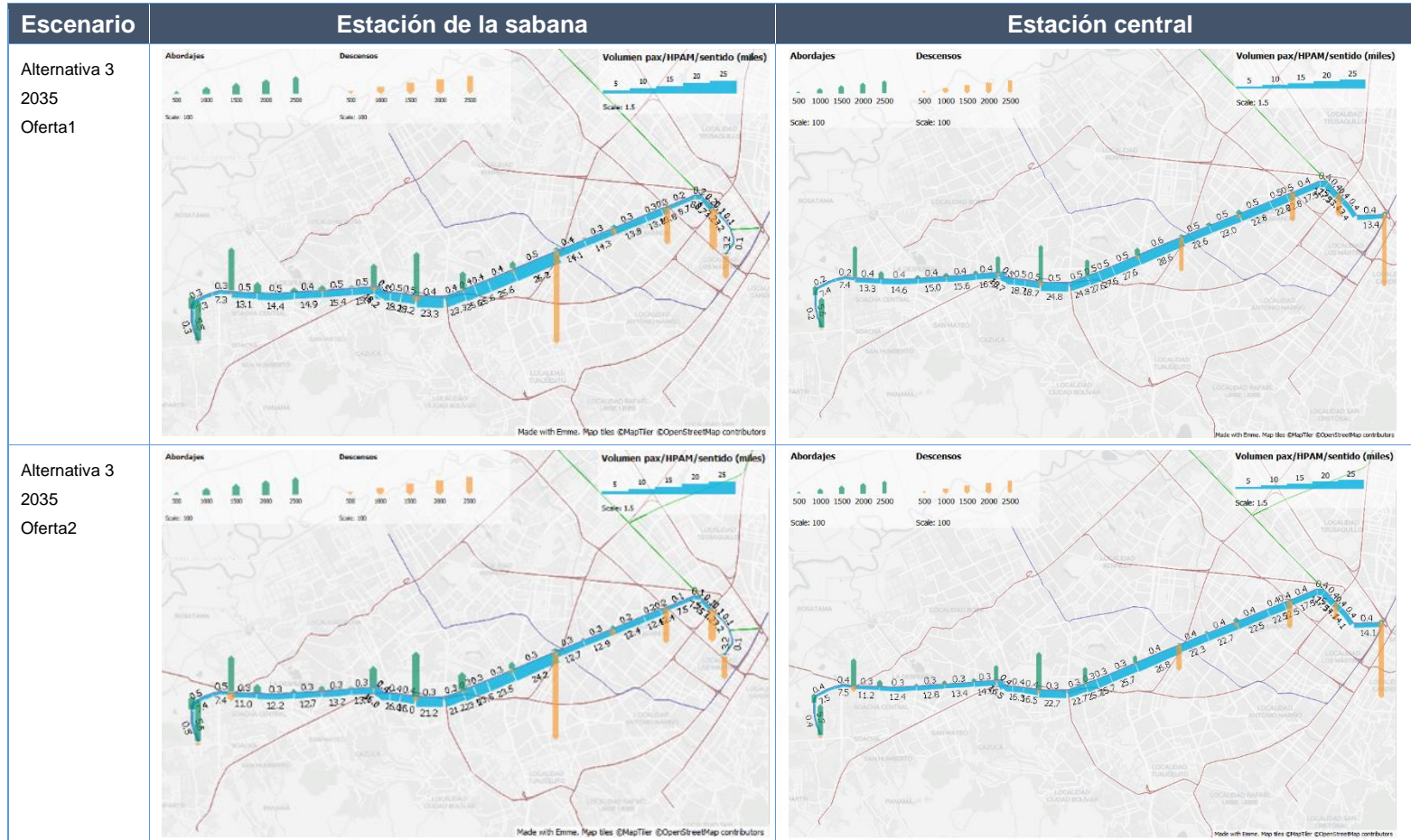
El análisis de nodo de terminación se realizó para todas las alternativas evaluadas con la matriz multicriterio. Los perfiles presentados a continuación muestran cómo cambia al perfil de demanda del corredor al cambiar el nodo de terminación en Bogotá de Estación de la Sabana a estación Central.

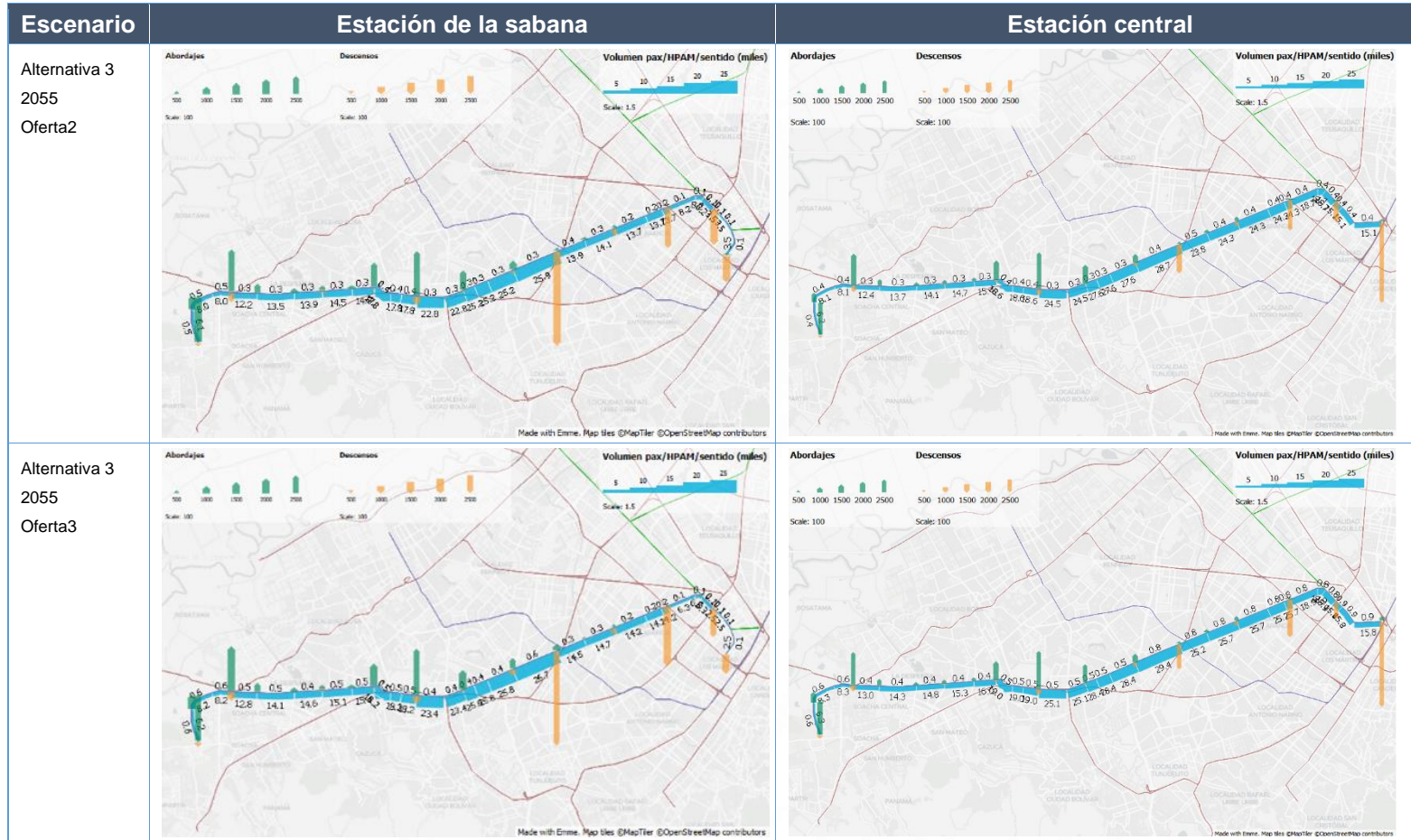
Cabe resaltar que, ya que este análisis fue realizado durante la etapa de matriz multicriterio, se hizo para cuatro escenarios diferentes por alternativa, para 5 alternativas, para un total de 24 escenarios. El detalle de la estructuración de oferta y prospectivas de modelación para estos escenarios puede encontrarse en el documento denominado Análisis de transporte de la Etapa 3. Adicionalmente, cabe resaltar que, por el estado de avance del proyecto al momento de realizar este análisis, se desarrolló para todas las alternativas que se encontraban en estudio, para de esta manera demostrar que en todos los casos el nodo de terminación seleccionado maximiza los beneficios por mejoras en transporte.

Tabla 2.1 Perfiles de demanda del corredor férreo del sur según nodo de terminación (trazados evaluación multicriterio)

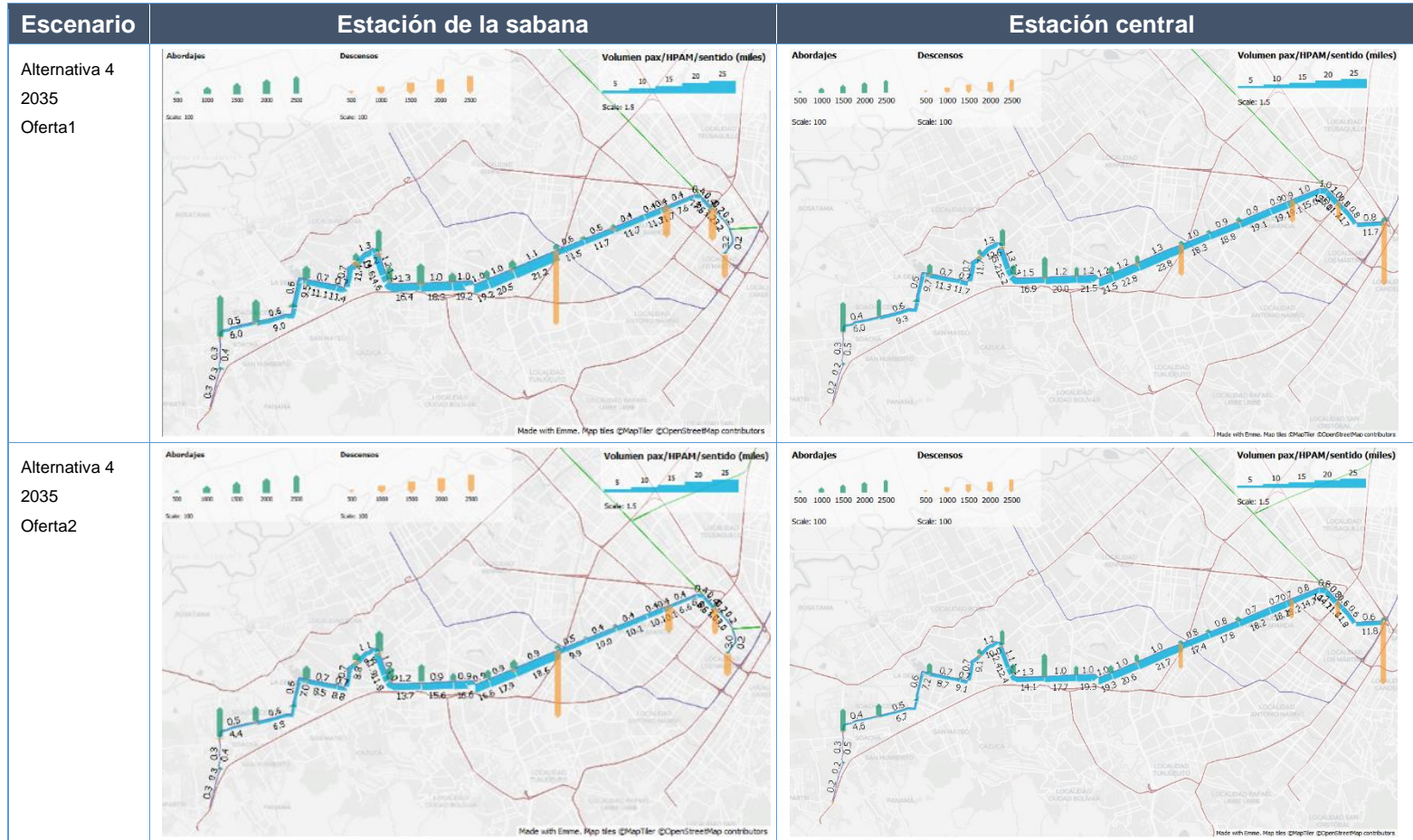


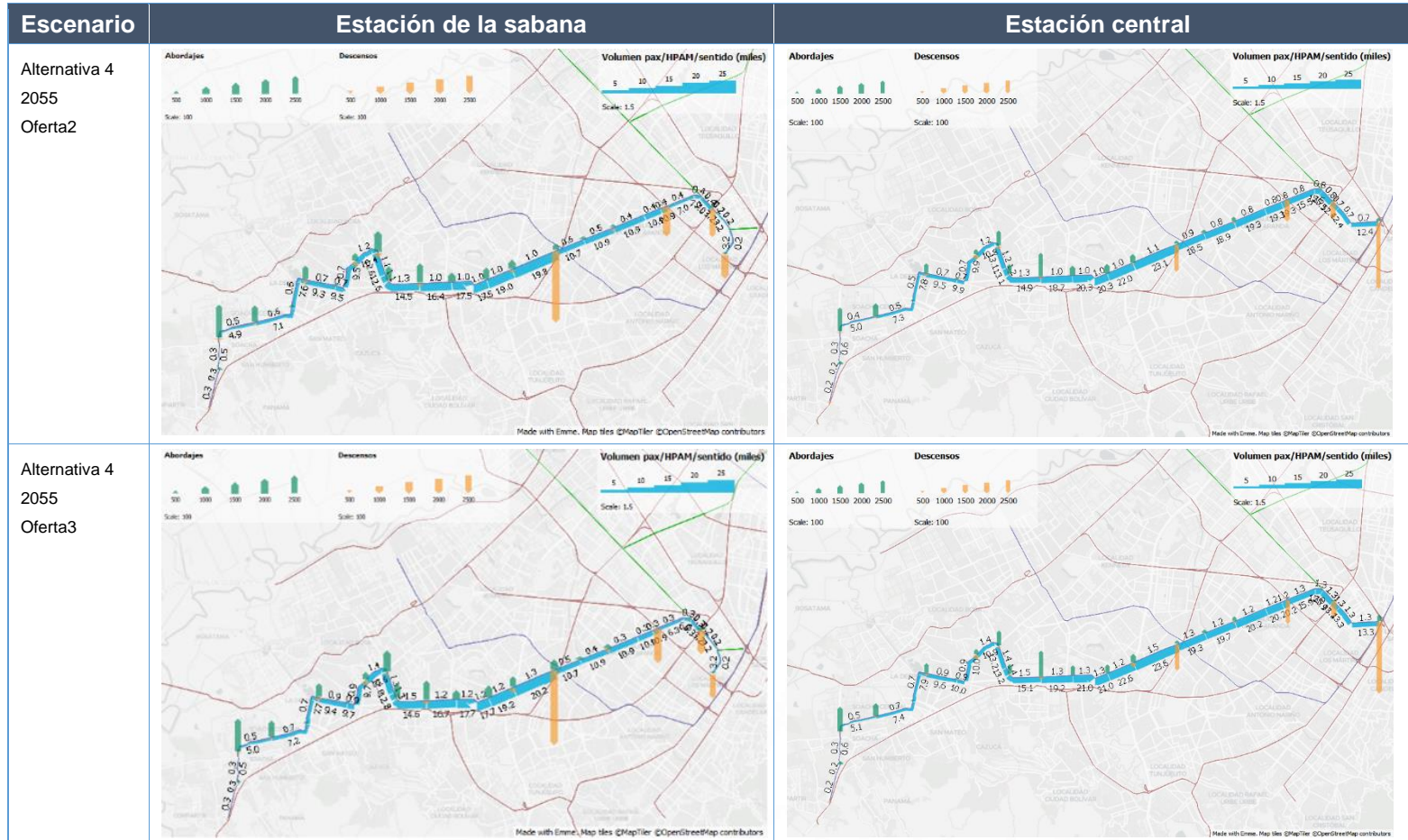


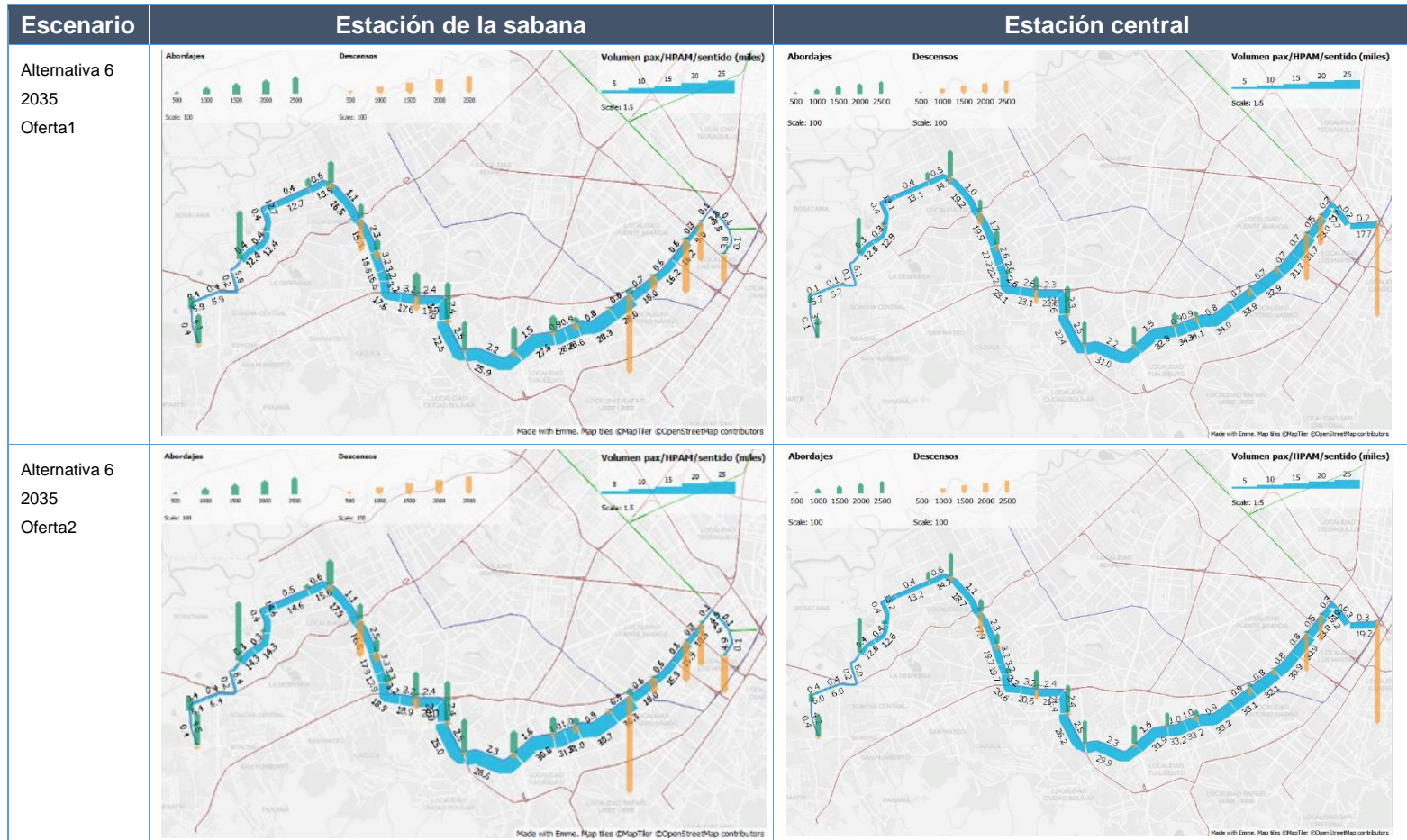


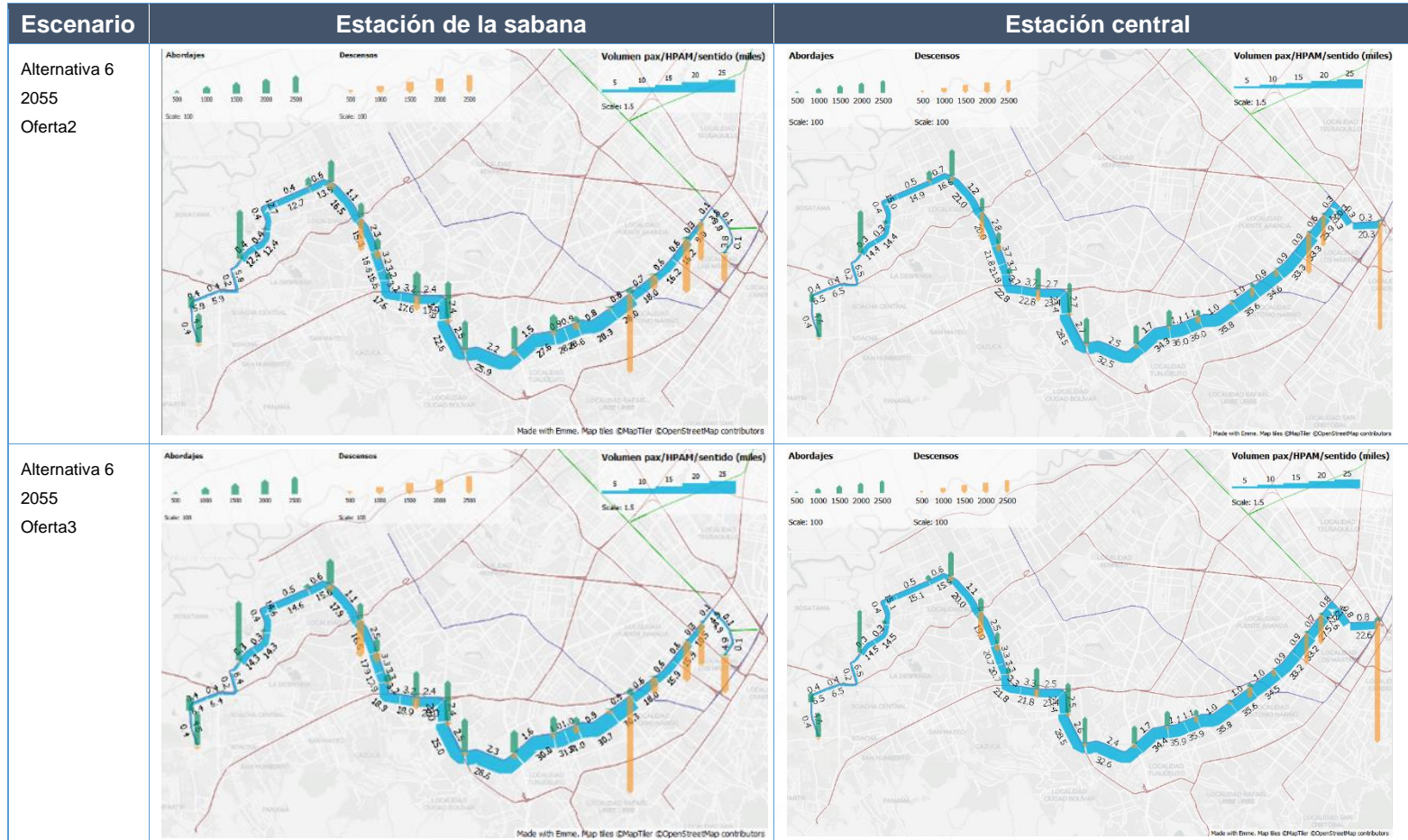


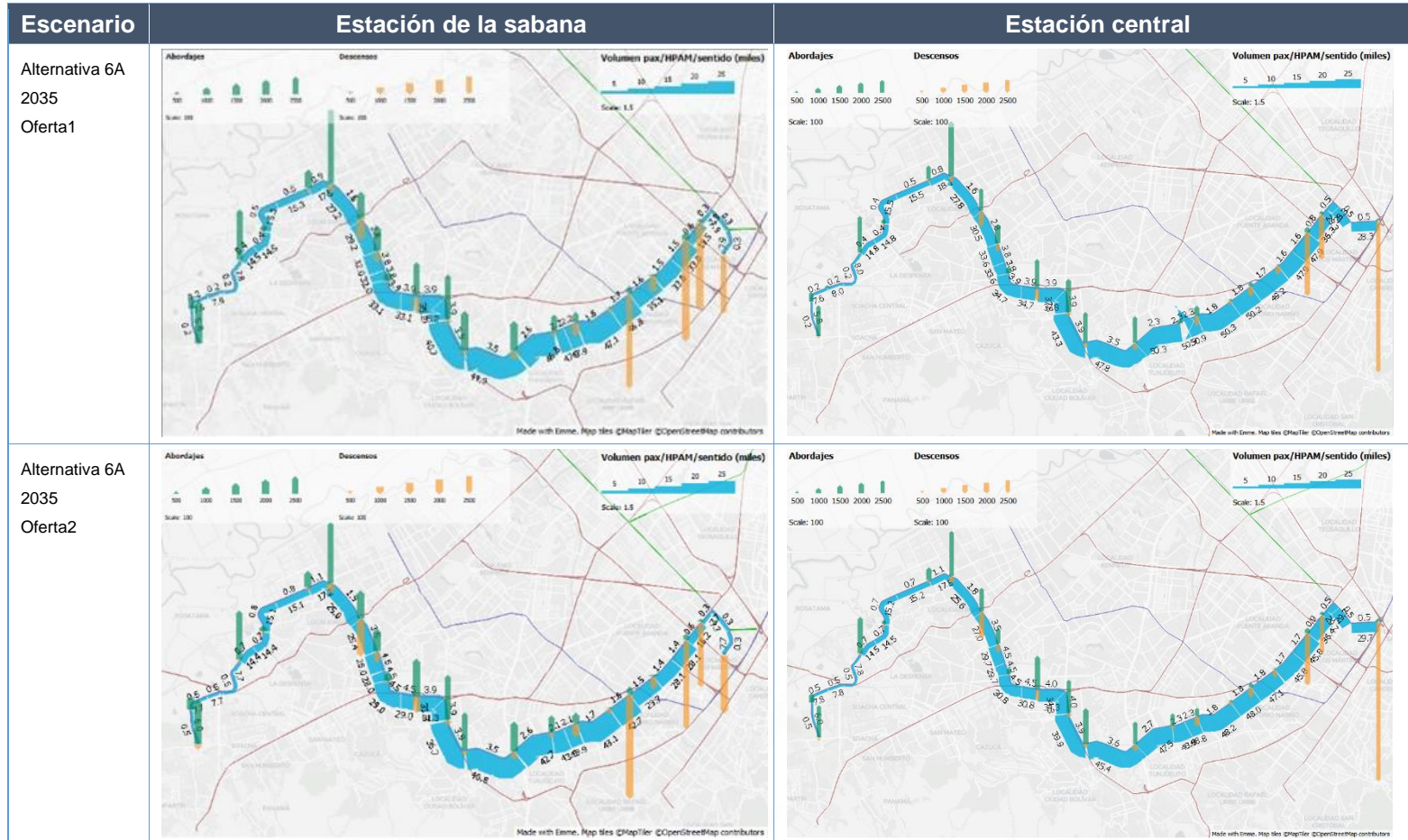


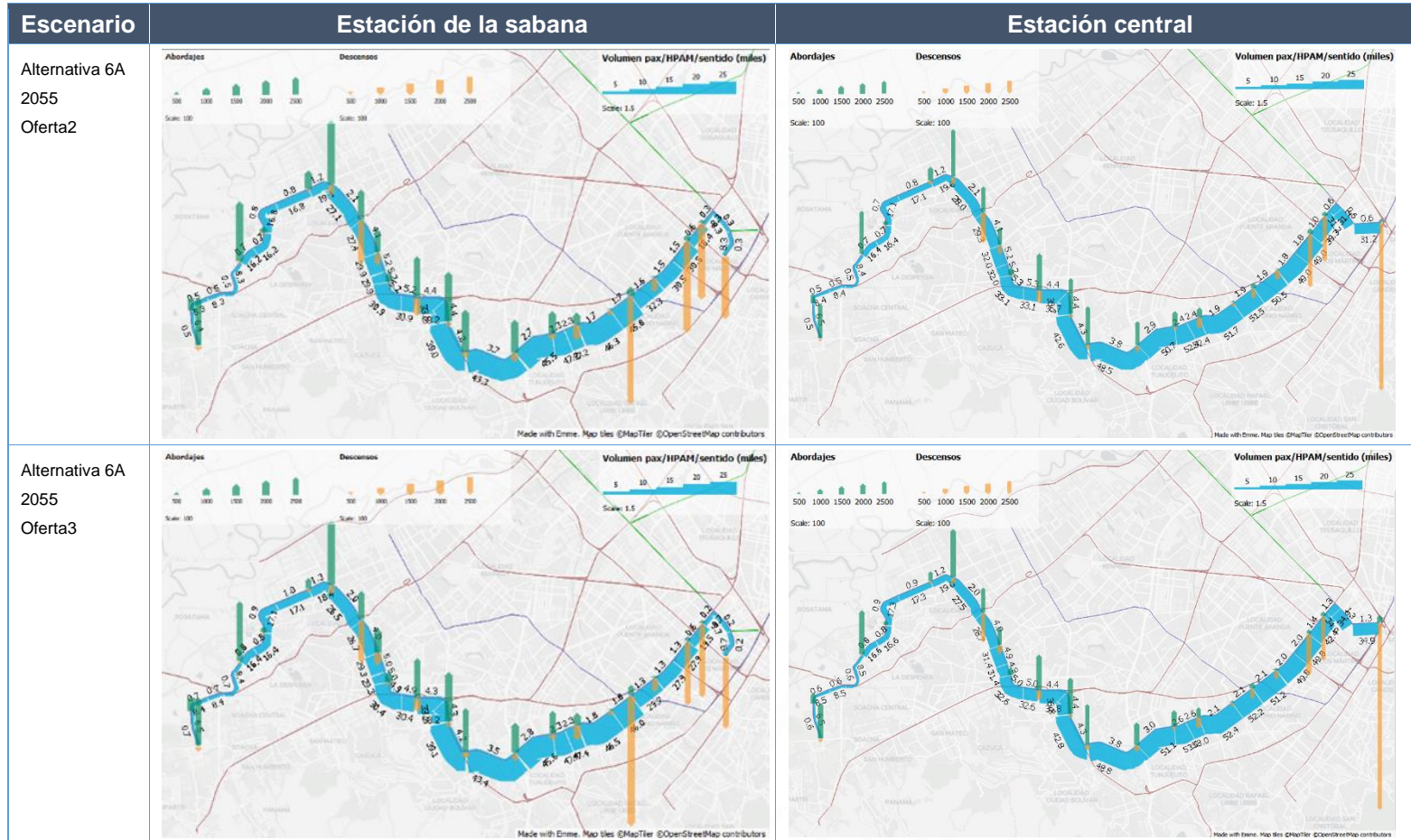


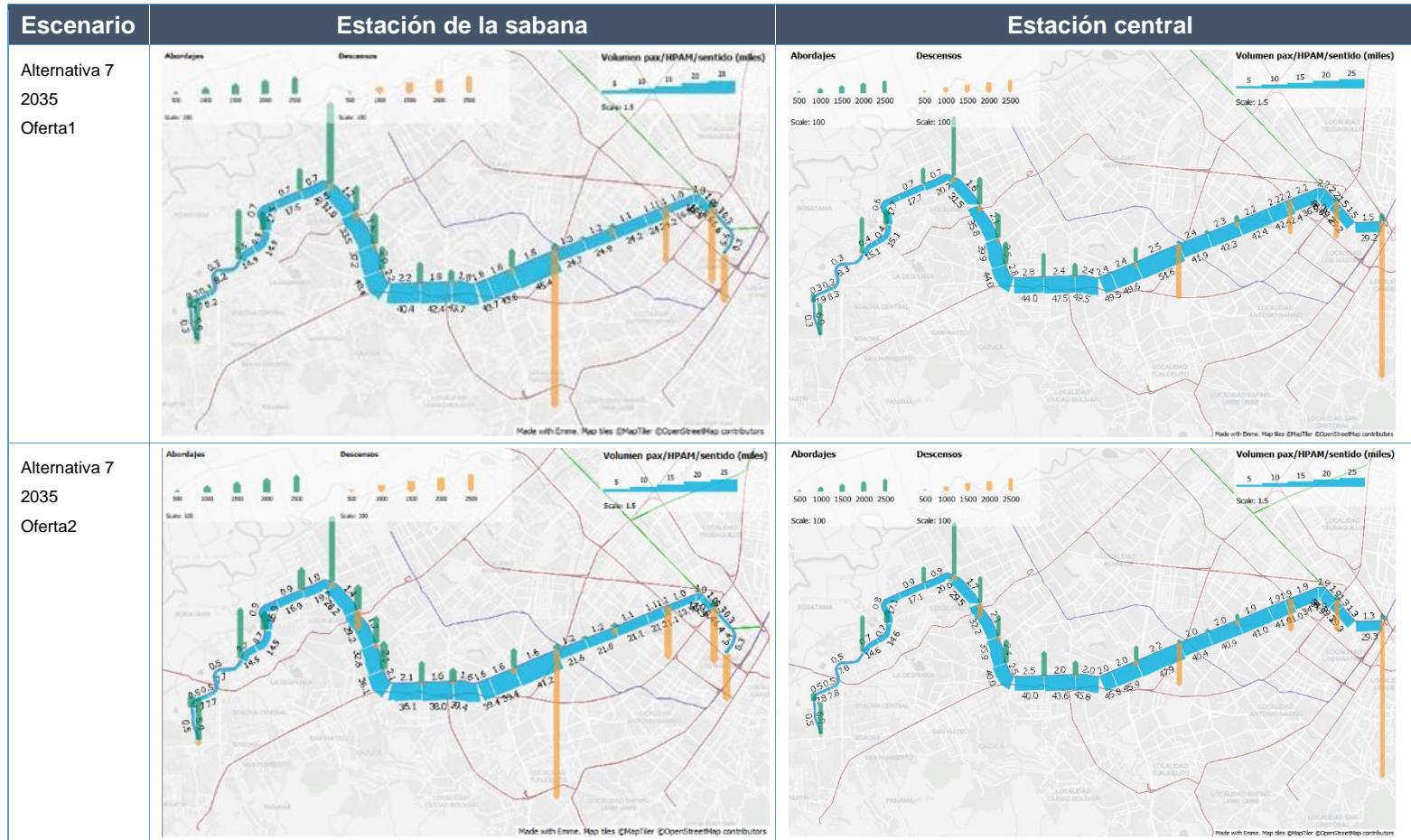


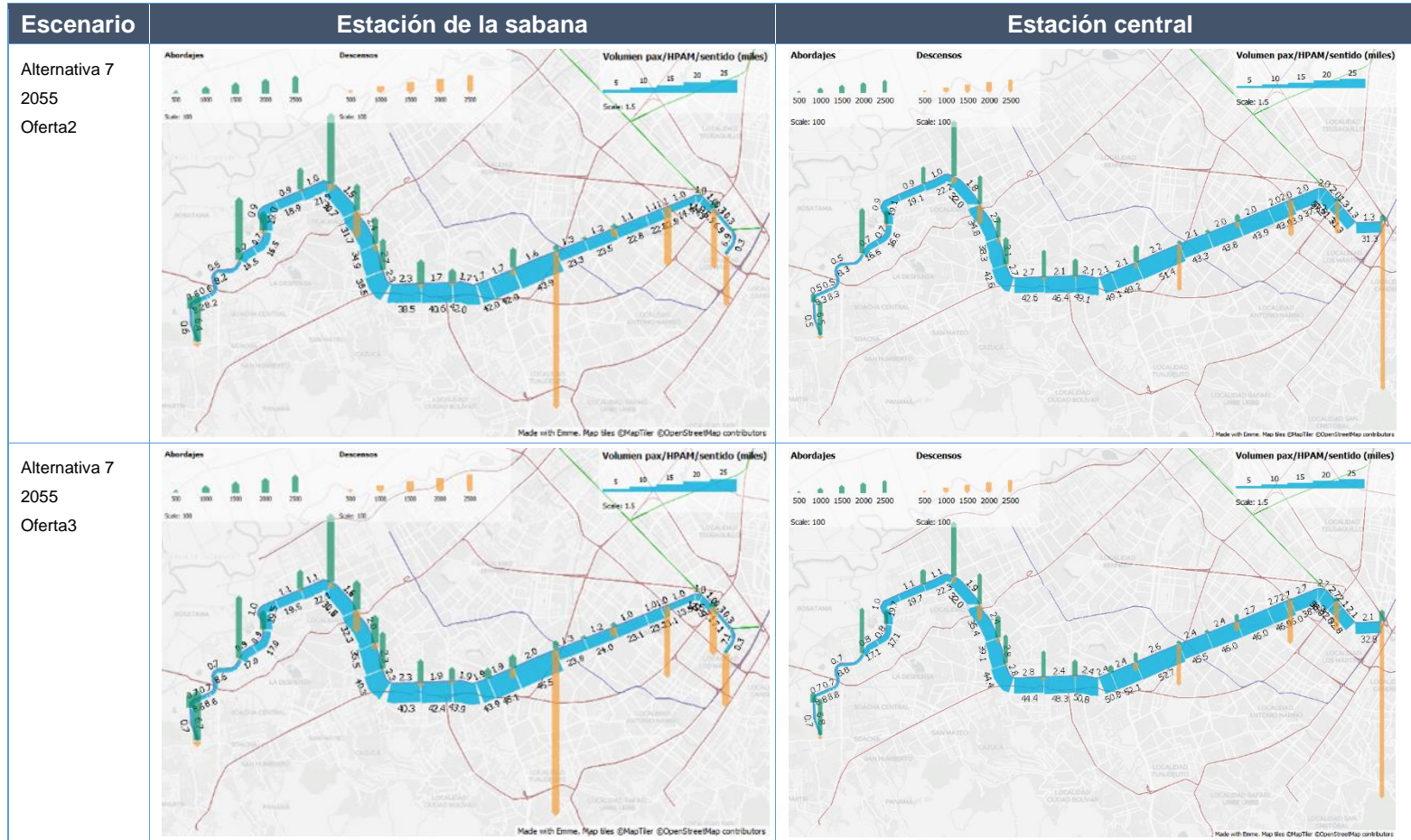












Fuente: Steer 2022



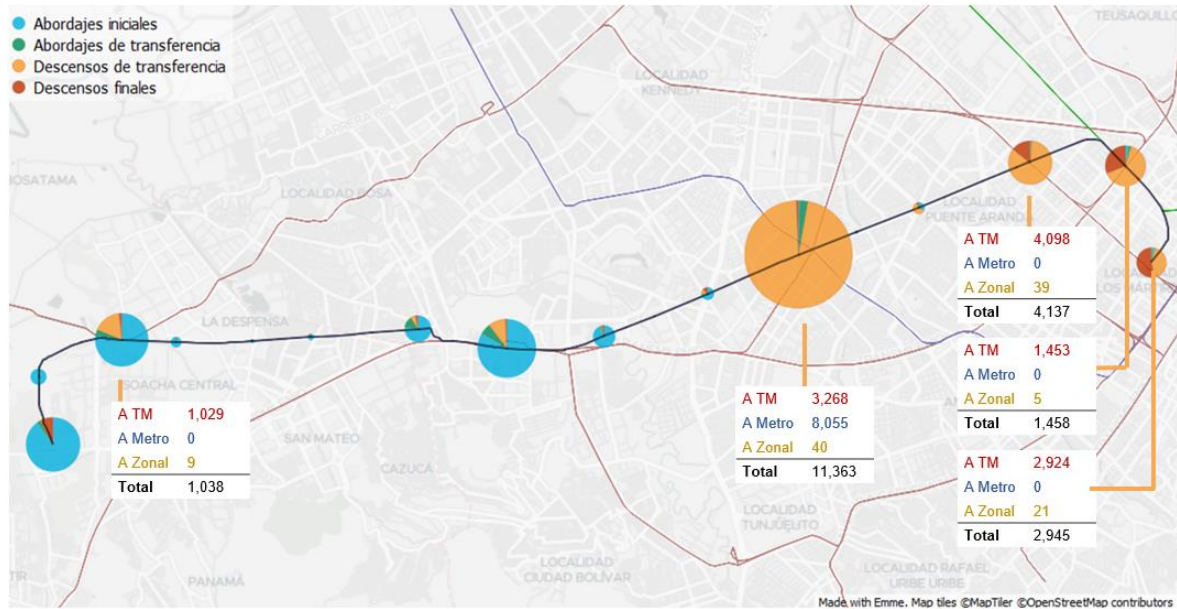
De la comparación de perfiles presentados en las gráficas anteriores, se puede observar lo siguiente:

- En todos los trazados, el cambio del nodo de terminación a estación central supera los pasajeros transportados que cuando el tren llega hasta estación de la sabana; es decir, el tren se hace más atractivo al llegar a estación central y capta más demanda.
- Al llegar hasta estación central, no aumenta únicamente el volumen máximo, sino que se disminuye significativamente la descarga que sufre el tren en la estación de la Carrera Av. 68 con Av. Primero de Mayo. Las flechas naranjas, indicativas de los descensos, muestran que los pasajeros continúan por el corredor, y el lugar de mayor descarga pasa a ser la estación central. Lo anterior, indica una facilidad para los usuarios acercándolos a una estación que les permite conectarse mejor con su destino final.
- A su vez, el punto anterior hace que el perfil de demanda sea más homogéneo hasta el final del trazado en el norte; en todos los casos el volumen que llega al nodo de terminación aumenta significativamente cuando este es Estación Central con respecto a cuando llega a Estación de la Sabana.

### **2.1.3. Análisis de transferencias**

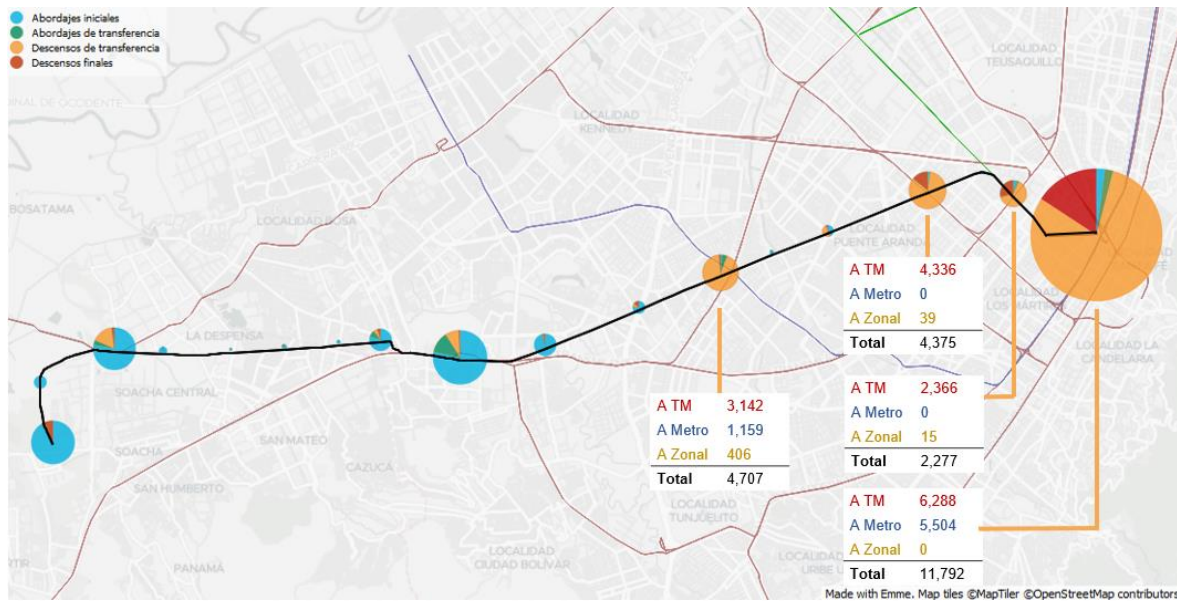
Con el fin de dar una mejor evaluación sobre el nodo de terminación del proyecto, se analizaron también las transferencias que resultantes de que este se ubique en la Estación de la Sabana o en Estación Central. Contando con la información de demanda, y el resultado preliminar de la matriz multicriterio, se optó por analizar únicamente las dos alternativas con mejor puntuación: la alternativa 1 y la alternativa 7 en el escenario 2035 oferta 2. Las figuras a continuación muestran los resultados del análisis de transferencias realizado. Se resaltan las estaciones con mayor número de transferencias para cada alternativa.

Figura 2.4 Detalle de transferencias alternativa 1 hasta Estación de la Sabana



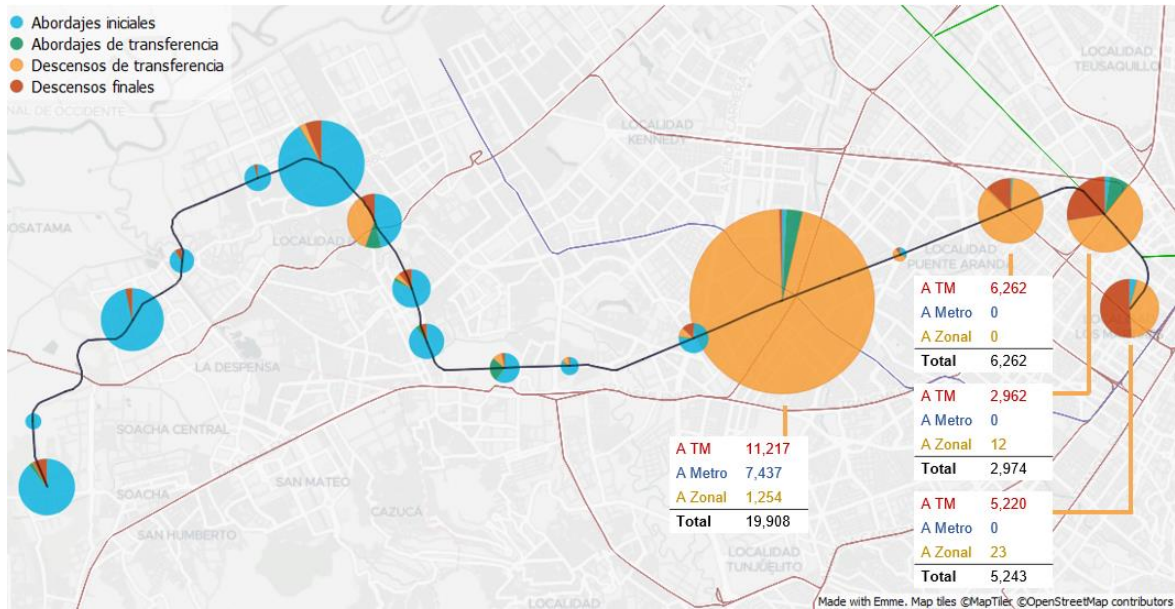
Fuente: Steer 2022

Figura 2.5 Detalle de transferencias alternativa 1 hasta Estación Central



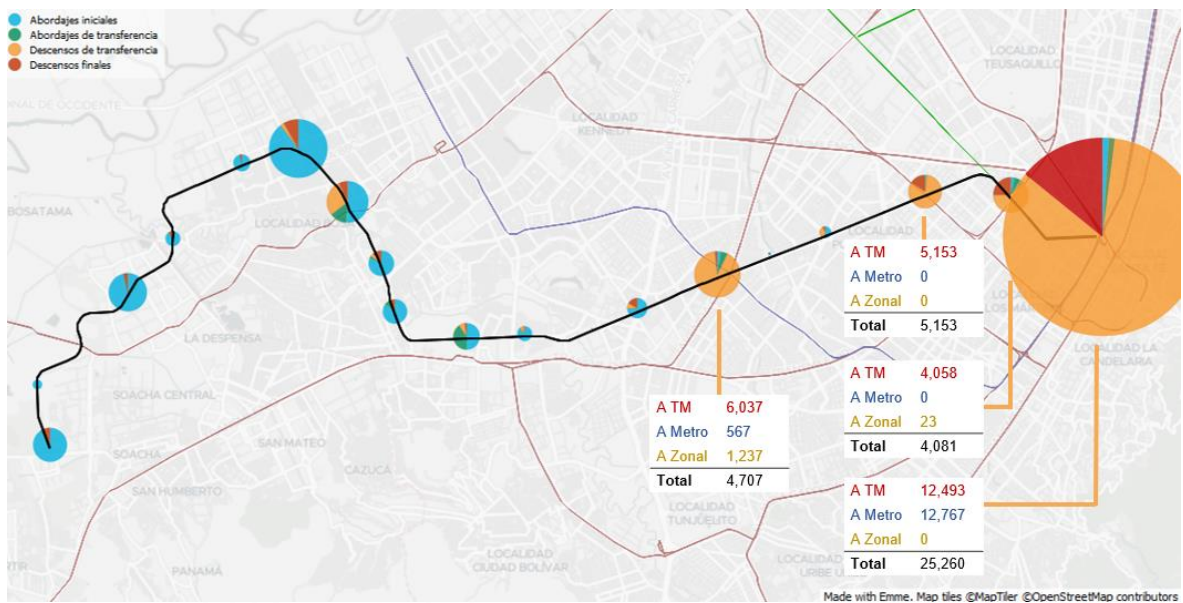
Fuente: Steer 2022

Figura 2.6 Detalle de transferencias alternativa 7 hasta Estación de la Sabana



Fuente: Steer 2022

Figura 2.7 Detalle de transferencias Alternativa 7 hasta Estación Central



Fuente: Steer 2022

A partir del análisis detallado de transferencias realizado, se puede concluir lo siguiente con respecto al nodo de terminación del corredor:

- El análisis de transferencias confirma lo que se observó en los perfiles de demanda: al llegar a estación central, el punto de máximo número de descensos y transferencias pasa de ser la estación de la Avenida Carrera 68 con Avenida Primero de Mayo a ser el último nodo del trazado.
- En la alternativa 7, el nodo de terminación pasa de 5,234 transferencias cuando este es ubicado en Estación de la Sabana a 25,260 transferencias cuando este es ubicado en Estación Central. Ya que, como se identificó anteriormente, la mayoría de los viajes de la zona de interés del proyecto necesitan una transferencia para llegar al destino final, este cambio impulsa a los usuarios de transporte público a utilizar el tren y buscar transferir en un nodo que presenta buena conectividad con Transmilenio y los demás sistemas férreos de la ciudad.
- La tendencia se conserva al analizar la alternativa 1: las transferencias disminuyen en la Av. Carrera 68 con Av. Primero de Mayo y aumentan en estación central.

#### **2.1.4. Conclusión análisis de nodo de terminación**

El análisis de demanda y transferencias realizado lleva a la conclusión, que, desde el componente de transporte, el nodo de terminación propuesto (Estación Central) presenta un mayor beneficio en el costo generalizado de viaje de los usuarios que el nodo original planteado (Estación de la Sabana). Lo anterior dado por:

- Los resultados del modelo reflejan un aumento significativo en la demanda del tren al llegar hasta Estación central sobre llegar a Estación de la Sabana; esto indica que Estación Central hace más atractivo el proyecto y lo hace más competitivo frente a los otros sistemas de transporte masivo disponibles.
- Se identificó que el nodo de terminación en Estación Central facilita a los usuarios del proyecto en estudio las transferencias hacia otros modos, debido a que los pares con mayor cantidad de viaje no son atendidos directamente por el Corredor Férreo del Sur, el facilitar la transferencia aumenta el beneficio potencial a los usuarios.

Cabe resaltar que esta recomendación fue tenida en cuenta y para la etapa actual del proyecto los análisis de todas las áreas técnicas de la consultoría se hicieron con un trazado que considera la Estación Central como nodo de terminación del proyecto en Bogotá D.C.

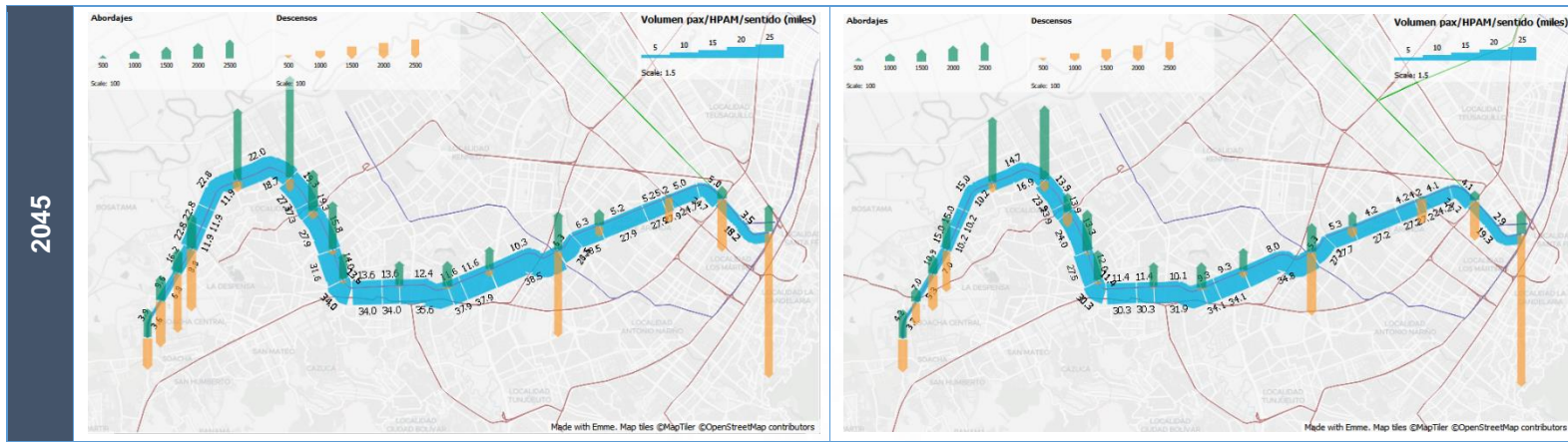
## 2.2 Resultados de demanda del corredor seleccionado

En esta sección se presentarán los resultados de demanda del corredor seleccionado. Se presentarán los resultados obtenidos para las dos perspectivas de modelación descritas, para los 5 cortes temporales de análisis. Esta presentación de resultados incluirá el perfil de carga, pasajeros transportados y volumen máximo para el trazado seleccionado del Corredor Férreo del Sur, así como imágenes de los perfiles de otros proyectos de transporte público masivo aledaños al CFS.

### 2.2.1 Pasajeros, volumen y perfil de carga

Los perfiles de carga permiten identificar por tramo y sentido y alternativa el volumen máximo de pasajeros, así como un entendimiento del comportamiento general de la demanda a lo largo de cada trazado. A continuación, se presentan los perfiles asociados a cada corte temporal para las dos perspectivas de oferta evaluadas.





Fuente: Steer 2023

Tabla 2.3. Perfiles de carga largo plazo

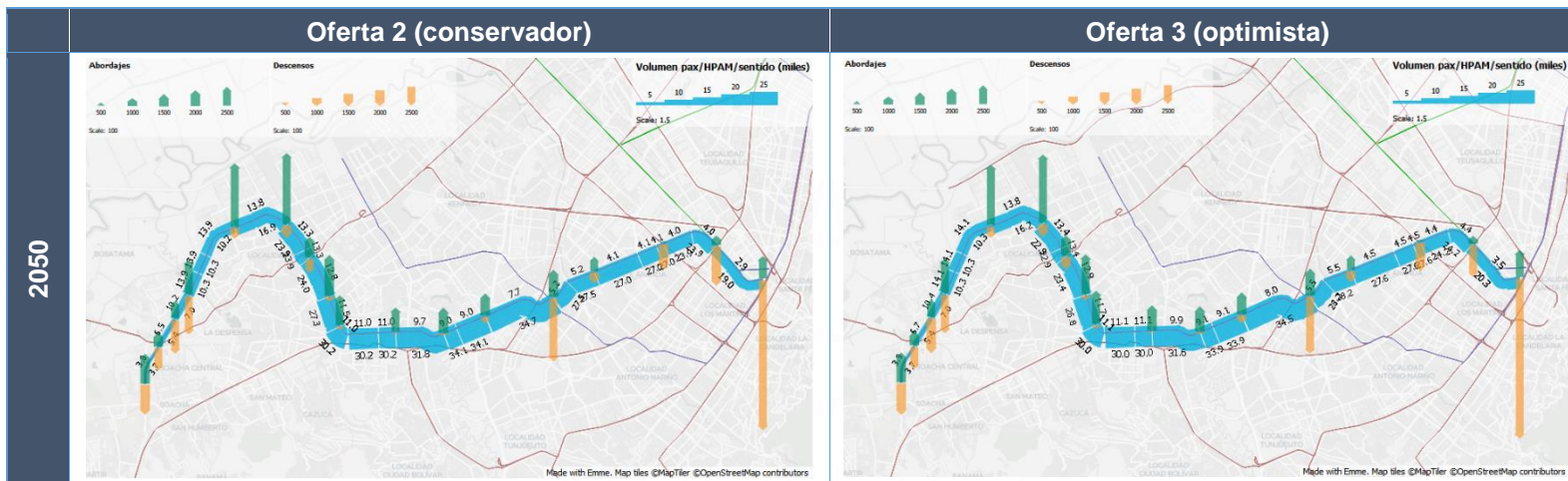






Tabla 2.4. Volumen máximo del CFS, HPAM

Corte	Prospectiva conservadora	Prospectiva optimista
2035	42,339	38,710
2040	38,185	34,591
2045	38,492	34,783
2050	34,700	34,509
2055	41,238	41,319

Fuente: Steer 2023

Tabla 2.5. Abordajes totales del CFS, HPAM

Corte	Prospectiva conservadora	Prospectiva optimista
2035	50,504	47,487
2040	69,521	58,551
2045	71,470	60,019
2050	59,180	59,215
2055	51,504	51,737

Fuente: Steer 2023

### 3 BENEFICIOS GENERADOS POR EL PROYECTO

#### 3.1 Modelo de expansión

Con el fin de dar cuenta de los beneficios potenciales del proyecto, fue necesario construir un modelo de expansión, que permitiese estimar valores anuales a partir de aquellos valores resultantes del modelo de 4 etapas de Bogotá D.C. y los municipios de influencia, dado que dicho modelo es un modelo estratégico que intenta representar el comportamiento de la demanda de transporte público para una hora de máxima demanda de un día hábil. Teniendo en cuenta que la única información con la que se cuenta para desarrollar el modelo de expansión es el registro de validaciones de Sistema TransMilenio, a partir del procesamiento que se detalla a continuación:

##### 3.1.1 Cálculo de factor de expansión de HPAM a día.

Con base en la información disponible en los datos abiertos de TRANSMILENIO S.A., la cual tiene información de validaciones cada 15 minutos para cada una de las estaciones del sistema desde agosto de 2012, se calculan los factores que relacionan la demanda de

la hora pico (06:30 a.m. a 7:30 a.m.), con la demanda diaria y anual del componente troncal del sistema.

Una vez se tiene el número de validaciones en la hora pico y el número total de validaciones para cada día típico (de lunes a viernes excluyendo los festivos), se calcula el factor de expansión de hora a día para cada estación como:

$$FE \text{ hora a día} = \frac{\text{Número de validaciones en el día}}{\text{Número de validaciones en la hora pico}}$$

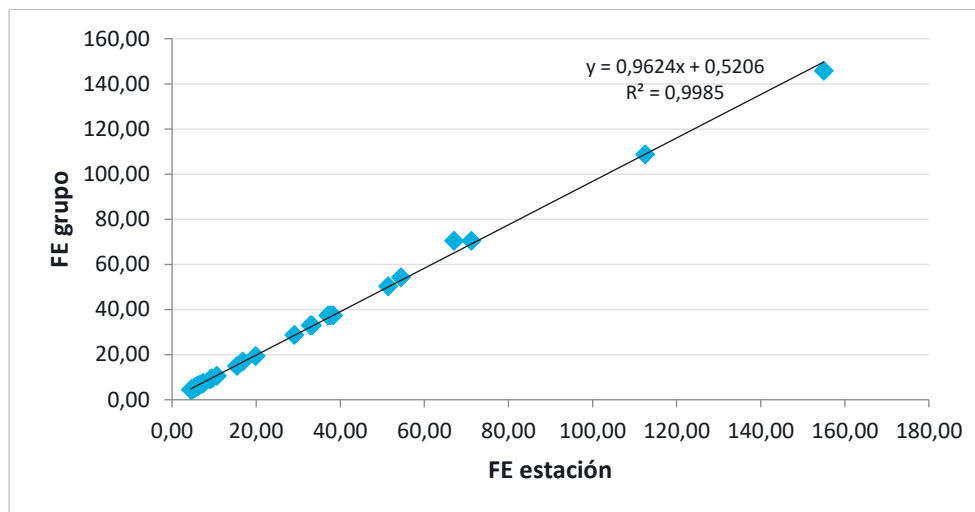
Con el propósito de descartar valores atípicos que pueden afectar el ejercicio, se calcula el promedio y la desviación estándar por año y por estación, y se aplica la siguiente fórmula:

$$Z_{score} = \frac{FE \text{ hora a día} - \text{promedio}}{\text{Desviación estándar}}$$

Si el valor absoluto de  $Z_{score}$  es mayor a 2, lo que significa que el FE hora a día está por fuera del intervalo de 2 desviaciones estándar de la serie observada, se considera como atípico y se descarta. Una vez obtenidos los factores que se consideran como típicos para cada estación y para cada uno de los años de los que se tiene información, se procede a estimar un intervalo con una confianza del 95%, el cual permite agrupar estaciones según su factor de hora a día promedio.

Se obtuvo un total de 24 grupos de estaciones, a los cuales se les calculó nuevamente el factor de expansión sumando las validaciones de todas las estaciones que pertenecen a dicho grupo. A continuación, se presenta el ajuste que tiene cada una de las estaciones con el grupo al cual corresponden:

Figura 3.1 Análisis de correlación entre FE estación vs FE grupo 2022

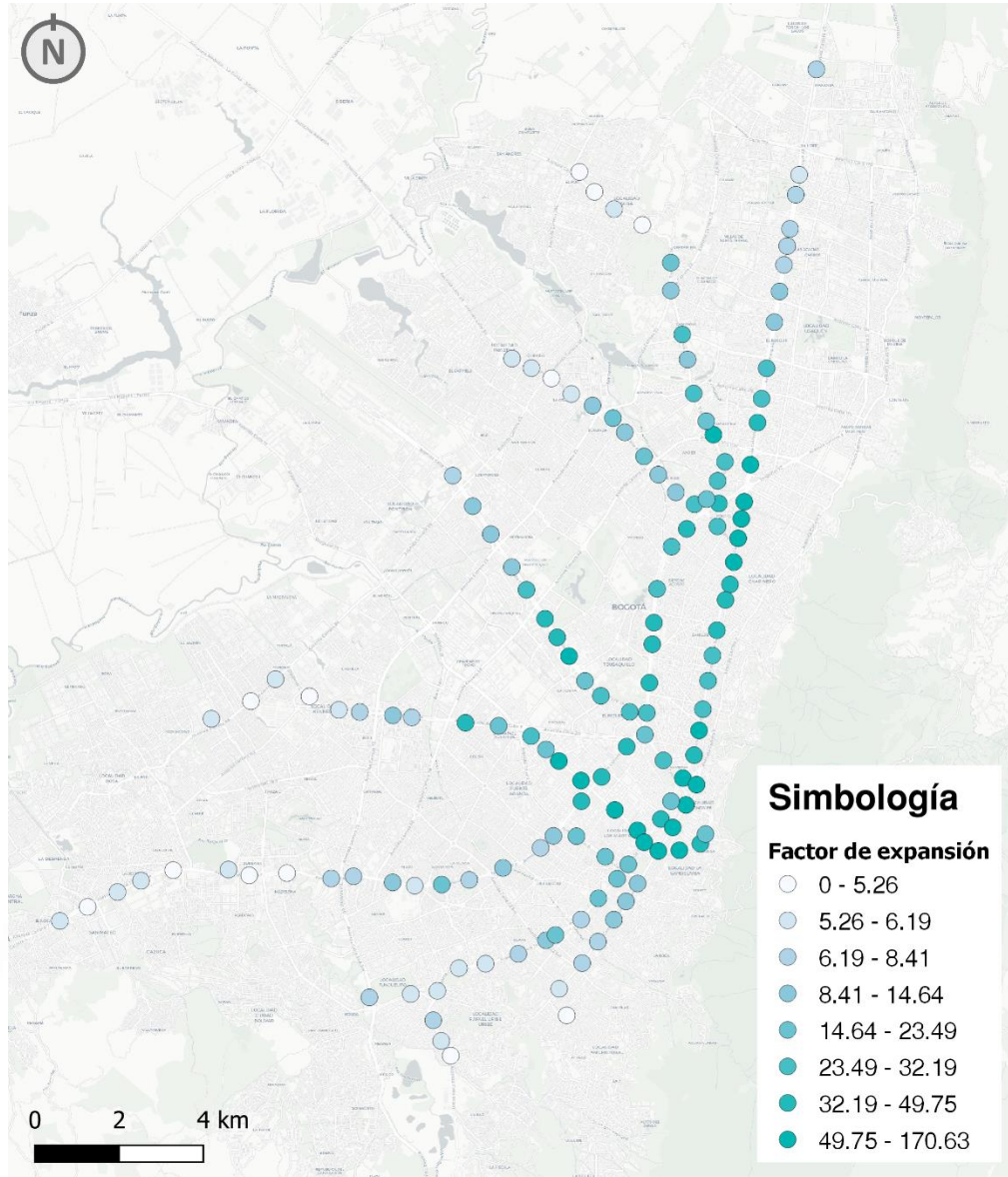


Fuente: Steer 2023

El valor de  $R^2$  de 0.99 señala que la agrupación escogida representa correctamente a todas las estaciones que hacen parte de dicho grupo. Teniendo en cuenta que este procedimiento se hizo de manera general para cada una de las estaciones que componen el sistema troncal, la figura 2 describe qué estaciones se tuvieron en cuenta para la expansión del Corredor Férreo del Sur.

El siguiente mapa presenta los factores de expansión resultantes de día a hora, los cuales cambian por estación en función de la ubicación en la ciudad, la tendencia es que las estaciones o portales que se encuentran en la periferia tienen una alta demanda en la hora pico de la mañana, y baja en el resto del día, haciendo que el FE sea bajo. Por el contrario, las estaciones que se encuentran hacia el centro de la ciudad tienen una baja demanda en la hora pico AM y alta en otras horas (como en el periodo PM cuando la gente retorna a sus hogares), haciendo que el FE de la hora pico AM sea alto comparado con el resto de las estaciones.

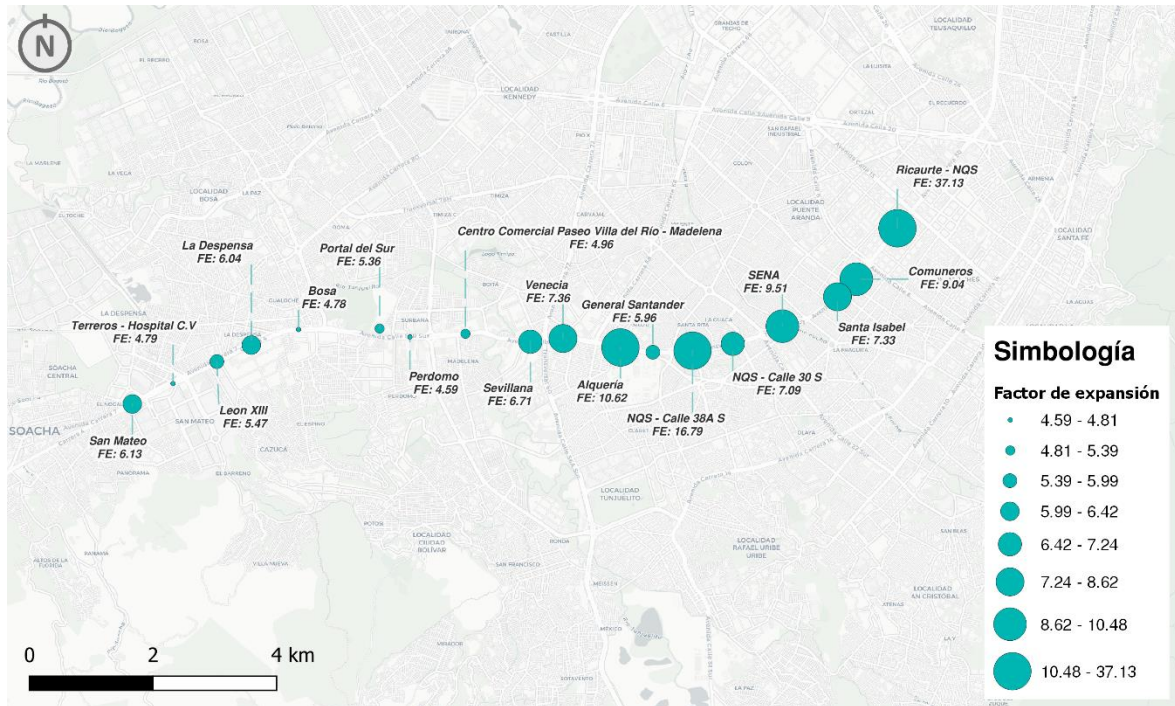
Figura 3.2 Factores de expansión HPAM – día para las estaciones de Transmilenio



Fuente: Steer, 2023

A continuación, se presenta un mapa que muestra las estaciones troncales del Sistema TransMilenio de la zona de influencia seleccionada que por las características socioeconómicas de los usuarios y la localización de las estaciones se considera la que más se asemeja a las características del proyecto en estudio, junto con su respectivo Factor de Expansión (FE). A partir del cálculo previo realizado, se ha obtenido un valor ponderado que permite concluir que el Factor de Expansión hora-día es de 7.73

Figura 3.3 Factores de expansión HPAM – día para las estaciones de troncal NQS Sur



Fuente: Steer, 2023

### 3.1.2 Cálculo de factor de expansión día a año

Para el factor de expansión de día a año, se obtuvo un valor para todas las estaciones de la troncal NQS sur y Soacha Fase I. Por cada año analizado que tuviera información completa, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Figura 3.4 Factor de expansión día a año para las estaciones de la troncal NQS Sur

Año	FE total
2,019	308.04
2,020	311.35
2,021	313.61
2,022	310.19

Fuente: Steer, 2023

Los años 2020 y 2021 no se tienen en cuenta en el análisis por considerarse atípicos dada la pandemia COVID-2019. Finalmente se obtuvo el FE de día a año como el promedio de los factores de 2019 y 2022 siendo de 309.12.

### 3.2 Cálculo de indicadores para evaluación beneficio costo

Para la evaluación beneficio costo, se calcularon los siguientes indicadores. Una vez calculados, los valores fueron expandidos con los factores encontrados en el modelo de expansión para estimar su valor anual.

- **Pasajeros pagos.** Corresponde al número de pasajeros del proyecto que pagan la tarifa al momento de accederlo. Es decir, el número de pasajeros que abordan como su abordaje inicial y no han pagado pasaje previamente en una línea de metro, o en el componente troncal o zonal del SITP.
- **Ahorro de tiempo.** Este indicador se calcula como el total de los tiempos de viaje del sistema (calculado como la suma del tiempo promedio de cada par origen-destino multiplicado por la demanda de cada par) del escenario sin proyecto menos el mismo cálculo en el escenario con proyecto. De esta manera, el indicador da cuenta del tiempo que es ahorrado a raíz de la implementación del proyecto.
- **Km recorridos en transporte privado.** Se entiende como el total de kilómetros recorridos por vehículos de transporte privado en el modelo: autos, motos, taxis, escolares, especiales, camiones pequeños y camiones grandes. Se calcula como la suma de todos los arcos de la red del producto entre vehículos y longitud del arco.
- **Km recorridos en transporte público.** Tiene la misma definición que los de transporte privado. Sin embargo, ya que no se modificó la oferta de buses del componente zonal o alimentador del SITP, este parámetro solo presenta variación entre años a raíz de la implementación de nuevos proyectos (férreos y troncales del SITP) o por modificaciones en los intervalos de paso de algunas rutas. Para este proyecto, la única ruta que cambia de intervalo año a año es la Primera Línea de Metro de Bogotá- PLMB, que fue modelada con intervalos que varían según el corte temporal. Para la PLMB, se tomaron los intervalos estimados en la factibilidad de la extensión de la PLMB hasta la Av. Calle 100.

Las tablas a continuación presentan los resultados obtenidos del modelo para estos indicadores en todos los escenarios evaluados. Se presentan los valores obtenidos para las perspectivas conservadora y optimista de oferta de transporte público posterior a la aplicación de los factores de expansión estimados. Cabe resaltar que también se estimaron valores para los años entre cortes de modelación, pero estos fueron calculados por medio de interpolación lineal a partir de los resultados del modelo de 4 etapas de Bogotá D.C. y los municipios de influencia de la SDM.

#### 3.2.1 Indicadores prospectiva conservadora

Los indicadores correspondientes a los escenarios de la prospectiva conservadora con proyecto se presentan a continuación. Se reportan valores expandidos, representativos del total del año.

Tabla 3.1 Indicadores con proyecto para evaluación beneficio costo. Valores anuales.

Indicador	2035	2040	2045	2050	2055
Pasajeros pagos	110,673,980	121,328,872	122,224,549	116,257,146	112,480,385
Ahorro de tiempo	2,228,890,267	2,774,757,009	2,798,589,586	2,150,650,221	2,108,157,843
Km recorridos transporte privado (total)	10,421,953,018	11,748,625,466	1,197,390,206	11,990,341,534	11,359,147,898
Km recorridos auto/taxi	5,057,463,776	4,966,423,379	5,432,212,567	5,157,651,039	5,439,890,384
Km recorridos moto	4,095,040,215	5,335,611,794	5,085,681,968	5,384,688,576	4,272,196,991
Km recorridos transporte público (bus zonal)	559,756,573	558,136,790	558,136,790	598,517,693	581,863,134
Km recorridos transporte público (Transmilenio/troncal)	125,240,061	125,240,061	125,240,061	125,240,061	143,749,128
Km recorridos transporte público (Metro)	6,524,696	8,144,479	8,144,479	8,675,885	6,821,377
Km recorridos transporte público (Tren regional)	3,831,494	3,831,494	3,831,494	14,767,058	14,767,058

Fuente: Steer, 2023

La tabla a continuación presenta los indicadores en los escenarios sin proyecto. Se reportan únicamente los valores que presentan un cambio con respecto a la situación con proyecto.

Tabla 3.2 Indicadores sin proyecto para la evaluación beneficio costo. Valores anuales.

Indicador	2035	2040	2045	2050	2055
Km recorridos transporte privado (total)	10,668,400,334	11,745,060,508	11,963,908,213	11,990,327,179	11,341,770,525
Km recorridos auto/taxi	5,177,057,327	4,965,662,536	5,085,736,998	5,157,631,898	5,437,260,929
Km recorridos moto	4,191,875,392	5,332,688,051	5,432,131,219	5,384,619,191	4,259,985,218
Km recorridos transporte público (Metro)	3,931,023	5,550,806	5,550,806	6,082,212	4,227,704

Fuente: Steer, 2023

### 3.2.2 Indicadores prospectiva optimista

Los indicadores correspondientes a los escenarios de la prospectiva optimista con proyecto se presentan a continuación. Se reportan valores expandidos, representativos del total del año.

Tabla 3.3 Indicadores con proyecto para evaluación beneficio costo. Valores anuales.

Indicador	2035	2040	2045	2050	2055
Pasajeros pagos	103,631,993	114,750,951	115,698,417	112,174,133	111,604,793
Ahorro de tiempo	2,108,157,843	2,120,766,786	2,134,691,653	8,703,209,241	1,698,115,975

Indicador	2035	2040	2045	2050	2055
Km recorridos transporte privado (total)	10,600,024,931	10,170,822,608	12,502,944,114	12,100,182,894	11,324,149,109
Km recorridos auto/taxi	5,152,456,729	4,943,830,201	5,225,768,042	5,180,445,233	5,418,019,730
Km recorridos moto	4,150,088,829	3,982,048,869	5,829,858,433	5,472,137,696	4,263,035,768
Km recorridos transporte público (bus zonal)	550,474,868	550,474,868	550,474,868	554,805,693	528,788,683
Km recorridos transporte público (Transmilenio/troncal)	143,749,128	143,749,128	143,749,128	168,017,156	168,017,156
Km recorridos transporte público (Metro)	8,675,527	8,675,527	8,675,527	10,424,509	10,424,509
Km recorridos transporte público (Tren regional)	14,767,058	14,767,058	14,767,058	14,767,058	14,767,058

Fuente: Steer, 2023

La tabla a continuación presenta los indicadores en los escenarios sin proyecto. Se reportan únicamente los valores que presentan un cambio con respecto a la situación con proyecto.

Tabla 3.4 Indicadores sin proyecto para la evaluación beneficio costo. Valores anuales.

Indicador	2035	2040	2045	2050	2055
Km recorridos transporte privado (total)	10,611,437,579	11,662,937,290	12,516,405,565	12,085,504,361	11,296,730,041
Km recorridos auto/taxi	5,156,239,412	4,947,459,721	5,231,394,430	5,179,430,775	5,412,954,620
Km recorridos moto	4,157,737,935	5,268,590,597	5,836,135,222	5,457,251,009	4,240,619,604
Km recorridos transporte público (Metro)	4,227,704	6,081,961	6,081,961	6,081,961	5,550,806

Fuente: Steer, 2023

## 4 ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS

El análisis de puntos críticos fue abordado desde dos temáticas principales: la primera corresponde a un análisis desde el componente de demanda de pasajeros, donde se identifican puntos donde los resultados del modelo de transporte identifica nodos de alta transferencia de usuarios, a los cuáles para etapas posteriores del proyecto, debe ponerse especial cuidado en los análisis que se desarrollen y tener en cuenta que la infraestructura necesaria en dichos puntos de transferencia debe garantizar niveles de servicio al menos aceptables para la condición más crítica u hora de diseño.

En segunda instancia se incluye un análisis de siniestralidad vial del área de influencia del corredor (500 metros del trazado seleccionado) en donde se muestran los puntos críticos desde los registros históricos de siniestralidad para que se tengan en cuenta en los diseños a desarrollarse en etapa de factibilidad y diseño del proyecto.



Ahora bien, teniendo en cuenta que el proyecto seleccionado en esta etapa de maduración corresponde a un proyecto tipo metro pesado con tipología de línea subterránea, no se identifican puntos críticos desde el componente de tránsito para la operación del proyecto, dado que no existirá interferencia a nivel con las intersecciones viales del trazado.

#### **4.1 Puntos críticos de transferencia de pasajeros**

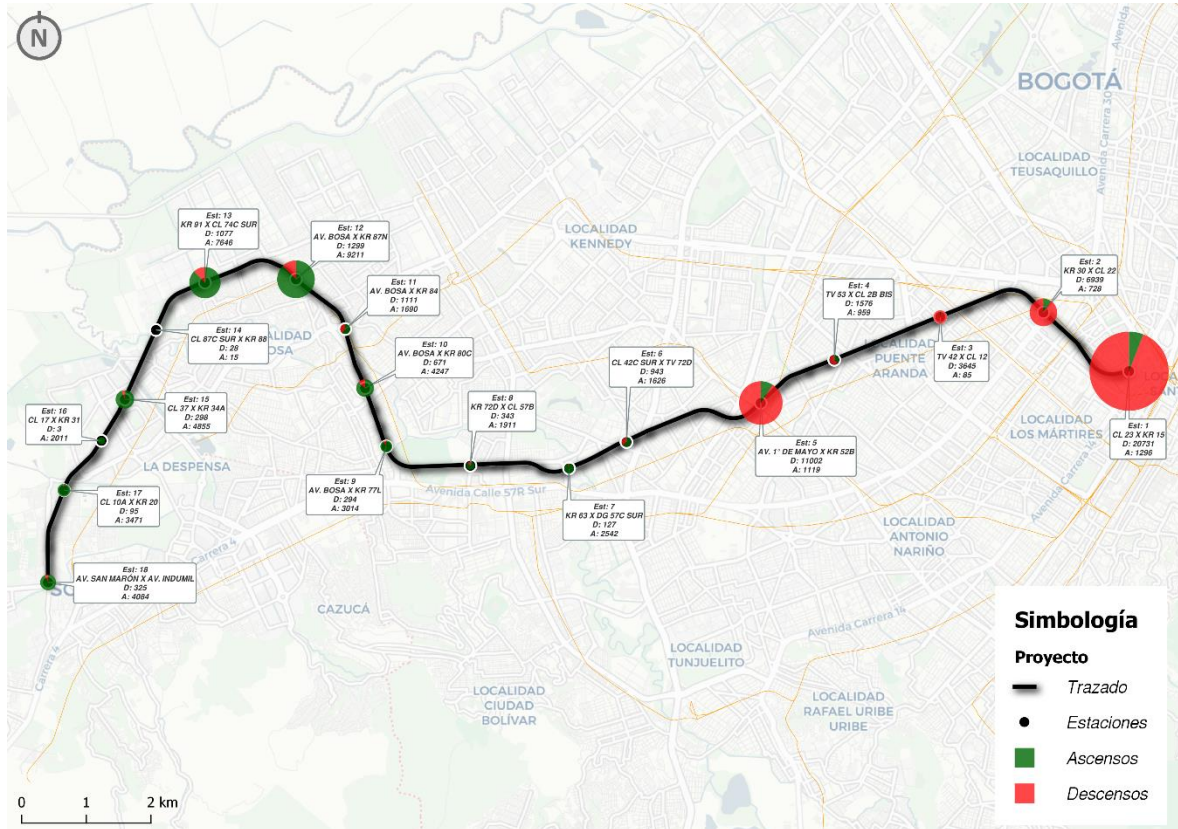
A continuación, se presenta el análisis de puntos críticos teniendo en cuenta ascensos, descensos y volúmenes de usuarios producto de la modelación del escenario 2035 oferta 1, que correspondería a la condición más crítica del proyecto, dado que es el año previsto para su inicio de operación y la oferta 1 de proyectos de transporte es la más conservadora dentro de los análisis.

##### **4.1.1 Análisis de ascensos**

La figura a continuación muestra los puntos de mayor abordaje y descenso en las estaciones del proyecto durante la hora pico de las 6:30 a.m. -7:30 a.m. Se puede observar que el corredor férreo tiene la mayor cantidad de ascensos en las estaciones de Soacha y Bosa, con un promedio de 3,605 y 8,428 respectivamente. Además, el tramo desde la vía Indumil hasta la calle 42C sur presenta la mayor cantidad de ascensos. En este tramo, se pueden notar que las estaciones ubicadas en la Av. San Marón concentran la mayoría de los ascensos, con un total de 7,551, y lo mismo ocurre con la Av. Bosa, que tiene 18,162 ascensos generados en dicho corredor.

Además, en la figura a continuación se puede apreciar tanto los proyectos de transporte público actuales como los proyectados, lo que permite tener una visión más completa de la infraestructura de transporte en la zona. Esto es especialmente relevante para tener en cuenta posibles sinergias entre proyectos y planificar el desarrollo urbano y económico de la región de manera más eficiente y sostenible.

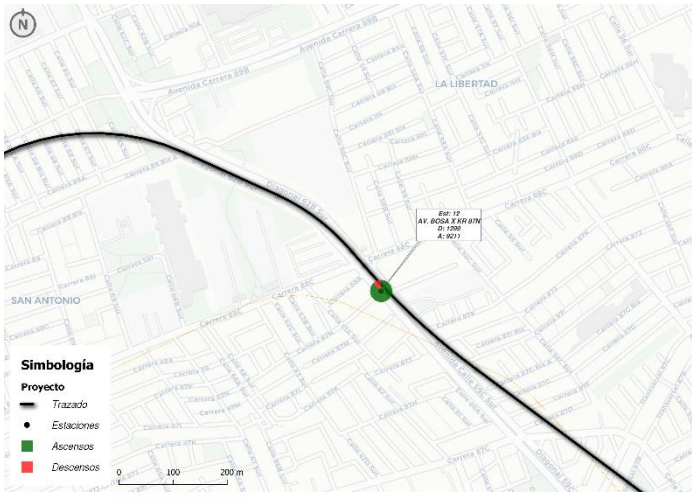
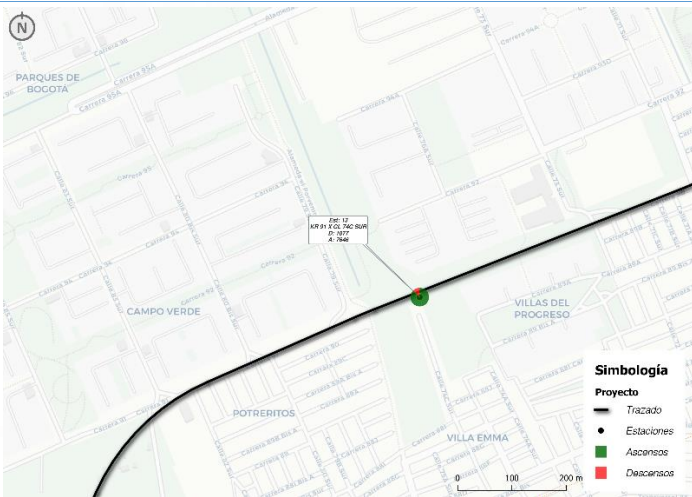
Figura 4.1 Abordajes y descensos en cada estación.



Fuente: Steer 2023

La tabla 1 muestra los puntos críticos de ascenso de pasajeros en el trazado en la hora pico de las 6:30-7:30 am. Estos puntos son importantes porque representan los lugares donde la demanda de transporte es más alta.

Tabla 4.1 Descripción ascensos principales en el corredor

Descripción	Imagen
<p>Estación 12 – AV. BOSA x KR 87N</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El volumen de pasajeros que realiza abordajes y descensos en la estación es de 10.510, la distribución corresponde a 12,36% descensos y 87,67 % ascensos</li> </ul>	
<p>Estación 13 – KR 91 x CL 74C SUR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El volumen de pasajeros que realiza abordajes y descensos en la estación es de 8.723, la distribución corresponde a 12,35% descensos y 87,65 % ascensos</li> </ul>	

Fuente: Steer 2023

#### 4.1.2 Análisis de descensos

Con respecto a los descensos, se puede observar que la mayoría de ellos se concentran en el primer tramo del trazado, que va desde la Estación Central hasta la Av. Primero de Mayo. Este primer tramo fue definido con base en el mapa de la sección anterior, que muestra la distribución de ascenso/descensos en las diferentes estaciones del corredor férreo.

Entre las estaciones más relevantes en este sentido se encuentran la Estación Santa Fe (CI 23 x KR 15), la estación KR 30 x CL 22, las que están ubicadas sobre el antiguo corredor férreo, y la estación de la Av. 1° de Mayo x KR 68. Es importante mencionar que la Estación Santa Fe es el punto donde se realizan la mayoría de los descensos. Esto se debe a que

en esta estación se realiza la transferencia con la Primera Línea del Metro de Bogotá y la troncal de Transmilenio de la Avenida Caracas.

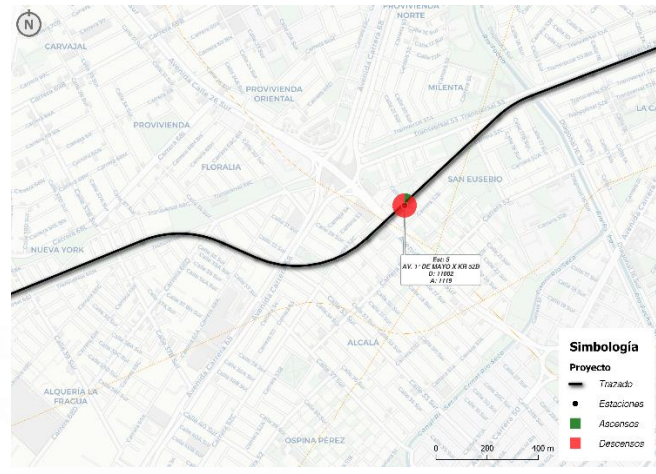
La tabla a continuación muestra los principales puntos de descensos de pasajeros

Tabla 4.2. Descripción descensos principales en el corredor

Descripción	Imagen
<p>Estación 1 (Central) – CL 23 x KR 15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El volumen de pasajeros que realiza abordajes y descensos en la estación es de 22,027 pax/hora, la distribución corresponde a 94.12 % descensos y 5.88 % ascensos</li> </ul>	
<p>Estación 2 – KR 30 x CL 22</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El volumen de pasajeros que realiza abordajes y descensos en la estación es de 7,667 pax/hora, la distribución corresponde a 90.5 % descensos y 9.5 % ascensos</li> </ul>	

Estación 5 – AV. 1° MAYO  
x KR 52B

- El volumen de pasajeros que realiza abordajes y descensos en la estación es de 12,121pax/hora, la distribución corresponde a 90.77 % descensos y 9.23 % ascensos



Fuente: Steer 2023

#### 4.1.3 Análisis de volúmenes de pasajeros

A continuación, se presentan los volúmenes producto de la modelación en la hora pico y según el sentido. En la figura a continuación, se puede observar que los mayores volúmenes de pasajeros en sentido Soacha - Centro se acumulan hacia la mitad del trazado, presentando un pico de 42,339 pasajeros entre las estaciones de la CL 42C Sur x TV 72D y la estación de la Av. Primero de Mayo. Es importante destacar que este alto volumen de pasajeros en esta zona puede generar congestión y retrasos en la operación del corredor.

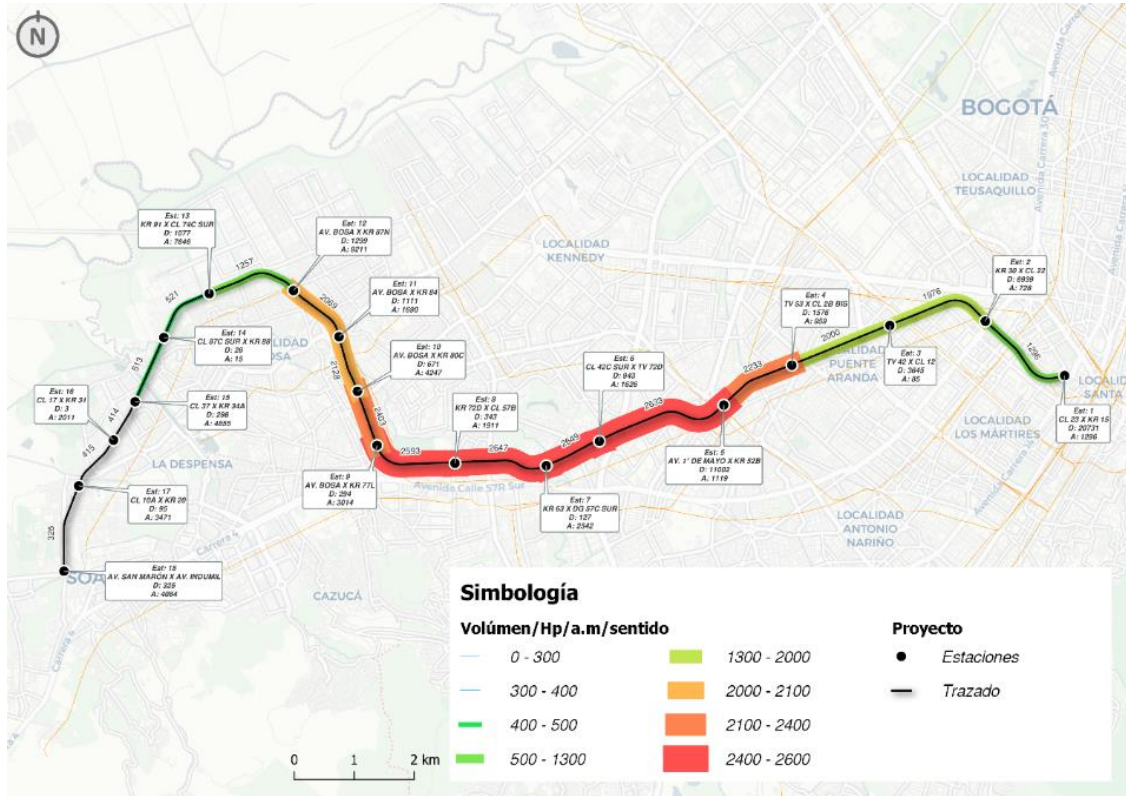
Figura 4.2 Volúmenes HP/AM sentido Soacha - Centro



Fuente: Steer 2023

En cuanto al sentido Centro - Soacha, figura a continuación muestra que el tramo comprendido entre la estación AV. Primero de Mayo y la estación de AV. BOSA x KR 77L presenta los mayores volúmenes. El pico se puede encontrar en el tramo intermedio de las estaciones CL 42C Sur x TV 72D y la estación de la KR 63 x DG 57C SUR, dicho valor corresponde a 2.649 pasajeros/hora/sentido a.m.

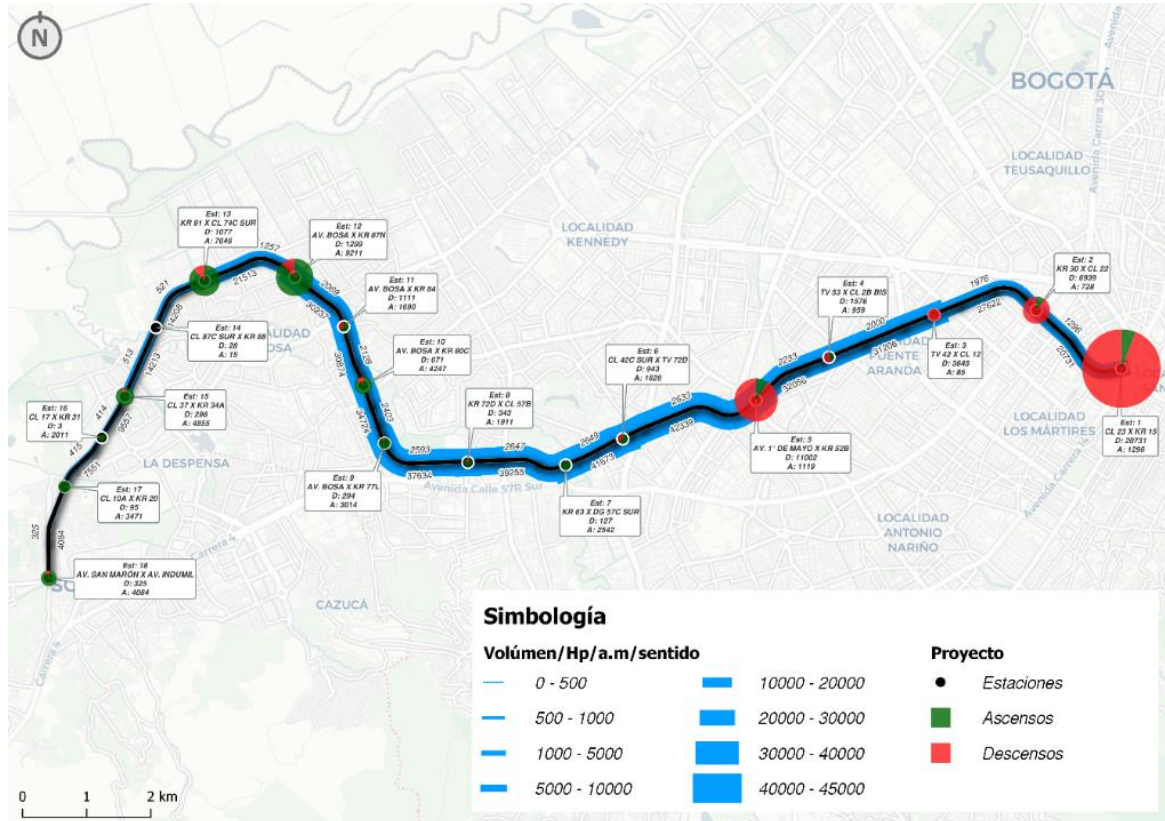
Figura 4.3 Volúmenes HP/AM sentido Centro - Soacha



Fuente: Steer 2023

Finalmente, la figura a continuación presenta una visualización detallada de los volúmenes de pasajeros en el corredor, al mismo tiempo que muestra las tendencias de ascenso y descenso a lo largo del mismo. Es importante destacar que el grosor de la línea en el mapa varía en función de los valores de los volúmenes obtenidos a través del modelo utilizado en el análisis.

Figura 4.4 Volúmenes, ascensos y descensos HP/AM



Fuente: Steer 2023

De acuerdo con lo anterior, es importante mencionar que se hace necesario que para la etapa de factibilidad y diseños de la infraestructura de transporte se tenga especial cuidado en cuenta las altas demandas de pasajeros que se tendrán principalmente en las siguientes estaciones: Estación Santa Fé (1), La Hoja (2), San Eusebio (5), Las Margaritas (12), Tintal (13) y Frailejones (15) donde los resultados del modelo de 4 etapas muestran grandes movimientos de personas con valores que oscilan entre 5,000 pax/hora y hasta 23,000 pax/hora.

Para darse una idea y comparar con el sistema TransMilenio actual, estaríamos hablando que un cerca de 8 estaciones estarían manejando las demandas de usuarios que tienen los portales del sistema TransMilenio. En el siguiente cuadro se muestra los registros de validaciones del día hábil de mayor desmanda del sistema del mes de febrero de 2020:



Tabla 4.3. Registro de validaciones Pico AM estaciones de TransMilenio Febrero 2020

Portal /Estación	Entradas Pico AM (validaciones)
Portal Norte	13,940
Portal Américas	19,055
Portal 80	15,693
Portal Suba	17,903
San Mateo	12,320
Banderas	9,426
Calle 100	6,503
Marly	5,232
Calle 72	6,327

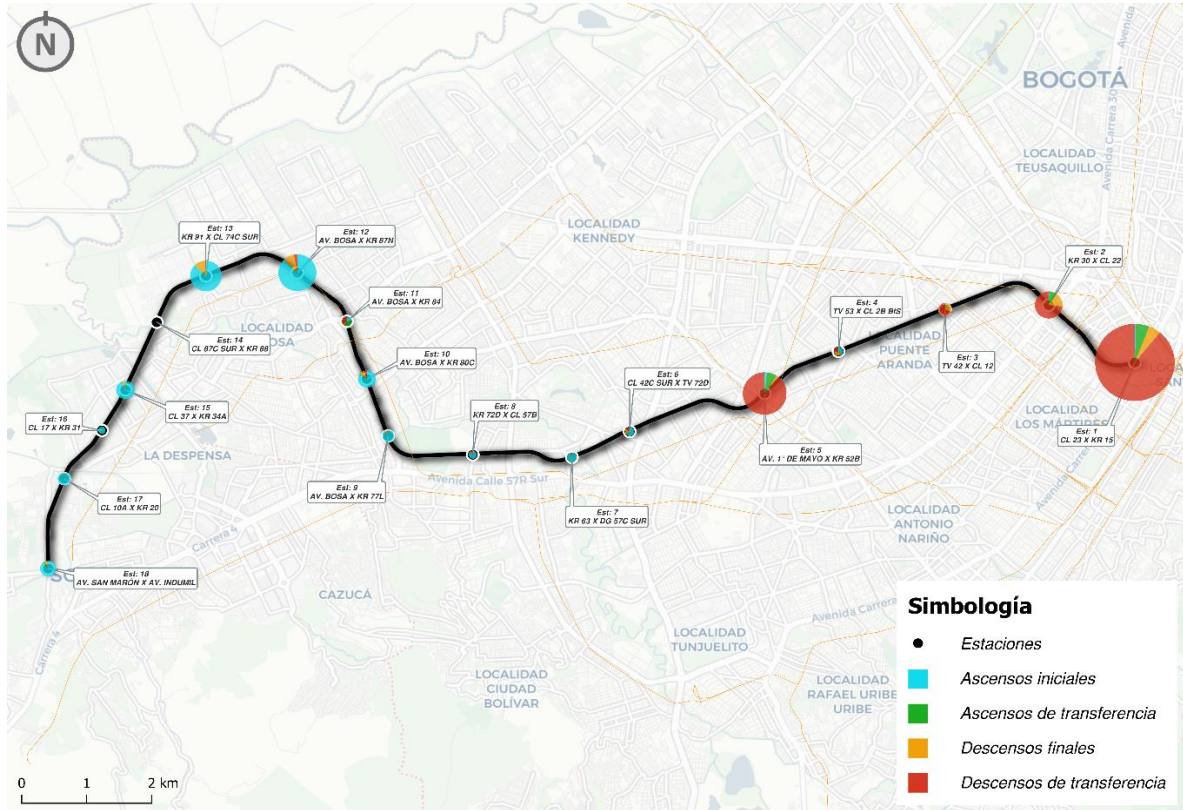
Fuente: Steer 2023 a partir de información de datos abiertos TRANSMILENIO S.A.

## 4.2 Análisis de conectividad y accesibilidad de las estaciones

### 4.2.1 Conectividad con otros modos de transporte

La alternativa seleccionada cuenta con estaciones que tienen un gran número de transferencias hacia otros modos de transporte. A continuación, se muestra la distribución de los tipos de viajes en cada estación, incluyendo abordajes iniciales, abordajes de transferencia, descensos de transferencia y descensos finales.

Figura 1. Viajes finales o de transferencia en cada estación.



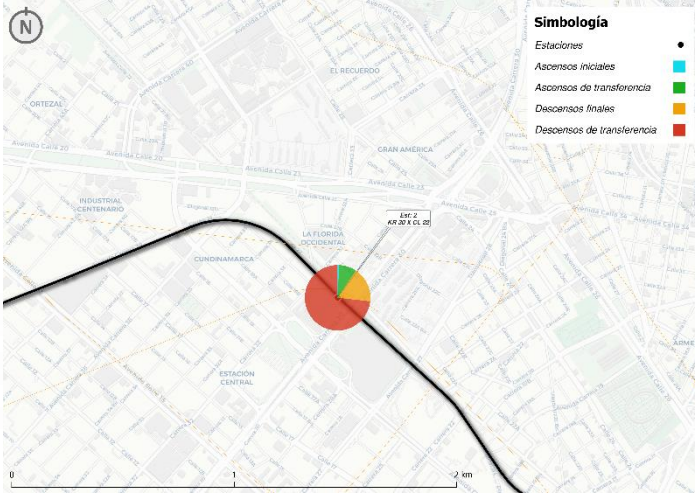
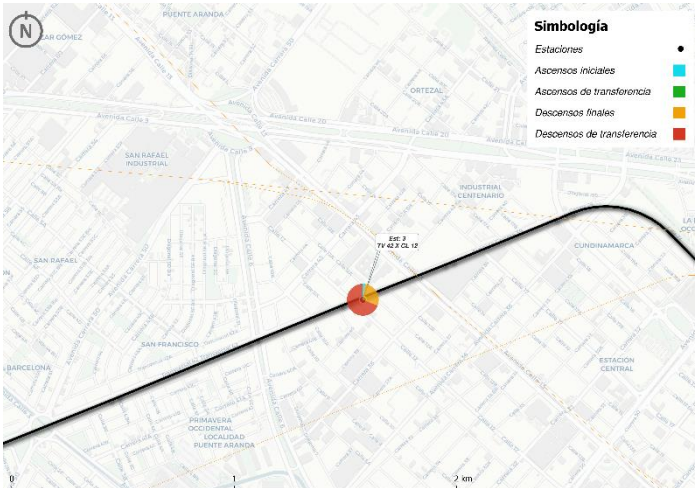
Fuente: Steer 2023

En la figura 6 se puede observar que a lo largo de la alternativa seleccionada existen estaciones con una gran cantidad de transbordos, especialmente descensos de transferencia. En particular, cuatro estaciones presentan más de 2,000 descensos de transferencias. La estación Santa Fé es el principal punto de intercambio modal en el corredor, con 19,639 descensos de transferencia. Le sigue la estación San Eusebio ubicada en la Avenida primero de mayo x carrera 52B, que presenta 10,804 descensos de transferencia. Además, las estaciones La Hoja y Gorgonzola presentan 5,615 y 2,572 descensos de transferencia, respectivamente.

En la siguiente tabla se presenta la distribución por modo de las transferencias en las cuatro estaciones mencionadas anteriormente:

Tabla 4.4 Estaciones con el mayor número de transferencias

Descripción	Imagen
<p>Estación 1 – CL 22 x KR 15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En esta estación, se registran 19,639 descensos de transferencia, de los cuales el 49.2% se dirige hacia la primera línea del Metro, el 47.7% hacia Transmilenio en la AV Caracas y en la CL 26, y el 3.1% se transfiere hacia el Zonal.</li> </ul>	
<p>Estación 5 – AV 1ra de mayo x KR 52B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En esta estación, se registran 10,804 descensos de transferencia, de los cuales el 82.1% se dirige hacia Transmilenio en la AV 68, el 14.4% hacia el Zonal, y el 3.5% se transfiere hacia la primera línea del Metro.</li> </ul>	

Descripción	Imagen
<p>Estación 2 – KR 30 x CL 22</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En esta estación, se registran 5,615 descensos de transferencia, de los cuales el 99.9% se dirige hacia Transmilenio en la KR 30, y el 0.1% se transfiere hacia el Zonal.</li> </ul>	 <p>The map shows the proposed rail line (thick black line) passing through the city. A pie chart at the intersection of KR 30 and CL 22 shows the distribution of transfer descents: a large red segment for Transmilenio (99.9%) and a very small yellow segment for the Zonal line (0.1%). A legend on the right titled 'Simbología' defines the colors: red for 'Descensos de transferencia', yellow for 'Descensos finales', green for 'Ascensos de transferencia', and cyan for 'Ascensos iniciales'. A scale bar at the bottom indicates 0 to 2 km.</p>
<p>Estación 3 – TV 42 x CL 12</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En esta estación, se registran 2,514 descensos de transferencia, de los cuales el 97.7% se dirige hacia Transmilenio en la CL 13, y el 2.3% se transfiere hacia el Zonal.</li> </ul>	 <p>The map shows the proposed rail line (thick black line) passing through the city. A pie chart at the intersection of TV 42 and CL 12 shows the distribution of transfer descents: a large red segment for Transmilenio (97.7%) and a smaller yellow segment for the Zonal line (2.3%). A legend on the right titled 'Simbología' defines the colors: red for 'Descensos de transferencia', yellow for 'Descensos finales', green for 'Ascensos de transferencia', and cyan for 'Ascensos iniciales'. A scale bar at the bottom indicates 0 to 2 km.</p>

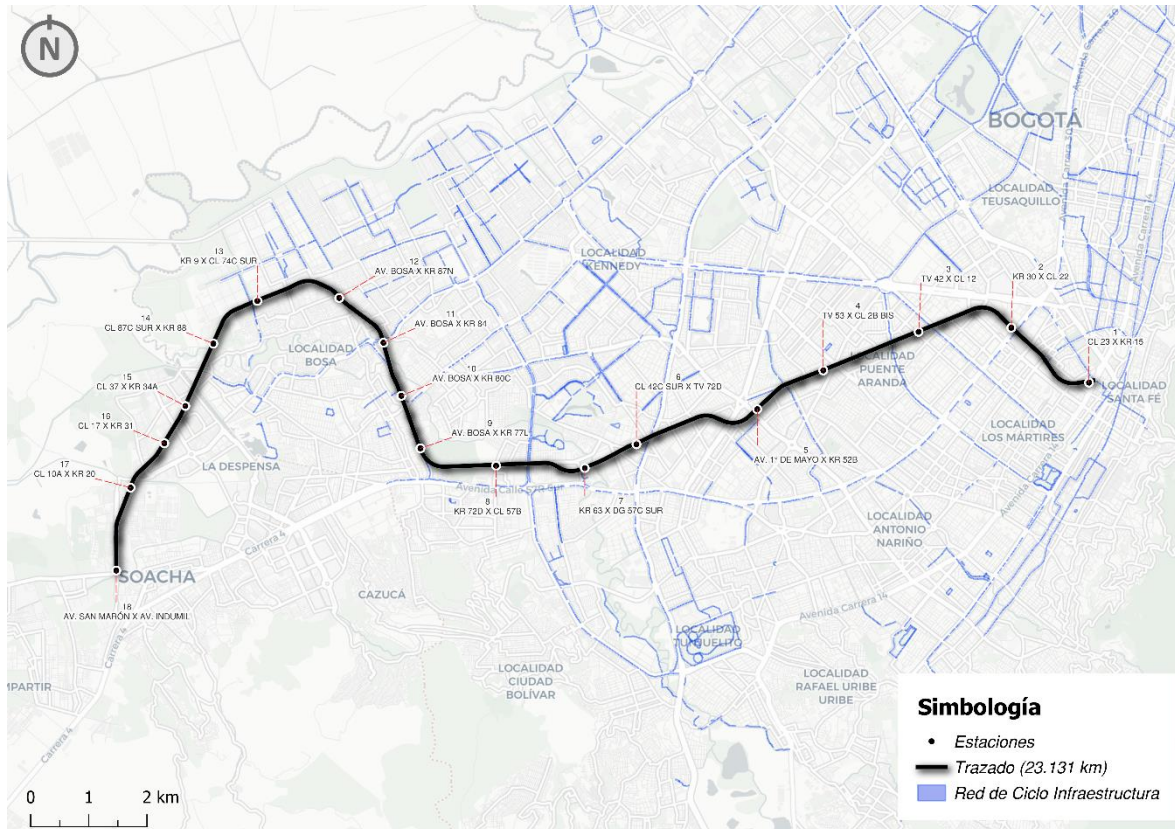
Fuente: Steer 2023

Para asegurar la conexión del corredor con otros modos de transporte, es esencial garantizar una franja de circulación peatonal de al menos 4 metros, como lo establece el Decreto 555 de 2021. En la etapa de factibilidad del proyecto, se debe llevar a cabo un análisis de la capacidad máxima y el ancho mínimo de estas franjas peatonales, dándole especial relevancia al área de influencia de las 4 estaciones mencionadas anteriormente. Esto permitirá garantizar una movilidad segura y eficiente para los usuarios del corredor y para aquellos que necesiten conectarse con otros medios de transporte.

#### 4.2.2 Conectividad con la red de Ciclo Infraestructura

Para fomentar la movilidad activa y la intermodalidad, es esencial analizar la conectividad del corredor con la red de infraestructura ciclista de la ciudad. La siguiente figura muestra la red actual de infraestructura ciclista y el trazado de la alternativa seleccionada.

Figura 4.5 Red actual de Ciclo Infraestructura



Fuente: Steer, 2023 a partir de la información de la Secretaría Distrital de Movilidad

Como se puede observar en la figura anterior, el corredor cuenta con conexiones en varias zonas con la red de infraestructura ciclista de la ciudad. Es importante tener en cuenta que, de acuerdo con el artículo 427 del Decreto 555 de 2021, los centros de integración modal deben incluir ciclo-parqueaderos. Por lo tanto, en la etapa de factibilidad, es crucial analizar la necesidad de implementar estos estacionamientos para bicicletas en las estaciones, en caso de que se requieran, se debe estimar la demanda potencial y determinar la cantidad de cupos necesarios para satisfacer dicha demanda.

Dicho análisis debe priorizarse en las estaciones generadoras de viajes, es decir, en las estaciones Las Margaritas y Tintal, debido a que al ser las estaciones con la mayor cantidad de abordajes, es posible que la demanda potencial de usuarios de bicicletas sea mayor.

#### 4.2.3 Accesibilidad a las estaciones

Los puntos de ingreso y salida peatonales de las estaciones del corredor tienen como objetivo garantizar a los usuarios el acceso cómodo y seguro a la infraestructura. Las estaciones con el mayor flujo de pasajeros son los puntos críticos en términos de accesibilidad, por lo que se deben diseñar para el flujo de pasajeros que circularán por

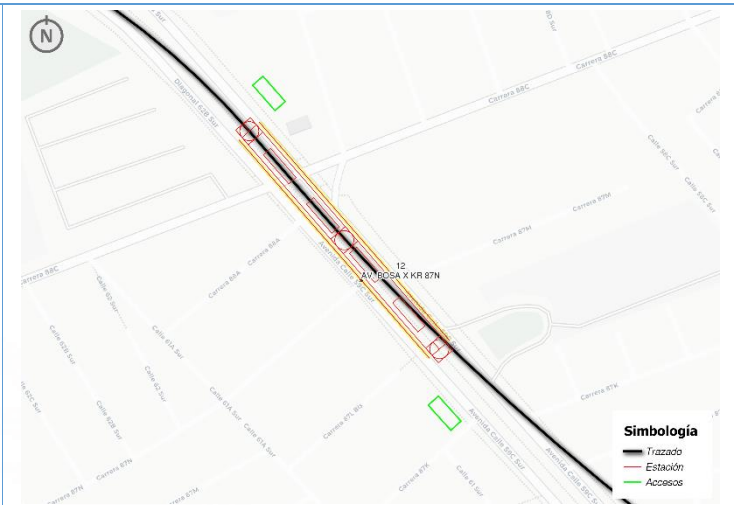
ellas, A continuación, se presenta una tabla con las estaciones que tienen el mayor flujo de pasajeros:

Tabla 4.5. Accesos a las estaciones con volumen de pasajeros

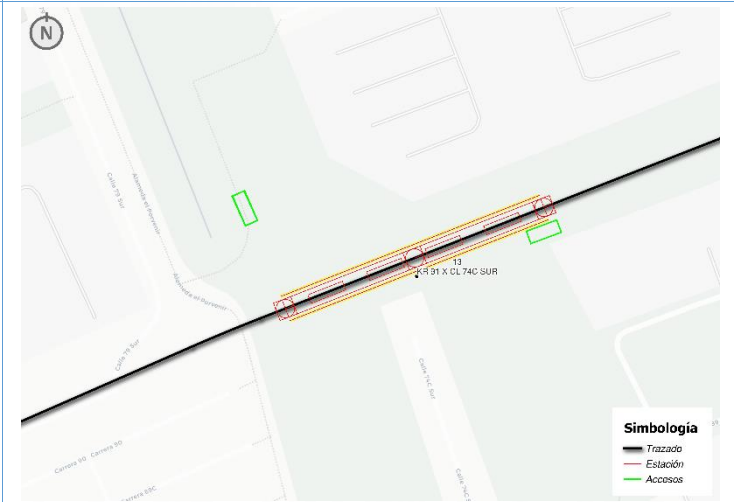
Descripción	Imagen
<p>Estación 1 – Santa Fé</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La estación ubicada en esta intersección presenta un volumen de pasajeros de 22,027. Los usuarios tienen la posibilidad de ingresar o salir de la estación por tres accesos, dos ubicados en el costado oriental y occidental de la Av. Caracas y uno en el costado sur de la Calle 24.</li> </ul>	
<p>Estación 5 – San Eusebio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La estación ubicada en esta intersección presenta un volumen de pasajeros de 12,121. Los usuarios tienen la posibilidad de ingresar o salir de la estación por dos accesos, uno sobre la Carrera 52C y el otro se ubica sobre la Carrera 52B.</li> </ul>	

**Estación 12 – Las Margaritas**

- La estación ubicada en esta intersección presenta un volumen de pasajeros de 8,723. Los usuarios tienen la posibilidad de ingresar o salir de la estación por dos accesos, uno ubicado sobre la Carrera 87 K y el otro ubicado en la Carrera 88 C.

**Estación 13 – Tintal**

- La estación ubicada en esta intersección presenta un volumen de pasajeros de 7,667. Los usuarios tienen la posibilidad de ingresar o salir de la estación por dos accesos, ubicados en el costado norte y sur de la Carrera 91.



Fuente: Steer, 2023

La ubicación de los accesos a las estaciones tiene como objetivo minimizar los cruces que deben realizar los usuarios para acceder a la infraestructura, sin embargo es importante en la etapa de factibilidad realizar un análisis de conflicto vehículo-peatón, en los puntos en donde estos actores viales interactúen como sucede en la estación Santa Fé, en donde las personas que ingresan o salen desde el acceso sobre la Calle 24 pueden tener un conflicto con los vehículos que transitan dicha vía, en estos casos también se debe realizar un análisis de provisión peatonal, para determinar la medida de mitigación que se debe implementar.

Además del análisis de seguridad vial, se recomienda evaluar en función del flujo de pasajeros el número de talanqueras necesarias en cada estación, especialmente en aquellas que concentran el mayor volumen de pasajeros. Esto tiene como objetivo evitar congestiones y retrasos en los tiempos de espera de los usuarios.

### 4.3 Análisis de siniestralidad

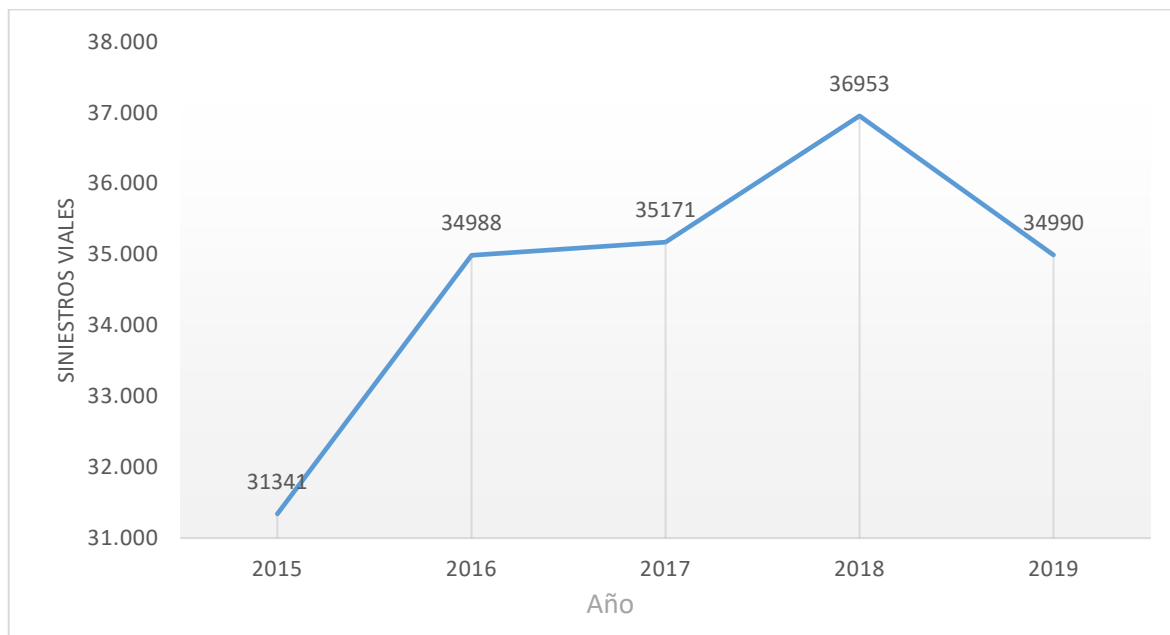
#### 4.3.1 Descripción general siniestralidad Bogotá

El análisis de siniestralidad se realizó para Bogotá y el área de influencia directa del proyecto a través de una revisión del histórico de accidentalidad compilado en el Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbano Regional de la SDM.

Se utilizó información de cinco años consecutivos, desde 2015 hasta 2019, para caracterizar la accidentalidad. Debido a la posible falta de representatividad de los datos como resultado de la pandemia declarada en 2020, no se consideró la información de dicho año. Además, al comparar los datos de 2020 con los de 2019, se encontró que son inferiores.

En la siguiente figura, se presenta la ocurrencia de siniestros con distintas gravedades, incluyendo muertos, heridos y daños materiales durante el periodo 2015-2019. Se observa un aumento del 11,64% y 5,06% en los periodos 2015-2016 y 2017-2018 respectivamente. Por otro lado, se registró una disminución del 5,31% en la siniestralidad durante el periodo 2018-2019, como resultado de la implementación de políticas enfocadas en la concientización y el uso de buenas prácticas por parte de los distintos actores viales.

Figura 4.6 Siniestros totales Bogotá (2015-2019)

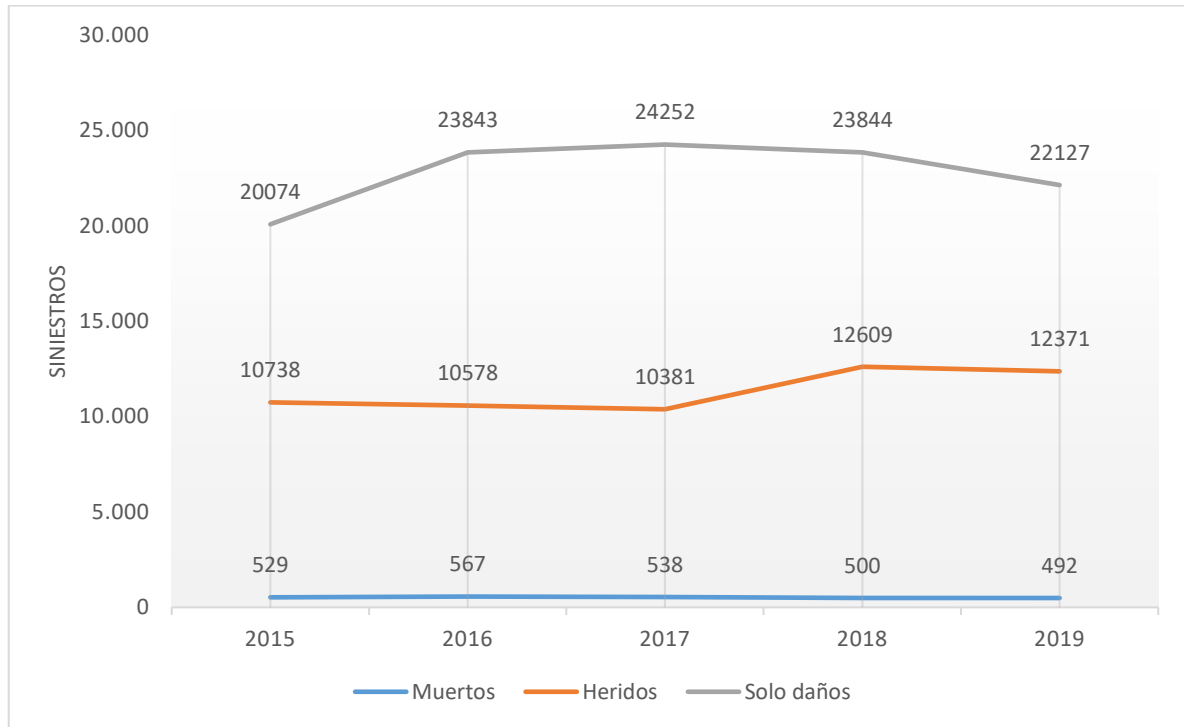


Fuente: Steer 2023 a partir de información histórica de siniestros viales de SDM



En lo que respecta a la gravedad de los siniestros se observa en el gráfico 2 que en su mayoría corresponden con solo daños, seguido por heridos y finalmente muertos.

Figura 4.7 Tipología siniestros en Bogotá (2015 - 2020)

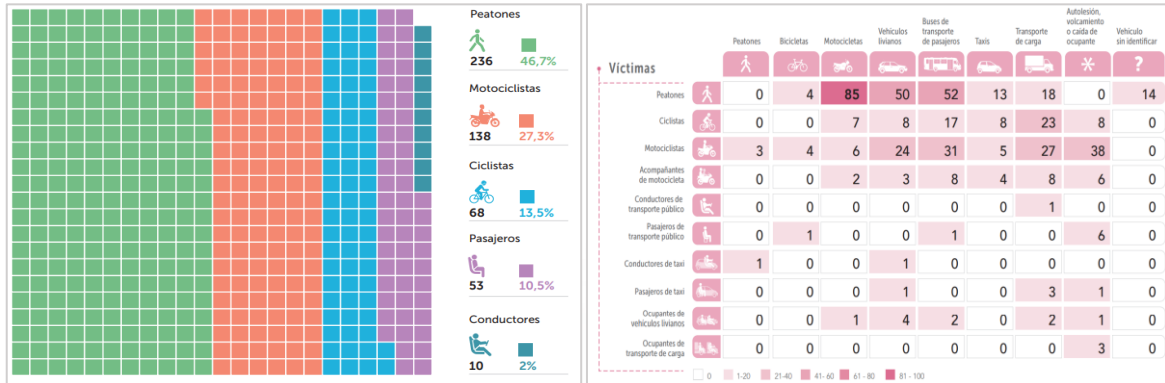


Fuente: Steer 202 con datos de SDM

Con referencia al último año de este análisis (2019) se obtuvo información de la SDM específicamente del anuario de siniestralidad vial (2019) donde se puede ver cuáles son las principales víctimas fatales producto de siniestros viales, en este caso se resalta que 46.7% de los fallecimientos ocurren en peatones que son arrojados por otros actores viales, le siguen las motos, ciclistas, pasajeros y por último los conductores.

También se muestra la matriz de colisiones para el mismo año donde se evidencia que la mayoría de los siniestros fueron consecuencia de atropellos por parte de motociclistas hacia peatones (85), seguido por buses de transporte de pasajeros (52) y finalmente vehículos livianos (50).

Figura 4.8 Víctimas fatales y matriz de conflictos - Bogotá (2019)



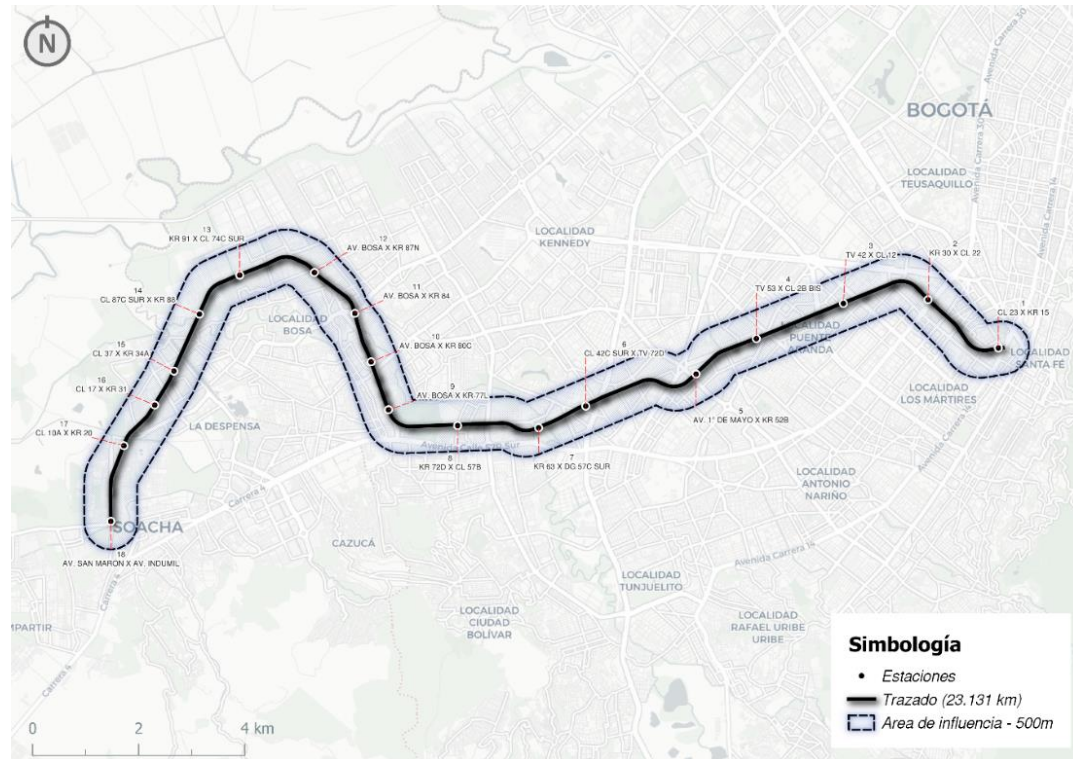
Fuente: Anuario de siniestralidad vial – 2019, SDM

A continuación, se hace una descripción general de la siniestralidad en la zona aledaña al Corredor Férreo del Sur

#### 4.3.2 Cantidad y localización de siniestros por clase

Como punto de partida se definió un área de influencia, para ello se realizó un buffer de 500 m alrededor del trazado con el fin de obtener la cantidad total de siniestros en el periodo 2015-2019.

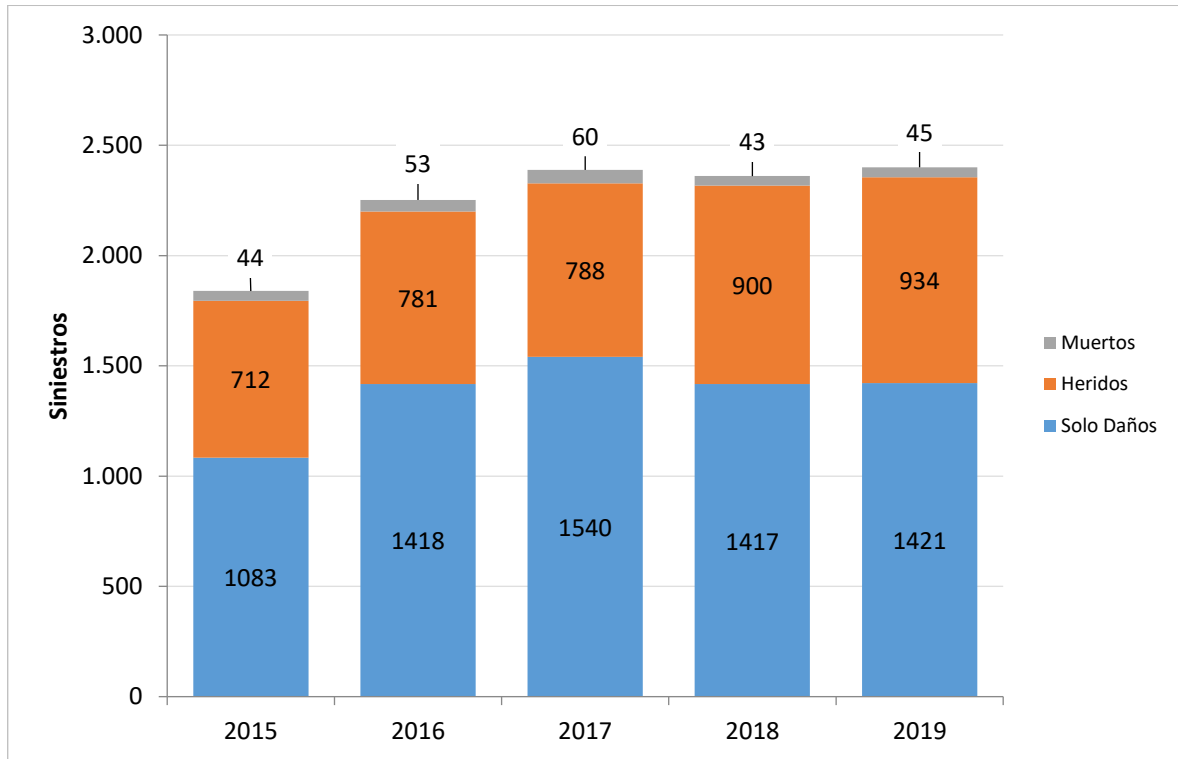
Figura 4.9 Área de influencia para análisis de siniestralidad



Fuente: Steer, 2023

A continuación, se procedió a obtener la cantidad de siniestros totales para luego realizar una clasificación en función del tipo de siniestro y de su clase, de esta manera se identificó un total de 11,240 incidentes en el periodo (2015-2019). En cuanto a la gravedad se evidencia que la mayoría corresponde con solo daños, seguido por heridos y finalmente muertos. A partir de 2015 se presenta una tendencia de aumento en las tasas de siniestros como se puede observar en el gráfico 3.

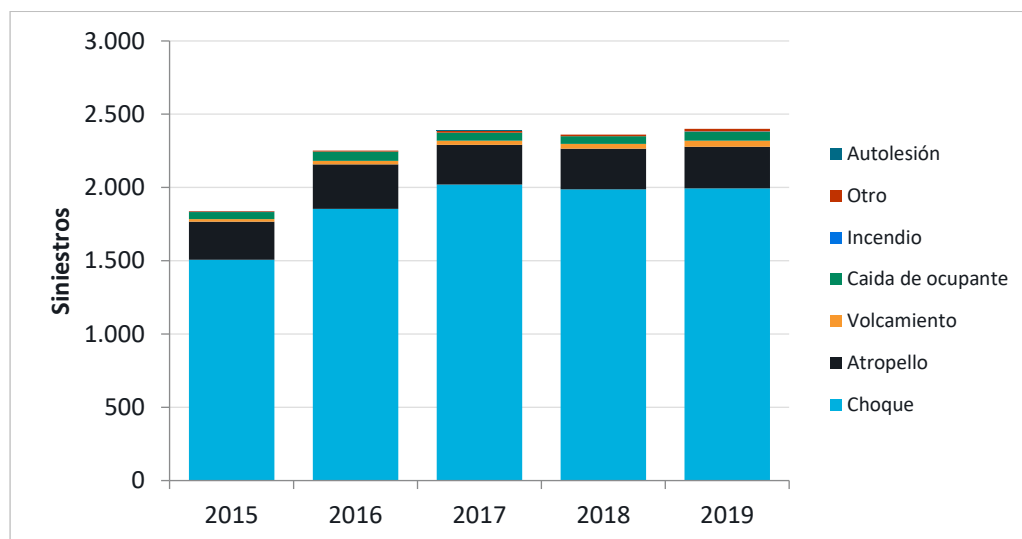
Figura 4.10 . Comportamiento siniestralidad zona de influencia (2015 - 2019)



Fuente: Steer, 2023

Con respecto a la clase de siniestro se encontró que la mayoría corresponden a choques vehiculares y atropellos con 93,61 (83.3%) y 1,399 (12.4%) respectivamente. Dicha información se relaciona a continuación:

Figura 4.11 Clasificación según tipo de siniestro



Fuente: Steer, 2023

Tabla 4.6 Clasificación según tipo de siniestro

Clase siniestros	Choque	Atropello	Volcamiento	caída de ocupante	Incendio	Otro	Autolesión	Total
2015	1507	260	18	48	1	5	0	<b>1839</b>
2016	1854	303	26	62	0	7	0	<b>2252</b>
2017	2020	272	27	55	0	13	1	<b>2388</b>
2018	1987	278	33	53	0	9	0	<b>2360</b>
2019	1993	286	41	61	1	18	0	<b>2400</b>
<b>Total</b>	<b>9,361</b>	<b>1,399</b>	<b>145</b>	<b>279</b>	<b>2</b>	<b>52</b>	<b>1</b>	<b>11239</b>
<b>%</b>	<b>83.3%</b>	<b>12.4%</b>	<b>1.3%</b>	<b>2.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.5%</b>	<b>0.0%</b>	

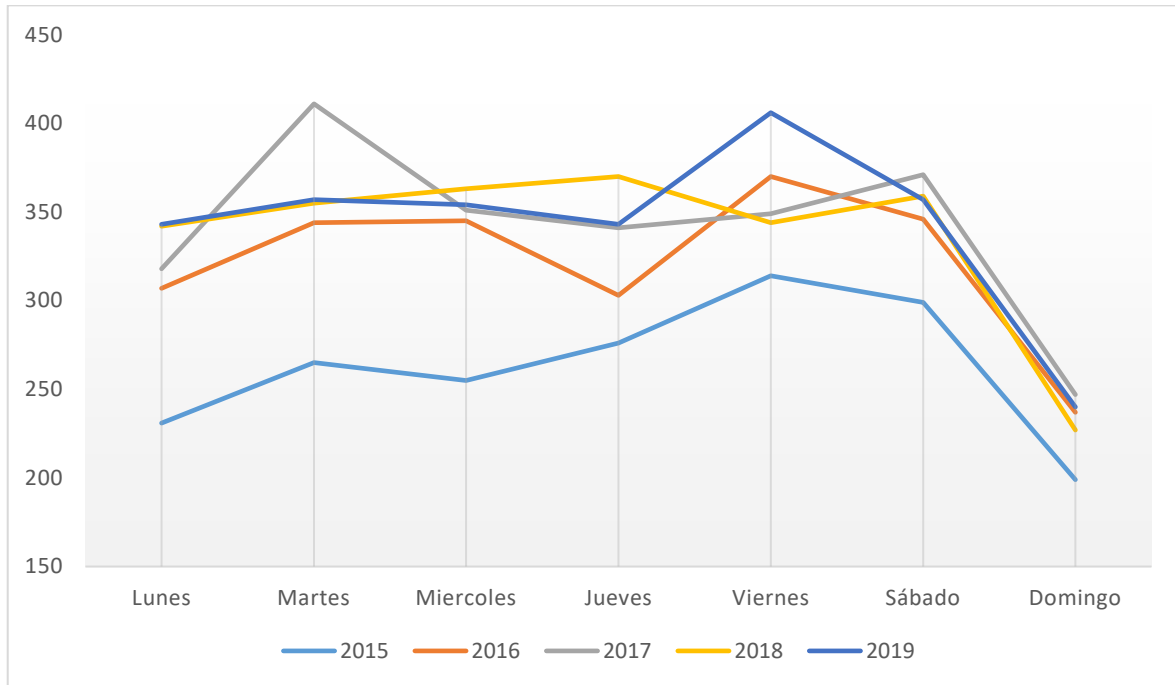
Fuente: Steer, 2023

Cabe aclarar que los datos presentados corresponden a la información consultada en datos oficiales de la entidad a nivel distrital y se realiza la validación para presentar aquellos que se ubican dentro de la zona de análisis.

La figura a continuación muestra la cantidad de siniestros de todas las tipologías ocurridos de lunes a domingo en el periodo de análisis, cabe resaltar que en 3 (2019, 2016 y 2015) de los 5 años el día de mayor siniestralidad fue el viernes, también se evidencia que la ocurrencia de siniestros tiende a presentar los picos durante los fines de semana.

En el caso de 2017 se puede considerar un caso atípico dado que la mayor cantidad de siniestralidad ocurrió el martes. Por otro lado, se destaca que los días domingo presentan las menores cantidades de siniestros en el periodo de análisis y la zona de influencia.

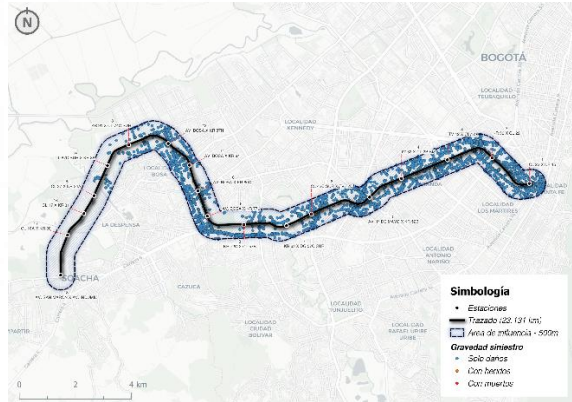
Figura 4.12 Comportamiento siniestralidad según día de la semana



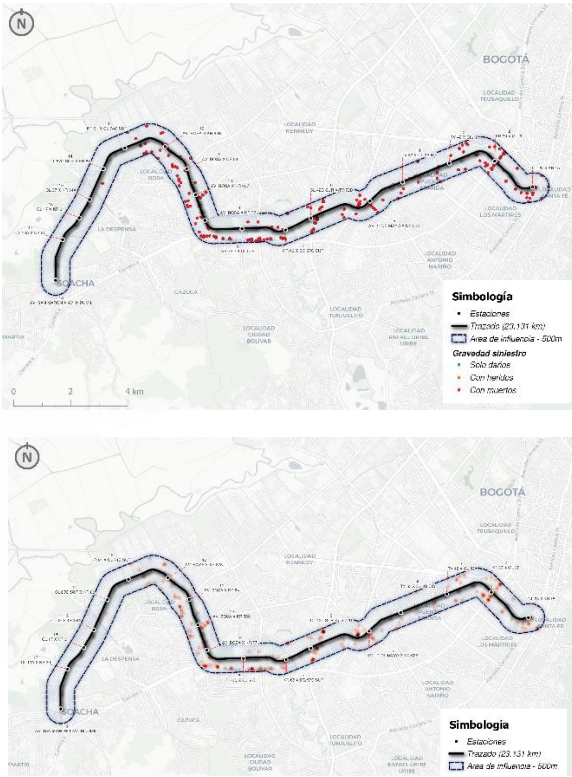
Fuente: Steer, 2023

La tabla a continuación presenta los siniestros clasificados por gravedad ocurridos en la zona de análisis dentro de Bogotá en el periodo de 5 años. De aquí se puede evidenciar que la mayoría de los siniestros con muertos ocurren en vías arteriales e intermedias donde se manejan mayores velocidades, volúmenes vehiculares y confluencia de diferentes actores viales.

Tabla 4.7. Descripción siniestros en el área de influencia directa

Descripción	Imagen
<p>Mapa de siniestros (2015-2019) – Gravedad: Solo daños</p> <p>El mapa presentado muestra una distribución uniforme de los siniestros a lo largo del corredor salvo en la Av. Bosa, donde se observa una concentración hacia el costado suroccidental del trazado.</p>	

Descripción	Imagen
<p>Sobre el mapa de calor presentado se resalta la intersección del corredor con la Calle 3, con respecto al resto del corredor no se hallan puntos de concentración, sino que por el contrario los siniestros se encuentran muy dispersos.</p>	
<p>Mapa de siniestros (2015-2019) – Gravedad: Con heridos</p> <p>El mapa presentado muestra una distribución uniforme de los siniestros a lo largo del corredor, se presenta un comportamiento muy similar al de los siniestros con solo daños donde en la AV BOSA se genera una concentración sobre el costado suroccidental del trazado.</p>	
<p>Sobre el mapa de calor presentado se resaltan las intersecciones del corredor con las carreras 70C, Avenida Carrera 68, Avenida Boyacá, Avenida Primero de Mayo, Carrera 50, Calle 13 y finalmente Estación Central, en dichos puntos la tasa de siniestros con heridos fue de aproximadamente 30 en el periodo de análisis.</p>	

Descripción	Imagen
<p>Mapa de siniestros (2015-2019) – Gravedad: Con muertos</p> <p>La tasa de siniestros con fallecidos muestra concentraciones sobre la KR 30 y las intersecciones del corredor. Es importante notar que en el resto de las zonas la distribución de siniestros no es uniforme.</p> <p>Sobre el mapa de calor presentado se resalta la Avenida NQS específicamente en la intersección con la Calle 22, otros puntos críticos identificados corresponden con la Avenida Primero de Mayo, Avenida Carrera 68 y Avenida Boyacá.</p>	

Fuente: Steer, 2023

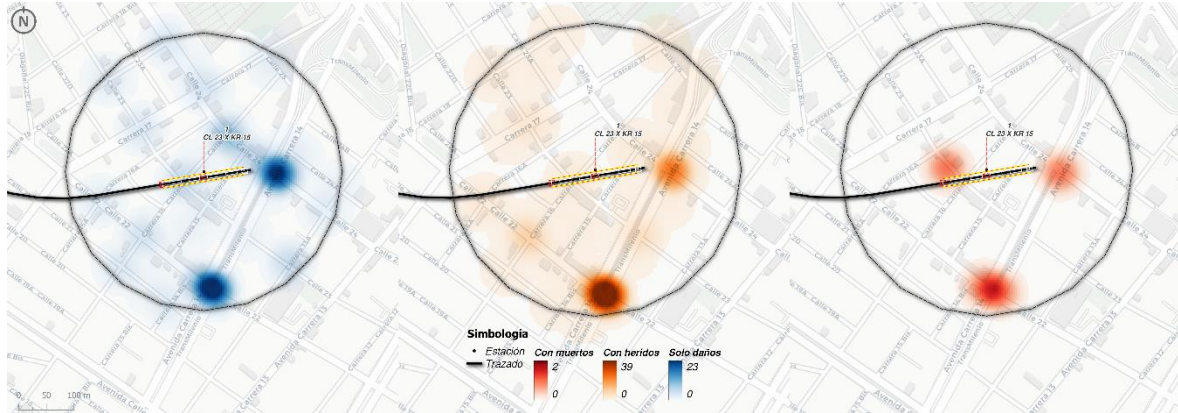
A continuación, se presenta una descripción de los siniestros alrededor de los puntos críticos identificados en tabla anterior, para ello se redujo el área de influencia alrededor de cada estación a 200 m. finalmente se presenta una matriz de colisiones en donde se describe que actores viales están involucrados en la ocurrencia de dichos siniestros.

#### 4.3.3 Descripción siniestros Estación Santa Fe

La figura a continuación permite evidenciar que los siniestros con gravedad solo daños, con heridos y en menor medida muertos tienen especial importancia en las cercanías del ingreso por la Calle 24 a la estación, en dicha zona se desarrollan actividades comerciales relacionadas con la venta de flores, lo anterior genera importantes movimientos peatonales que constantemente se ven afectados por la intersección de la Calle 26. Se observa también que la mayor densidad siniestros corresponde con heridos y solo daños.



Figura 4.13 Gravedad de siniestros en la intersección de la CL 22 x KR 15



Fuente: Steer, 2023

En lo que respecta a la matriz de conflictos se evidencia que la mayoría es producto de choques entre vehículos livianos (automóviles y camionetas), seguido por atropellos entre motociclistas y peatones.

Tabla 4.8. Matriz de colisiones CL 22 x KR 15

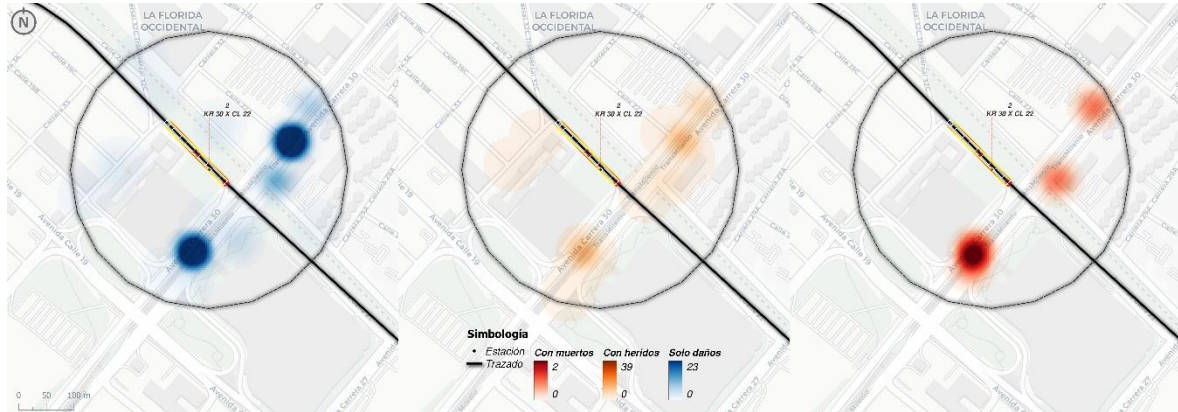
	Peatones	Bicicletas	Motocicletas	Vehículos livianos	Transporte de pasajeros	Transporte de carga
Peatones	0	0	0	0	0	0
Bicicletas	0	0	1	0	0	0
Motocicletas	29	1	6	11	0	2
Automóviles	26	3	26	100	6	6
Transporte de pasajeros	16	0	3	4	1	0
Transporte de carga	1	0	2	4	0	0

Fuente: Steer, 2023

#### 4.3.4 Descripción siniestros Estación La Hoja

La figura a continuación permite evidenciar que los siniestros con gravedad solo daños y muertos tienen especial importancia en las cercanías del ingreso a la estación por la Avenida NQS, en dicha zona se desarrollan importantes flujos peatonales dada la cercanía con el centro comercial Calima y edificios de oficinas. Los siniestros relacionados con muertes pueden deberse a cruces ilegales de peatones de la Avenida NQS hacia el occidente, lo anterior dado que no se halla cerca una infraestructura peatonal de cruce.

Figura 4.14 Mapa de calor de siniestros según gravedad - KR 30 x CL 22



Fuente: Steer, 2023

En lo que respecta a la matriz de conflictos se evidencia que la mayoría es producto de atropellos entre vehículos livianos y bicicletas, lo anterior se debe a que actualmente no se cuenta con una infraestructura de ciclorruta que permita el desplazamiento seguro de estos, en orden de importancia continúan aquellos siniestros derivados de atropellos entre motociclistas y ciclistas.

Tabla 4.9. Matriz de colisiones Estación La Hoja

	Peatones	Bicicletas	Motocicletas	Vehículos livianos	Transporte de pasajeros	Transporte de carga
Peatones	0	0	0	0	0	0
Bicicletas	7	1	28	82	3	6
Motocicletas	6	1	2	10	0	2
Automóviles	2	2	0	9	3	1
Transporte de pasajeros	0	0	3	13	0	0
Transporte de carga	0	0	0	1	0	0

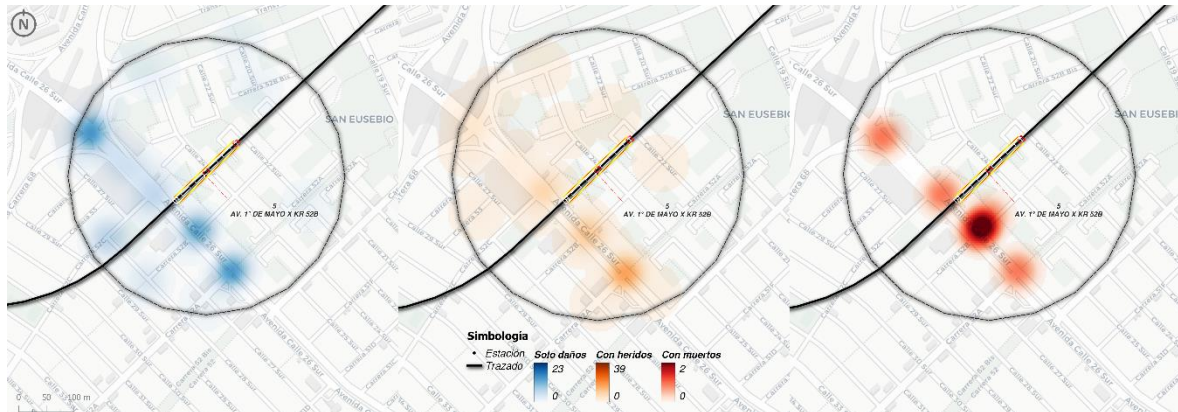
Fuente: Steer, 2023

#### 4.3.5 Descripción siniestros Estación San Eusebio

La figura a continuación permite evidenciar que los siniestros con gravedad de solo daños y heridos tienen especial importancia en las cercanías del ingreso a la estación por la Avenida Primero de Mayo, en dicha zona se desarrollan importantes flujos peatonales dada

la actividad comercial. Los siniestros relacionados con muertes pueden deberse a cruces ilegales de peatones, aunque se dispone de un puente peatonal próximo, otro factor tiene que ver con las bocacalles que acceden a la Avenida Primero de Mayo, y las velocidades en dicha vía.

Figura 4.15 Mapa de calor de siniestros según gravedad – Estación San Eusebio



Fuente: Steer, 2023

En lo que respecta a la matriz de conflictos se evidencia que la mayoría es producto de choques entre vehículos livianos (automóviles y camionetas), es de resaltar que la categoría siguiente en importancia corresponde a los choques ocasionados entre el transporte de pasajeros y vehículos livianos.

Tabla 4.10. Matriz de colisiones Estación San Eusebio

	Peatones	Bicicletas	Motocicletas	Vehículos livianos	Transporte de pasajeros	Transporte de carga
Peatones	0	0	0	0	0	0
Bicicletas	0	0	1	0	1	0
Motocicletas	11	2	1	5	5	0
Automóviles	7	3	12	43	19	5
Transporte de pasajeros	0	4	6	18	6	0
Transporte de carga	0	0	0	3	0	0

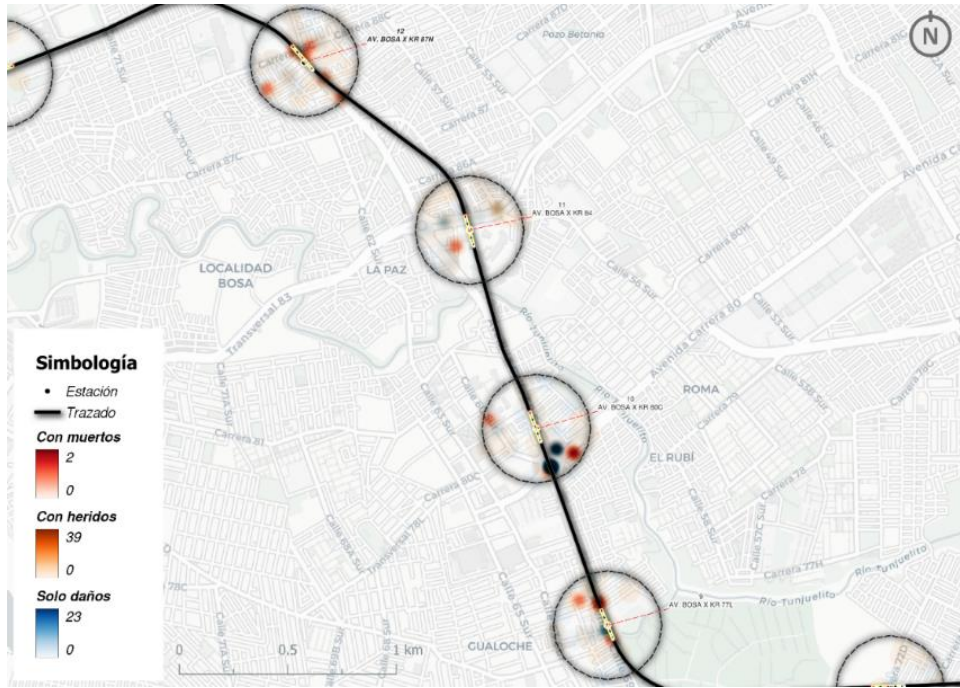
Fuente: Steer, 2023

#### 4.3.6 Descripción general siniestros – Estación Bosa Centro

La figura a continuación muestra los siniestros ocurridos a lo largo de la Avenida Bosa, en esta es importante notar que uno de los puntos críticos corresponde con estación Bosa

Centro, según los datos encontrados y la información cartográfica se evidencian importantes siniestros con gravedad heridos en el acceso sur de la estación. Lo anterior puede deberse a la intersección de la AV BOSA x KR 80.













Figura 4.16 Mapa de calor de siniestros según gravedad - AV BOSA



Fuente: Steer, 2023

En lo que respecta a la matriz de conflictos se evidencia que la mayoría es producto de choques entre vehículos livianos (Automóviles y camionetas), seguido por atropellos entre motociclistas y peatones.

Tabla 4.11. Matriz de colisiones AV BOSA.

	 Peatones	 Bicicletas	 Motocicletas	 Vehículos livianos	 Transporte de pasajeros	 Transporte de carga
 Peatones	0	0	0	0	0	0
 Bicicletas	1	0	2	2	1	0
 Motocicletas	51	14	7	16	1	5
 Automoviles	13	25	46	79	34	27
 Transporte de pasajeros	18	16	10	47	15	9
 Transporte de carga	2	5	6	37	5	2

Fuente: Steer, 2023