



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

**DISEÑO CONCEPTUAL DE LA RED DE TRANSPORTE MASIVO
METRO Y DISEÑO OPERACIONAL, DIMENSIONAMIENTO
LEGAL Y FINANCIERO DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN
EL MARCO DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE
PUBLICO -SITP- PARA LA CIUDAD DE BOGOTA**

PRODUCTO N° 26

**AJUSTE OPERACIONAL DEL SITP POR LA ENTRADA DE LA
PRIMERA LÍNEA DEL METRO**

MB-GC-ME-0026

Rev.3. Febrero 2010



TITULO DEL DOCUMENTO: AJUSTE OPERACIONAL DEL SITP POR LA ENTRADA DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO







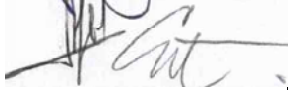
DOCUMENTO N°: MB-GC-ME-0026

Referencia: P210C25

Fichero: MB-GC-ME-0026-REV3

Revisión: Rev.3.

Fecha revisión : Febrero 2010

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado por	Susana Domingo Joly		Febrero 2010
	Françoise Guillerault		Febrero 2010
	Sandra Lagos		Febrero 2010
	Johanna Mª. Lobo Gutiérrez		Febrero 2010
	Mª. Antonieta Royuela Escalona		Febrero 2010
Verificado por	José Manuel Almoguera Diego Duque		Febrero 2010
Aprobado por	Luis M. San Martín Esteban Rodríguez		Febrero 2010



REGISTRO DE CAMBIOS

REV.	FECHA	SECCIÓN / PÁRRAFO AFECTADO	INICIO DEL DOCUMENTO/ RAZONES DEL CAMBIO
0	Noviembre 2009	TODOS	DOCUMENTO INICIAL
1	Enero 2010	TODOS	INCORPORACIÓN DE OBSERVACIONES GI y TMSA (observaciones de forma, redacción modificada para levantar dudas, profundizar análisis y aclarar enfoque metodológico, ajuste a la metodología de cálculo del plan de oferta para superar limitaciones del modelo, agregación de un análisis de los impactos operacionales por zonas del SITP, corrección de los resultados del escenario de referencia sin metro, actualización consiguiente de los costos en los cuales se han presentado adicionalmente los del metro calculados en el P25)
2	Enero 2010	2.2.2 / 3.3 / 4 / 5	Revisión de las funciones de demora del modelo de transporte y consideración del Tren del Occidente sólo hasta la Av. Ciudad de Cali, actualización consiguiente de los resultados numéricos (datos de demanda, oferta, costos)
3	Febrero 2010		INCORPORACIÓN DE OBSERVACIONES GI

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
2	MARCO DE PARTIDA	8
2.1	Estructuración del SITP	8
2.2	Parámetros de modelación.....	12
2.2.1	Demanda contemplada.....	12
2.2.2	Escenario de oferta contemplado.....	13
2.2.3	Criterios tarifarios contemplados	16
3	AJUSTE FUNCIONAL DEL SITP	17
3.1	Modelo conceptual propuesto con el metro	17
3.2	Reestructuración de rutas.....	18
3.2.1	Criterios de modificación de rutas	18
3.2.2	Propuesta de reestructuración de rutas	20
3.3	Puntos de integración	27
3.3.1	Portal Américas	29
3.3.2	Casablanca.....	30
3.3.3	Villavicencio	31
3.3.4	Palenque.....	32
3.3.5	Kennedy.....	33
3.3.6	Boyacá.....	34
3.3.7	1º de Mayo.....	35
3.3.8	Avenida 68.....	36
3.3.9	Río Fucha	37
3.3.10	Ac 6.....	38
3.3.11	Ac 13.....	39
3.3.12	NQS	40
3.3.13	Paloquemao.....	41
3.3.14	La Sabana	42
3.3.15	San Victorino	43
3.3.16	Ac 19 Avenida ciudad de Lima	44
3.3.17	La Rebeca	45
3.3.18	Ac 34 Parque Nacional.....	46
3.3.19	Ac 42 Gran Colombia	47
3.3.20	Marly	48

3.3.21 Santo Tomás	49
3.3.22 Plaza de Lourdes	50
3.3.23 Avenida 72 Chile	51
3.3.24 Calle 85	52
3.3.25 Parque 93	53
3.3.26 Calle 100	54
3.3.27 Usaquén	55
3.3.28 Calle 127	56
4 REORDENACION OPERACIONAL DEL SITP	57
4.1 Análisis de la variación de demanda por la entrada de la PLM	57
4.2 Definición del plan de oferta	63
4.2.1 Enfoque metodológico	64
4.2.2 Dimensionamiento de flota requerida	68
4.2.3 Estimación de la oferta diaria	69
4.3 Impacto de la puesta en servicio de la PLM sobre la operación de los demás modos	69
5 IMPACTO EN LOS COSTOS OPERACIONALES DEL SITP	77
5.1 Estructura actual de costos de explotación del sistema de transporte de Bogotá 78	
5.2 Metodología	79
5.2.1 Costos de operación y funcionamiento de flota directoS e indirectoS	80
5.2.2 Costos por uso de las infraestructuras	81
5.3 Cálculo de costos	83
5.3.1 Costos de operación y funcionamiento directos e indirectos	83
5.3.2 Costos por uso de las infraestructuras	88
5.3.3 Otros costos del sistema	91
5.4 Resumen de costos	91
6 CONCLUSIONES	93

1 INTRODUCCIÓN

La Primera Línea de Metro (PLM) de Bogotá debe enmarcarse en el **Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)** con el fin de mejorar la eficacia general de la movilidad en toda la ciudad. Las primeras fases del SITP se dan con la implementación de un sistema organizado de operación de buses del sistema TransMilenio y de buses del sistema flexible complementario, para posteriormente ser complementado con la red Metro y el Tren de cercanías. Debido a que actualmente el SITP se encuentra en fase de desarrollo, la ciudad se encuentra en un momento importante de toma de decisiones y planteamiento de criterios a seguir para los años futuros en cuanto a transporte público.

Es objeto del presente documento **evaluar las implicaciones operacionales de la implantación de un sistema de transporte masivo como es el Metro sobre los demás modos del SITP.**

Para ello, este documento aborda los siguientes conceptos:

- Formulación del modelo conceptual del SITP contemplando el metro
- Propuesta de modificación de rutas del componente flexible complementario una vez implementada la PLM para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de transporte público.
- Análisis de la variación de la oferta y demanda de transporte en el SITP como consecuencia de la entrada en servicio de la PLM.
- Identificación y propuesta de organización de los puntos de integración de metro con los demás modos de transporte público para asegurar la buena conectividad e intermodalidad del sistema de transporte público.
- Propuesta del plan de oferta diario para los demás componentes a modificar en el SITP.
- Análisis del impacto de la entrada en servicio de la PLM en los costes operacionales de los demás modos del SITP.

Este documento constituye el **complemento al diseño operacional de la PLM objeto del producto N°25 de la etapa 3**, y recoge ajustes y desarrollos de los planteamientos funcionales y operacionales presentados en el producto 5 de la etapa 2 del presente estudio. Los demás aspectos de la integración de la PLM dentro del SITP (organización institucional, requerimientos tecnológicos, estructuración tarifaria, etc...) se recogen en los correspondientes productos de 24,29,30) de la Etapa 3 del Estudio preparados por el GC..

Conforme a los términos de referencia del contrato referido al *“DISEÑO CONCEPTUAL DE LA RED DE TRANSPORTE MASIVO METRO Y DISEÑO OPERACIONAL, DIMENSIONAMIENTO LEGAL Y FINANCIERO DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN EL MARCO DEL SITP PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ”* en ejecución para la Secretaría Distrital de Movilidad de la Alcaldía Mayor de Bogotá, el análisis operacional que se desarrolla en la Etapa 3 del presente estudio se basa en el modelo de transporte del sistema de transporte de la ciudad mejorado y calibrado por el Grupo Consultor. Esta herramienta desarrollada incluye el análisis de la movilidad en hora punta y hora valle así como la percepción diferenciada del confort de cada modo. Asimismo, se toman como hipótesis de demanda las matrices definidas y proyectadas en la Etapa 1. Por lo tanto, las matrices y los procesos de asignación utilizados para el presente documento difieren de los empleados en el diseño del SITP, por lo que puedan dar lugar a diferencias en los resultados aunque se haya esforzado respetar a los criterios del diseño operacional conceptualizados en el SITP.

No obstante, las propuestas presentadas en este documento resultan de un trabajo conjunto con el equipo técnico que actualmente realiza la estructuración del SITP, de modo que se cuenta con la información más actualizada posible en relación al proyecto de implementación y de organización

operacional del SITP en la ciudad de Bogotá para los próximos años. Es importante recordar que el diseño operacional del SITP se encuentra actualmente en elaboración que se irá consolidando y concretando en los próximos años, y que esto implica una limitación en cuanto al alcance de los análisis y recomendaciones presentadas por parte del GC. En este sentido, el Grupo Consultor ha realizado un importante esfuerzo para especificar las hipótesis de partida asumidas y para desarrollar unos procesos de análisis lo más transparentes y sistemáticos posibles con base al diseño operacional desarrollado por el equipo técnico del SITP, de modo que la Administración pueda utilizar las herramientas desarrolladas por el GC aplicándolas a una situación de partida diferente si fuese necesario. Con este fin, dadas las incertidumbres relacionadas al panorama en el cual se enmarcará la PLM en términos de demanda y oferta, se ha preferido optar por unos procesos simplificados que sin embargo permiten evidenciar el impacto operacional de la entrada en servicio de la PLM sobre los demás modos del SITP.

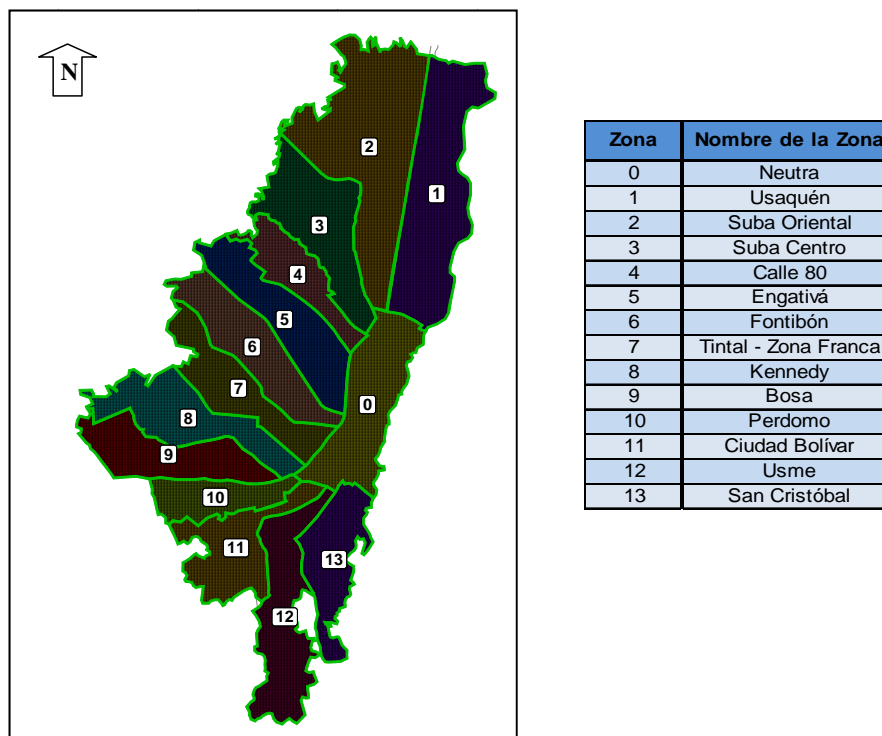
2 MARCO DE PARTIDA

2.1 ESTRUCTURACIÓN DEL SITP

Para el presente documento, las hipótesis de partida toman como base la información recibida en relación al diseño del SITP y a los pre-pliegos de condiciones de los contratos de concesión de las zonas operacionales publicados a finales de octubre de 2009. El presente apartado recoge una síntesis de los estudios técnicos, financieros y jurídicos de soporte al Decreto Distrital 309 de 2009 para la implantación del SITP de Bogotá, elaborados en 2009 con la asistencia técnica de Logit-Logitrans. El diseño técnico-operacional contemplado ha sido actualizado a principios de noviembre de 2009.

Dicho estudio muestra que la estructuración del SITP contempla un modelo de operación por zonas. En él, se opta por reorganizar la ciudad en 13 zonas y una zona neutra (centro expandido), tramitando un único proceso licitatorio pero previendo gradualidad para la implementación de la operación. En este sentido se decide la delegación de la flota por zonas operacionales, la cual se determina en función de las zonas origen y destino de las rutas, delegando la mitad de la flota necesaria por ruta a cada zona de extremidad, excepto en el caso que una extremidad de la ruta se encuentre en la zona neutra del Centro Expandido (en tal caso, se delega la flota total a la empresa operando la zona de la otra extremidad).

Figura 2-1 Zonificación propuesta para el SITP



Fuente: Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

En el mismo estudio se plantea una estructura tarifaria que permite la integración de los diferentes servicios a través del pago de tarifas diferenciadas por tipo de ruta y pago de trasbordo en función de la utilización de varios servicios para conectar el origen y destino de los usuarios, fijando la ventana de tiempo de la tarifa integrada (tiempo que tiene un usuario desde que valida su pasaje por primera vez hasta que se acaba su posibilidad de hacer trasbordo integrado) a 75 minutos.

El sistema de recaudo planteado, denominado SIRCI, integra el recaudo, el control de flota, la información y servicio al usuario, la consolidación de la información y la conectividad.

La estructuración financiera propuesta por el estudio, contempla una duración de los contratos de concesión de 24 años y prevé un sistema de remuneración para cubrir los costos de operación y funcionamiento de los concesionarios de operación, respetando los esquemas de remuneración y el equilibrio económico de los contratos de concesión suscritos para las Fases 1 y 2 de TransMilenio hasta su culminación. Se prevé una remuneración de la operación troncal con base en oferta de vehículos y kilómetros recorridos mientras la operación no troncal se remunerará con base en oferta de vehículos, kilómetros, y pasajeros transportados. Se propone destinar un porcentaje de los ingresos del sistema para cubrir los costos del ente gestor y los del recaudo (4% para el ente gestor y 8% para la concesión del SIRCI).

Se mantiene el concepto de jerarquía de rutas y corredores elaborado en los estudios anteriores. Partiendo de las 3 clases de rutas definidas de acuerdo con las características de su capacidad (rutas de alta, media y baja capacidad), se definen categorías de corredores en función de requerimientos operacionales (tipología vehicular, intensidad de demanda, medidas de prioridad de circulación del transporte público, sistema de cobro y tipo de operación de los servicios: expreso o parador).

El modelo funcional propuesto contempla las tipologías de rutas presentadas en la siguiente figura, excluyendo las rutas intermunicipales del alcance del SITP.

Figura 2-2 Tipo de rutas del SITP



Fuente: Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

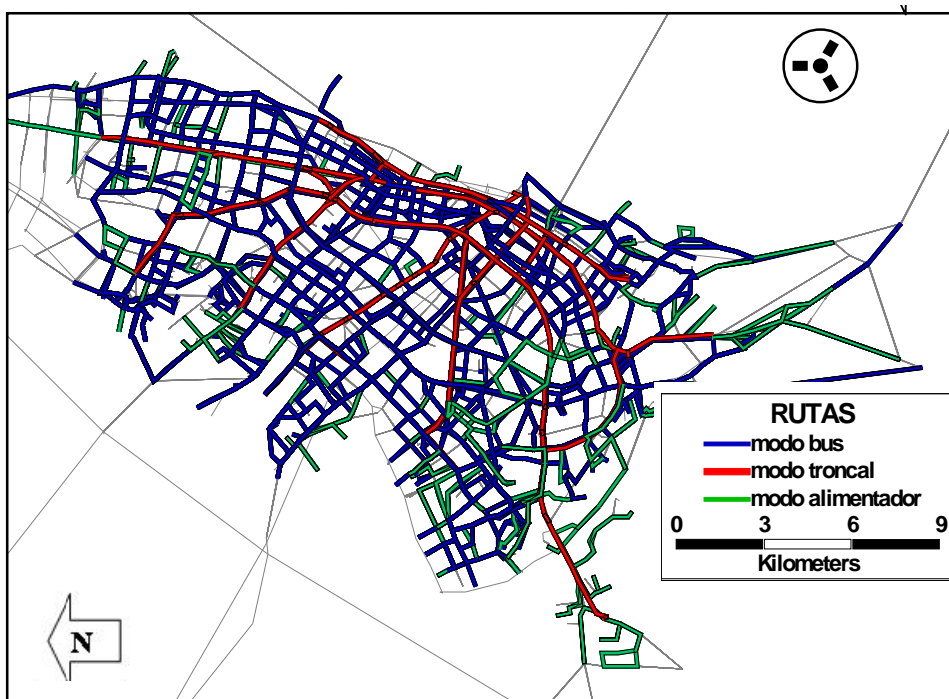
La racionalización de rutas propuestas en el SITP se da con el inicio de la operación de la Fase 3 del sistema TransMilenio (rutas troncales nuevas por los corredores Cr 10ª, Cl 26, Cr 7ª, y la Calle 6 entre Cr 10ª y Av NQS, las cuales se conectan con las troncales actuales, y nuevas rutas alimentadoras que se integran en los nuevos portales y estaciones intermedias) y la extensión de la troncal NQS hasta el municipio de Soacha.

Además de las nuevas troncales y alimentadoras, la estructuración de rutas prevé los siguientes ajustes:

- ampliación de cobertura en sectores deficientes en transporte público colectivo (rutas complementarias para servir el norte de la ciudad y hacia las troncales NQS y Américas, y rutas especiales atendiendo zonas de difícil acceso en el sector urbano de la ciudad y en la zona rural de Ciudad Bolívar),
- conexión troncal de la Cl 72 entre Cr 7ª y Av Caracas (Cr 15),

- racionalización de las rutas del actual TPC (eliminación de rutas que circulan por los nuevos corredores troncales a implantar y modificación de rutas con recorridos redundantes, para mantener o mejorar la cobertura y la atención a las necesidades de viaje en los orígenes y destinos sin generar competencia con el sistema troncal y alimentador del SITP),
- cubrimiento de sectores con deficiencia del servicio de alimentación del sistema TransMilenio (extensión de algunas rutas alimentadoras),
- conexión troncal Usme – Tunal – NQS.

Figura 2-3 Sistema de rutas del SITP



Fuente: Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

Tabla 2-1 Infraestructuras del SITP

Infraestructura con la que cuenta el SITP	
CORREDORES	Troncal Cr 10ª (del portal Oriente a la CI 31)
	Troncal CI 26 (del portal hasta la Cr 3 con CI 19)
	Troncal CI 6ª entre la Av NQS y Cr 10ª
	Troncal Cr 7ª (entre CI 31 y CI 72) + carril derecho preferencial desde CI 72 hasta CI 100
	Conexión troncal CI 72 (entre Cr 7 y Cr 15)
	Extensión de la troncal NQS al municipio de Soacha

Infraestructura con la que cuenta el SITP	
ESTACIONES	Portal Oriente (CI 31Sur con Cr 3)
	Portal CI 26 (altura de la Av Ciudad de Cali)
	Estación intermedia de la CI 6 con Cr 10
	Estación intermedia de Av 1º de Mayo con Cr 10
	Estación intermedia de la CI 100 con Cr 7ª
	Estación intermedia Constitución

Fuente: Elaboración propia a partir del Diseño técnico-operacional del SITP, noviembre de 2009

El diseño técnico-operacional del SITP propone, además de la racionalización de las rutas existentes, un diseño operacional de las mismas, y una delegación de flota. Para la selección de la tipología vehicular, se mantiene el principio de operación de utilizar – en la fase inicial de operación del SITP – los mejores vehículos de la flota actual vinculada a la operación de rutas del TPC, intentando asignar a los corredores un tipo estandarizado de vehículo según las características de sus rutas (función de la ruta, sistema en que va operar, demanda de usuarios).

Tabla 2-2 Tipología de vehículos por clase de ruta

TIPO DE VEHÍCULO	CAPACIDAD DE DISEÑO	INTERVALO MÍNIMO RECOMENDADO DE HORA PICO (MINUTOS)	FRECUENCIA MÁXIMA DE HORA PICO	RANGO DE DEMANDA
Micro	19	5	12	Hasta 228
Buseta	40	5	12	Entre 229 - 480
Bus (Busetón)	50	4	15	Entre 481 - 750
Bus (Padrón)	80	3	20	Entre 751 - 1600
Articulados / Biarticulado	150 / 250	2	30	Asociado a demanda de servicios troncales

Fuente. Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

Cabe señalar que la operación del sistema troncal TransMilenio considera nuevos vehículos como son los buses Bi-articulados (con capacidad de 250 pasajeros) y Padrón Dual (que pueden operar en tanto en carril exclusivo izquierdo como en carril preferencial derecho).

La racionalización de rutas tanto de recorridos como de cantidad de flota permite disminuir la sobreoferta de buses, gestionándose una renovación importante en la flota del TPC mediante la reposición de los vehículos que vayan cumpliendo su vida útil por unos nuevos con mayor capacidad y con mejores tecnologías de control de emisiones.

A diferencia del proceso de implementación propuesto en estudios anteriores, el diseño técnico-operacional actualizado a principios de noviembre plantea una única línea de inversión que es la que constará en 2012 al acabar la fase 3 de TransMilenio. Por lo tanto, los escenarios temporales contemplados en el diseño del SITP mantienen la infraestructura y estructura de rutas propuestas en el escenario 2011, pero contemplan un ajuste entre la oferta y la demanda proyectada en cada escenario. El diseño operacional de partida contemplado para el presente ejercicio es el definido para el escenario SITP 2018 sin metro.

2.2 PARÁMETROS DE MODELACIÓN

Con la finalidad de realizar el análisis y determinar las recomendaciones operacionales más adecuadas que permitan la correcta integración de la PLM con los otros modos de transporte, se hace necesario realizar una serie de simulaciones con el modelo de transporte EMME.

El modelo aplicado para estos análisis corresponde al modelo desarrollado y calibrado por el GC y se describe en el producto 27 del presente estudio. Se cuenta con simulaciones en hora punta y hora valle, así como la información más actualizada disponible sobre la propuesta de operación del SITP sin metro a 2018. Se ha asumido que la tipología vehicular disponible para prestar el servicio de transporte público urbano y la programación de la oferta de rutas hasta que entre en operación la PLM sea la asignada por ruta en el diseño técnico-operacional 2018 sin metro definida por la consultoría del SITP (Logit-Logitrans).

Los parámetros más relevantes pueden resumirse en Demanda de Transporte público, Escenarios de oferta contemplados y Criterios tarifarios considerados. Estos se describen a continuación.

2.2.1 DEMANDA CONTEMPLADA

La demanda de transporte aplicada para las simulaciones del presente ejercicio corresponde a las matrices determinadas con el modelo de transporte calibrado y mejorado, para hora punta y hora valle.

El cálculo de la demanda depende básicamente de variables socioeconómicas y de los costos generalizados de viajes simulados en el modelo de transporte. Las variables socioeconómicas están vinculadas a un modelo de ciudad hipotético, de manera que la demanda obtenida es el resultado de la implementación del modelo de ciudad estimado para los escenarios futuros, 2018, 2028 y 2038 descritos en el producto 4 y en el anexo A del producto Modelo mejorado.

Una vez codificado el nuevo servicio de metro, se ha calculado la nueva demanda de transporte, como resultado de los costos generalizados de viaje simulados. **De esta manera se cuenta con dos demandas de transporte, una para un escenario sin metro y otra para el escenario con PLM.**

A continuación se presentan los totales de viajes y el reparto modal para las matrices 2018 sin metro y con PLM.

Tabla 2-3. Totales de viajes de matrices por modo, durante hora punta (HP) y hora valle (HV)

		Hora Punta		Hora Valle	
		2018 sin metro	2018 con PLM	2018 sin metro	2018 con PLM
Totales de viajes	Vehículo Privado	372 657	372 263	237 905	237 821
	Transporte Público	763 573	763 991	325 968	326 053
Reparto modal	Vehículo Privado	32.8%	32.8%	42.2%	42.2%
	Transporte Público	67.2%	67.2%	57.8%	57.8%

Fuente: Elaboración propia

La variación entre las situaciones sin metro y con PLM viene de considerar el efecto del servicio metro que supone un incremento de la utilidad en algunas relaciones¹.

¹ Los datos que han sido utilizados para realizar los modelos de Generación y Atracción incluyen, además de los incrementos en las zonas que a futuro se verán afectadas por algún desarrollo urbanístico previsto en el POT y por las actividades de renovación urbana, los efectos sobre los usos de suelo por la implementación del SITP, de las nuevas troncales TransMilenio, de la PLM y del Tren de Cercanías. Los vectores de generación y atracción son los mismos para las matrices sin metro y las matrices con PLM, pero en estas últimas, el modelo de distribución contempla la oferta con el nuevo sistema de transporte.

Tomando como parámetro de medida la suma total de las diferencias entre los pares orígenes-destino de los costes generalizados de la red con metro y sin metro ponderado en cada caso por el número de viajes de cada relación se observa que:

- En el conjunto de las relaciones afectadas se aprecia un incremento residual.
- Sin embargo, en aquellas relaciones que utilizan el metro, se observa una reducción del 0,3% en los costes generalizados totales.

Este efecto provoca que los viajes captados desde los modos privados (aprox. 500) representan unos 0.5% de los viajes que utilizan la PLM. Es decir la elasticidad está en torno a uno. En consecuencia, el funcionamiento del modelo es razonable con la variación de los inputs de entrada.

Sin embargo, esto no implica que todas las relaciones presenten reducciones del Coste Generalizado, existiendo relaciones que generan mayores valores de este indicador. Realizando un análisis funcional de las características de la línea modelada se puede tener en cuenta las siguientes “ventajas e inconvenientes” que pueden explicar los valores comentados y que justifican la variación observada en los viajes de los modos privado y público:

1-Reduce el tiempo de viaje en vehículo para un mismo tramo. Sin embargo, está claro que esa reducción de tiempo, dado que en gran parte del recorrido es paralelo a TM, no es excesivamente alta, en comparación con si se tuviera una competencia directa con el TPC. Dicho de otra forma, el efecto del transporte masivo sobre la captación de vehículo privado no se incrementa de forma decisiva para justificar una mayor captación de vehículo privado.

2-Incrementa el tiempo por realizar más intercambios aunque por el efecto de la calidad produce un coste por tarifa/calidad menor. Lógicamente la diferencia es mayor respecto a los modos TPC/Intermunicipal que a TM.

3-Al tratarse de una única línea de metro no se genera el efecto red, salvo con las conexiones directas con cercanías. Es decir, el coste de acceder al metro no es cubierto por una posibilidad de intercambio más ágil que si se considerase una red completa. En este aspecto, no es comparable la captación que pueda obtener el metro del coche que el sistema de TM frente al coche.

Por lo tanto, no parece tan extraña esa ligera variación, pues si bien está claro que se proporciona una nueva línea de TP diseñada a un tránsito masivo, también es cierto que con relación al vehículo privado vs transporte público el efecto de ahorro en costes generalizados no es muy importante.

2.2.2 ESCENARIO DE OFERTA CONTEMPLADO

La oferta de transporte se compone básicamente por la red vial para el transporte privado y la red de servicios públicos, compuesta por los distintos modos. Para los análisis del presente documento se han considerado la oferta de transporte público siguiente:

a) Oferta del flexible complementario

Se considera la estructuración del SITP propuesta para el 2018 (conforme al diseño actualizado a noviembre 2009) en hora punta, con la tipología vehicular y los intervalos de servicio asignados a cada ruta como resultado del diseño operacional de la consultoría Logit/Logitrans del SITP, es decir que se contempla la estructura de rutas definida en el escenario 2011 del SITP con la oferta programada para el 2018 sin metro. La oferta de rutas para hora valle en el escenario sin metro se basa en la misma tipología vehicular por ruta, con intervalos promediados del periodo 10 am - 16 am, calculados en base a los perfiles de oferta a lo largo del día.²

² Los intervalos de cada franja horaria a lo largo del día se definen relativamente al intervalo de diseño de hora punta, según perfiles de demanda y de capacidad ofertada, y respetan la política de servicio por periodo (la metodología

Con base en esa estructura y en la oferta programada para la situación de referencia sin metro, la simulación con PLM contempla algunas modificaciones en los recorridos de las rutas del sistema flexible complementario tal y como se detalla más adelante en el apartado “Propuesta de reestructuración de rutas”. Sin embargo, la tipología vehicular y las frecuencias de operación de las rutas remanentes se han mantenido iguales a las contempladas en el escenario sin metro, de manera que se mantengan constantes las variables entre las dos situaciones, menos aquella cuya influencia se desea estudiar (nueva demanda de transporte asignada a la red de servicios públicos en la que se agregó el nuevo servicio de PLM).³

b) Infraestructura TransMilenio

La red de troncales TransMilenio incluye Fase III (Cra. 10ª, Calle 26, y Cra. 7ª), la conexión troncal CI 72 entre Caracas y Cra 7ª, la troncal CI 6 entre NQS y Cra 10ª y la extensión NQS hacia Soacha. La configuración de la Cra 7 considerada para este documento es troncal entre CI 31 y CI 72 y con carril derecho preferencial entre CI 72 y CI 100, conforme al diseño del SITP actualizado a noviembre de 2009. Estos servicios se contemplan tanto en el escenario sin metro como en el con PLM.

c) Tren de cercanías

Se considera el Tren de cercanías con los servicios Facatativá – Av. Ciudad de Cali, Tocancipa – Calle 127 y Zipaquirá – Calle 127. Los intervalos de paso simulados son 9 min, 20 min y 6 min respectivamente para la hora punta, y 18 min, 40 min y 12 min para la hora valle. Estos servicios se contemplan tanto en el escenario sin metro como en el con PLM.

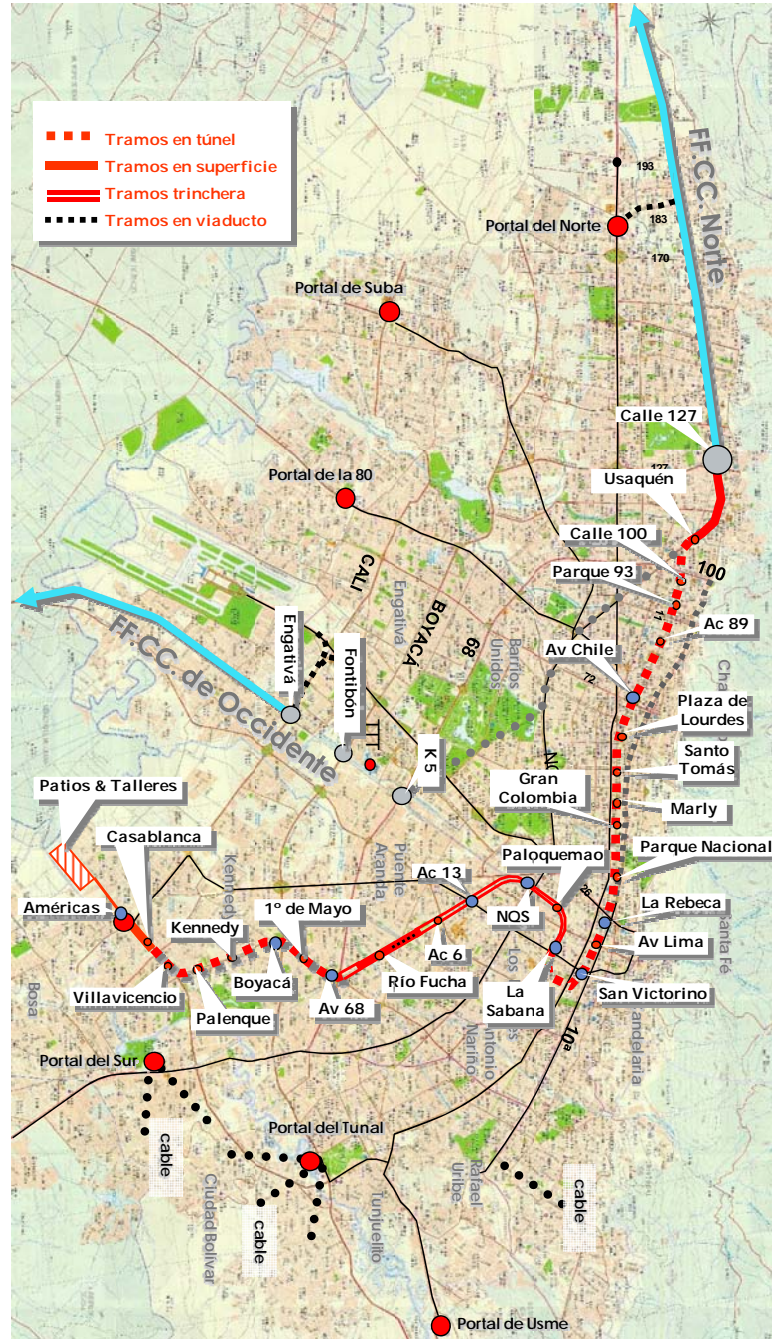
d) Primera línea de metro

La PLM simulada en el escenario correspondiente va desde el portal de las Américas hasta la Calle 127, con 3 min de intervalo de paso para la hora punta y 5 para la hora valle. Como parte del sistema de transporte masivo junto al sistema troncal TransMilenio y al Tren de Cercanías, su trazado se ve reflejado en la siguiente figura.

está descrita en el producto 25 y sintetizada en el presente documento más adelante en el apartado “estimación de la oferta diaria”).

³ Cabe mencionar que el diseño operacional determinado por la consultoría del SITP se realizó con herramientas (matrices y modelo) diferentes a las desarrolladas por el GC. Por ejemplo, el total de viajes en transporte público de la matriz 2018 del SITP arroja 750.369 en hora punta, o sea 1.7% menos que la proyectada para el mismo año por el GC. Adicionalmente, la matriz del SITP se estimó mediante el método de factor de crecimiento por zona, por lo que su distribución corresponde a una tendencia más conservadora respecto a la situación actual. Por otro lado, las frecuencias de los servicios del SITP se diseñaron contando con una ocupación y congestión vial mantenidas iguales a las condiciones actuales. No obstante, en el presente ejercicio, se ha asumido que la oferta contemplada para las simulaciones de asignación viene definida por el diseño operacional del SITP 2018 bajo la premisa que ese constituye la situación de partida del análisis, y a tal efecto se actualizaron los tiempos de recorrido determinados por el equilibrio de la asignación del privado. De esta manera se aprovechó el proceso de calibración de las funciones de demora llevado a cabo por el GC.

Figura 2-3. Primera línea de metro de Bogotá



Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 CRITERIOS TARIFARIOS CONTEMPLADOS

El sistema tarifario base considerado para el diseño operacional del SITP una vez incluida la PLM corresponde al descrito en el SITP que propone precios diferenciados según el modo. Estas tarifas resultan de los análisis realizados en base a la disponibilidad de pago y a los costes operacionales contemplados en el estudio del SITP.

El sistema tarifario considerado cuenta con una tarifa máxima objetivo de \$2100 para los usuarios que toman dos modos, con un cobro máximo de \$500 por abordaje adicional.

Los alimentadores son considerados parte del modo TransMilenio, en el sentido que si el viaje cuenta con el uso de un alimentador y una troncal, el usuario paga \$1100 del alimentador más \$ 500 del intercambio entre alimentador y troncal. Con esto se obtiene un pago final de \$ 1600 que es igual a la tarifa que paga el usuario al subirse directamente en el sistema troncal. Adicionalmente se tiene que el intercambio entre troncal y alimentador es gratis.

Al integrar el modo metro a esta estructura, en la etapa 2 se ha considerado la línea de metro como una troncal adicional, contando así con un nuevo sistema masivo compuesto por troncales TransMilenio y metro. El intercambio entre TransMilenio y metro se ha considerado sin cobro adicional, de la misma manera que no se cobra dentro del sistema troncal entre los distintos servicios troncales. De la misma manera, se considera que no hay cobro adicional para los intercambios entre líneas ferroviarias. El tren de cercanías se considera tarifariamente como el metro, siendo representado en el modelo por un solo modo "u" ferroviario.

De esta manera, se tiene como hipótesis de partida para el presente producto la matriz de tarifas correspondiente al intercambio entre modos que se presenta a continuación.

Tabla 2-4. Matriz de tarifas base

	Alimentadora	Auxiliar	Troncal TM	Ferroviano	Interurbano
Peatón	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.600,00	\$ 1.600,00	\$ -
Alimentadora	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ -
Auxiliar	\$ 300,00	\$ 800,00	\$ 800,00	\$ 800,00	\$ -
Troncal TM	\$ -	\$ 500,00	\$ -	\$ -	\$ -
Ferroviano	\$ -	\$ 500,00	\$ -	\$ -	\$ -
Interurbano	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.600,00	\$ 1.600,00	\$ -

Fuente: Elaboración propia

La tarifa básica de los servicios intermunicipales se implementa a través de un atributo de línea (@tarif), por lo que la tabla anterior sólo presenta la tarifa de conexión con los demás modos en el ámbito urbano de Bogotá.

Diferentes modificaciones a esa estructura tarifaria han sido analizadas en el producto 25 para realizar pruebas de la sensibilidad de la demanda del metro, con la cual el GC desarrolla las propuestas de modificaciones a aplicar a esta estructura tarifaria para la inclusión más óptima del modo metro como se describe en el producto 30.

3 AJUSTE FUNCIONAL DEL SITP

El modelo funcional se refiere a la **configuración de las rutas de transporte público para satisfacer las necesidades de demanda de transporte y a la manera de organizar la conexión entre los servicios** para que los usuarios puedan realizar transferencias e intercambios intermodales. En este capítulo, se propone el modelo conceptual del SITP contemplando el metro, se establece la reestructuración de las rutas de transporte alrededor de la PLM y se describen los puntos de integración entre el metro y los demás modos de transporte.

3.1 MODELO CONCEPTUAL PROPUESTO CON EL METRO

Desarrollando las recomendaciones formuladas en el producto N°05 de la etapa 2 y de cara a atender a las diferentes necesidades de movilidad, se propone conceptualizar el sistema de transporte público según los siguientes elementos jerarquizados y complementarios:

- Subsistema masivo cuya función es la de transportar rápidamente un número importante de viajeros sobre largas distancias y potenciar determinadas conexiones entre puntos de acceso. La red masiva está plasmada como una red mallada y contempla el conjunto de modos Tren de cercanías, Metro y troncales TransMilenio. En este sentido, la PLM se comporta funcionalmente como una ruta troncal.
- Subsistema alimentador atado al nivel masivo anterior para captar/distribuir la demanda en las zonas de alimentación directas de los sistemas masivos.
- Subsistema auxiliar conformado por la red mallada de autobús, la cual se concibe como un sistema flexible con múltiples orígenes y destinos dando servicio a las relaciones no cubiertas por los modos masivos. En este sentido, esta red permite ampliar la cobertura espacial del transporte público, estimular los viajes cortos, y asegurar un servicio más capilar y más flexible que ajuste más fácilmente sus características operacionales a los requerimientos de demanda.

Los subsistemas alimentador y auxiliar conforman el componente flexible complementario y recoge el conjunto de todas las rutas de tipología alimentadora, complementaria, auxiliar y especial definidas para el SITP. Estas rutas operan en condiciones de tráfico mixto. A diferencia de las rutas del componente flexible, las rutas que conforman los modos masivos operan con derecho de vía exclusivo.

Aunque el metro se considere funcionalmente como una troncal del sistema masivo, vale la pena resaltar algunas diferencias conceptuales entre el sistema ferroviario y el sistema TransMilenio frente a los demás modos. Una particularidad del sistema tronco-alimentado existente en Bogotá, que se da con el caso del sistema TransMilenio actual, consiste en segregar físicamente las funciones de captación / distribución y las funciones de servicio local, mediante rutas alimentadoras cuya misión exclusiva es de facilitar la movilización hacia la infraestructura troncal sin permitir teóricamente la realización de viajes cortos internos a las zonas de alimentación. Los nuevos servicios de alimentación complementaria propuestos en el SITP en zonas centrales en cuales la demanda interna es significativa no pueden segregarse geográficamente de los servicios locales, por lo que el concepto de rutas alimentadoras evoluciona respecto a lo que se considera en la actualidad. De la misma manera, la PLM cubre sectores centrales o áreas ya servidas por el sistema alimentador de TransMilenio, por lo que no parece oportuno crear un servicio de alimentación exclusivo hacia el metro sino que se debe intentar conectar de la mejor manera posible el nuevo servicio a la red alimentadora y local preexistente.

Por otro lado, la exclusividad de un tipo de rutas sobre corredores viales resulta en una segregación física de las rutas auxiliares que no pueden superponerse al sistema TransMilenio, y la única manera de asegurar buenos intercambios entre bus y troncal es de organizar servicios alimentadores y complementarios exclusivos que presenten una buena integración física con troncales. De cara al modo ferroviario, cualquier ruta de bus presenta una articulación parecida desde el punto de vista de la integración física y sin diferenciación frente a alimentadoras o auxiliares. Adicionalmente, la inserción de un modo ferroviario a desnivel respecto al viario (inserción elevada o subterránea) permite la

superposición de rutas de buses sobre los ejes servidos por los modos ferroviarios. En este caso, las rutas flexibles deben contar con paradas más frecuentes y por ende una velocidad comercial menor que los modos ferroviarios. De esta forma, la oferta de buses puede considerarse como complementaria y todos los modos contribuyen de forma conjunta a una mejora global de la oferta en la zona que sirven.

Por esas razones, se propone no limitar la función de captación / distribución del metro a rutas alimentadoras sino facilitar transferencias a los viajeros de todas las rutas de bus que pasen a proximidad de una estación de metro, en condiciones físicas y eventualmente tarifarias iguales⁴ sean rutas auxiliares o alimentadoras/complementarias.

Con base a este planteamiento, se intenta limitar la creación de rutas alimentadoras exclusivas para el metro en la propuesta de reestructuración de rutas presentada en el siguiente apartado.

3.2 REESTRUCTURACION DE RUTAS

La introducción del metro afectará a los demás componentes del SITP por la reasignación de la demanda sobre los distintos modos de transporte público. Si se superponen todos los modos sin la idea de articularlos, se creará una competencia, lo que redundará en una falta de eficiencia del sistema de movilidad en general. Ante esta situación, se pueden plantear 3 estrategias:

- Se deja la red preexistente (servicios TransMilenio, flexible complementario, tren) como estará, de forma paralela al nuevo modo implantado (solución aparentemente menos conflictiva desde el punto de vista político). No obstante, es una solución ineficiente en la que la oferta no se adapte a las variaciones de demanda.
- Se reorganiza completamente la red preexistente para una optimización total del sistema donde no se superponga ningún modo. Esta solución se basa en modelos de transporte que ajusten la demanda y la oferta. Sin embargo, el exceso de impacto social que genera a corto plazo la puede hacer inviable políticamente. Además, los diferentes modos aseguran distintas funciones con lo cual puede ser imprescindible mantener algunas rutas en el corredor servido por el metro (por ejemplo, líneas de buses con más paradas que el metro para atender viajes más cortos y asegurar cierta capilaridad).
- Entre estos puntos, se plantea una solución intermedia, en la que se rediseñe parcialmente la red preexistente, aprovechando el excedente para mejorar el sistema en su conjunto.

El objeto de este capítulo es proponer una modificación de los recorridos de las rutas que se superponen geográficamente al metro de manera sustancial para no generar competencia directa o a contrario modificando recorridos de rutas que adolecen de puntos de articulación para mejorar la conectividad del sistema de transporte público en su conjunto. El ajuste operacional para adaptar la oferta de servicios a la redistribución de la demanda se presenta en el capítulo siguiente con la estructura de rutas aquí definidas. El análisis y ajuste operacional por tramos, mediante el establecimiento de servicios parciales o incluso la eliminación de rutas con tráfico demasiado bajo o la modificación de la tipología vehicular, se hará en fases ulteriores una vez que el SITP se haya implementado y consolidado y que se pueda contar con observaciones de campo y encuestas de demanda.

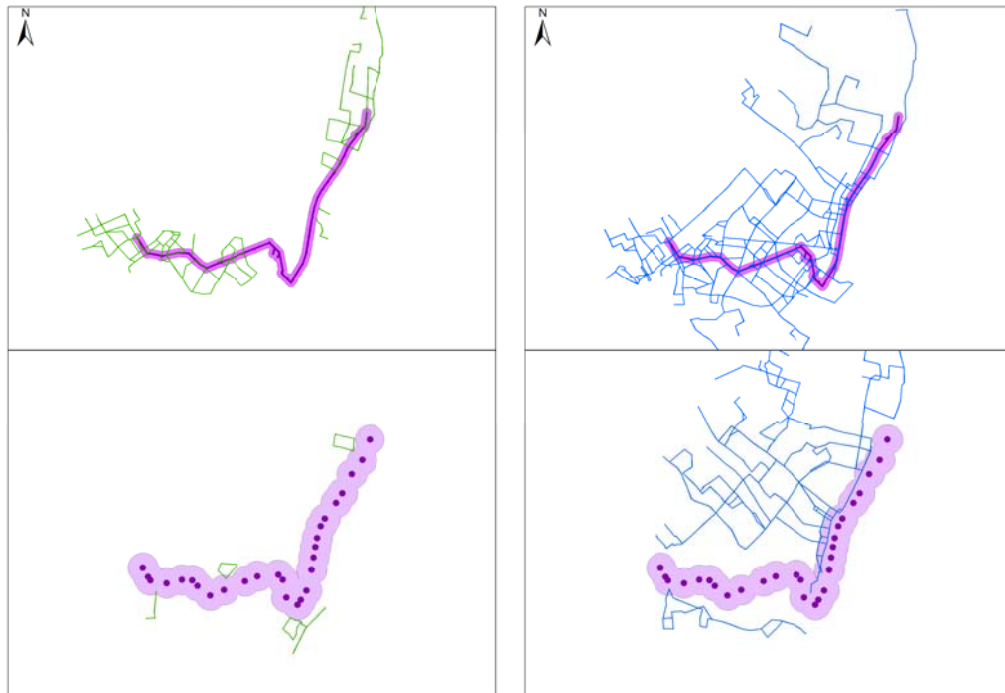
3.2.1 CRITERIOS DE MODIFICACIÓN DE RUTAS

Con la preocupación de no modificar radicalmente la estructura y la delegación de rutas del SITP que se está organizando, en un primer paso del análisis se mantiene la oferta proyectada para el escenario 2018, superponiendo la PLM a la red preexistente. Con base en esa configuración y analizando los

⁴ En el producto P30 se analizarán aquellos escenarios tarifarios que resultan más interesantes para la evaluación global de la estructura tarifaria del SITP, estimándose el total de ingresos, y costos asociados a cada escenario, y por lo tanto, definiendo su sostenibilidad o no, bajo unos supuestos claramente establecidos.

resultados de tráfico de las alimentadoras agregadas en la propuesta preliminar de la etapa 2⁵, se identificaron las rutas que presentan un solape importante con el eje de la PLM que podrían generar competencia directa o las que presentan conexiones faltantes que podrían articularse fácilmente con el metro.

Figura 3-1 Identificación de las rutas alimentadoras y auxiliares con solape significativo con el eje servido por la PLM (banda de 300m por ambos lados) o situadas a menos de 1km de una estación de la PLM



Fuente: Elaboración propia

Se propone no modificar la definición de servicios de troncales TransMilenio en cuanto a su recorrido y paradas atendidas, debido a que estos responden a una estructura funcional de la movilidad actualmente consolidada.

Partiendo de las premisas enunciadas en los apartados anteriores, se establecen entonces los siguientes criterios:

a) Eliminación de rutas

Se procede a la eliminación de rutas que circulan en el área directa de influencia de la PLM, verificando que no se afecte la cobertura en los orígenes y destinos de las rutas eliminadas.

Para las rutas alimentadoras, se propone eliminarlas si el 60% de su recorrido se encuentra en un corredor de 300m alrededor de la PLM, considerando entonces que no cumplen más con su misión de captar/distribuir la demanda en las zonas no cubiertas por los sistemas masivos.

⁵ En una aproximación preliminar de la reestructuración de rutas, en la etapa 2 se propuso agregar rutas alimentadoras nuevas para mejorar la conectividad del metro hacia zonas que no contasen con alimentadores previos. Para el presente ejercicio, se mantuvieron únicamente los recorridos que efectivamente presentaban una demanda suficiente para justificar el servicio, prefiriendo en la medida del posible modificar el recorrido de rutas preexistentes en vez de crear nuevas rutas.

Para las rutas auxiliares, se propone eliminar las que recorren más de un 50% de la longitud del trazado del metro, definiendo de la misma manera el área de influencia de la PLM como una banda de 300m alrededor del trazado del metro.

También se propone eliminar rutas auxiliares cuyos orígenes-destinos pueden ser atendidos por el sistema masivo independientemente de su grado de solape físico con el corredor metro.

b) Modificación de rutas

Se propone la modificación de rutas para mantener la cobertura sin generar competencia directa en el corredor metro y para mejorar la conexión con el metro. Los ajustes principales se refieren a recortar, prolongar o modificar el recorrido existente por algunos tramos.

Para rutas alimentadoras y complementarias a troncales TransMilenio (modo "a" del modelo de transporte), se propone aprovechar su existencia para alimentar también al metro. Se identifican las que interceptan el corredor de 300m alrededor de la PLM y se modifica su recorrido o su codificación de manera que permitiera el abordaje y la bajada tanto en estaciones de Metro y TransMilenio indistintamente. Asimismo, se propone prolongar las rutas que tienen una extremidad situada a menos de 1km de una estación de metro, considerando que la conexión con el metro es fundamental para su optimización.

Para rutas auxiliares (modo "b"), siempre y cuando solapan con el corredor metro sobre más del 30% de la longitud del trazado del metro o que el 40% de su propio recorrido se encuentra en el corredor metro, se propone recortar el tramo que atiende al área servido por el metro y eventualmente se modifica su recorrido para que la nueva extremidad se conecte a una estación metro. Por otro lado, se propone prolongar hacia la PLM las rutas que tienen una extremidad situada a menos de 1km de una estación de metro. Las estaciones hacia cuales se intenta prolongar rutas de manera preferencial son las que presentan el mayor potencial como intercambiador: Calle 127, Ac72 Chile, San Victorino, estación de la Sábana, Av 68 o las que se encuentran más próximas al recorrido de las rutas.

c) Creación de rutas

Creación eventual de rutas exclusivas de alimentación desde áreas con baja cobertura y conectividad.

La remodelación de rutas propuesta se realiza según los mismos criterios en hora punta y hora valle.

3.2.2 PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN DE RUTAS

Aplicando los criterios anteriores, se propone las modificaciones sobre las rutas presentadas a continuación. En el caso que un criterio de modificación definido por intercepción geográfica aplicaba a sólo un sentido de una ruta, la propuesta de modificación se ha reflejado sobre el sentido inverso, de manera que las rutas sigan siendo simétricas.

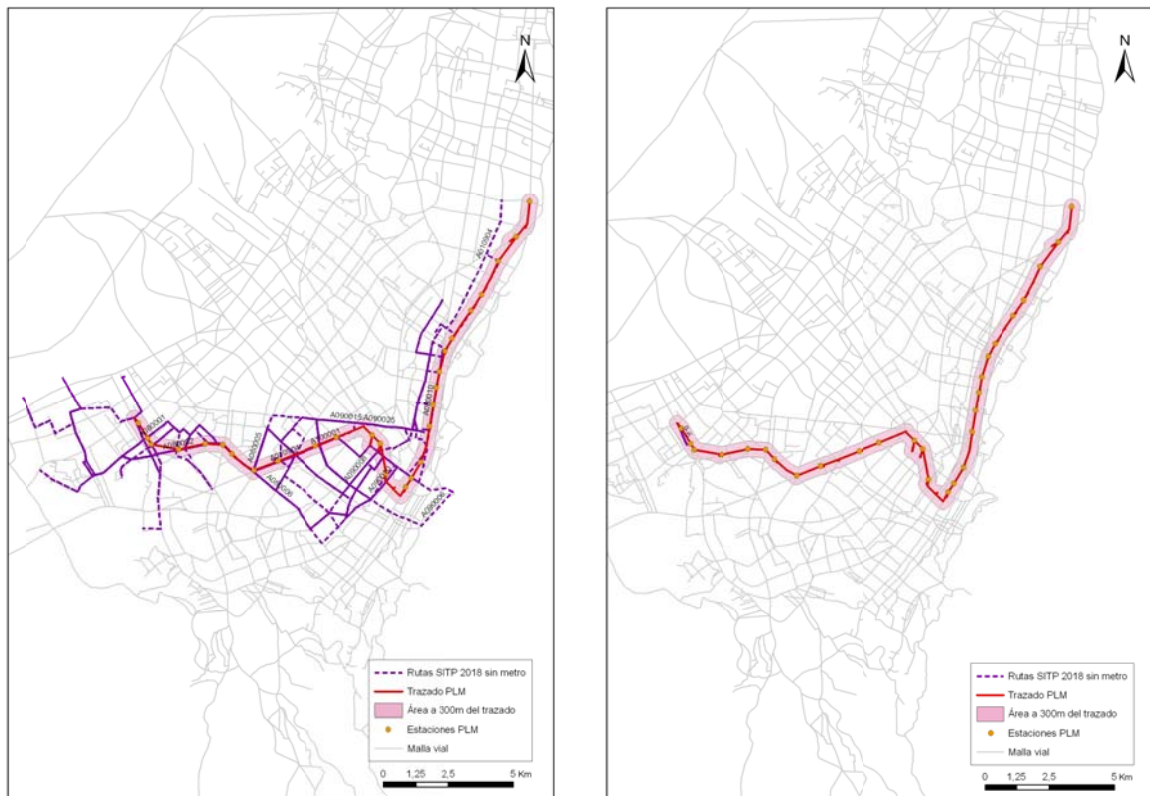
Se ha verificado que la función de las rutas auxiliares modificadas no se vea modificada por la remodelación propuesta, es decir que no se sobrecargue el único tramo a proximidad de la conexión con el metro por lo que se justificaría agregar un servicio más corto.

A continuación se presentan los resultados de la reordenación propuesta de forma gráfica y listando en cada caso los servicios afectados (por líneas diferenciando los sentidos de una ruta).

a) Eliminación de rutas

Se eliminaron un total de 13 líneas auxiliares (12 rutas) y 1 alimentadora.

Figura 3-2 Propuesta de reordenación: Eliminación de auxiliares y alimentadoras



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-1. Líneas eliminadas

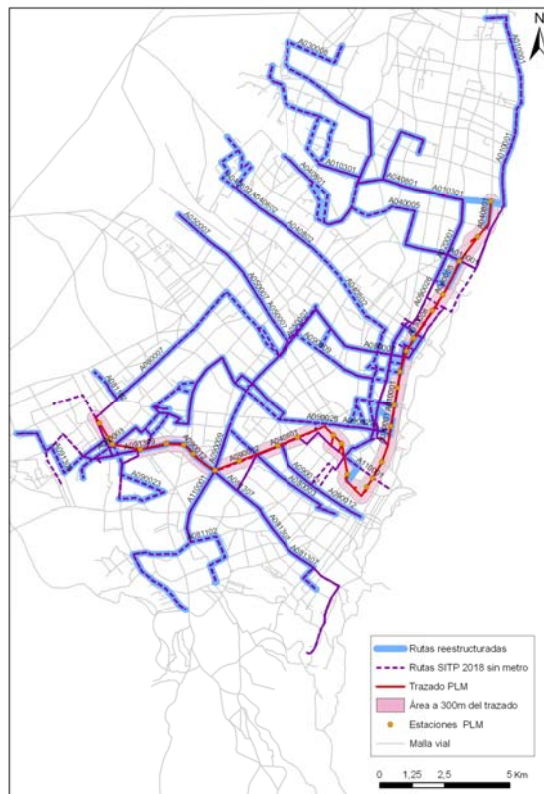
NOMBRE SITP	ID	Modo	NOMBRE SITP	ID	Modo
A080001	113B-3	Aux	A090008	252-3	Aux
A090006	120-3	Aux	A100001	451-3	Aux
A080002	121-3	Aux	A090010	496-3	Aux
A080005	172-3	Aux	A080010	593-3	Aux
A080006	188-3	Aux	A090015	731-3	Aux
A010904	192-1	Aux	A090025	E26A-3	Aux
A010904	192-2	Aux	9-6	L44113	Alim

Fuente: Elaboración propia

b) Modificación de rutas

Se recortaron 25 líneas (18 rutas) auxiliares.

Figura 3-3 Propuesta de reordenación: Recortar auxiliares



Fuente: Elaboración propia

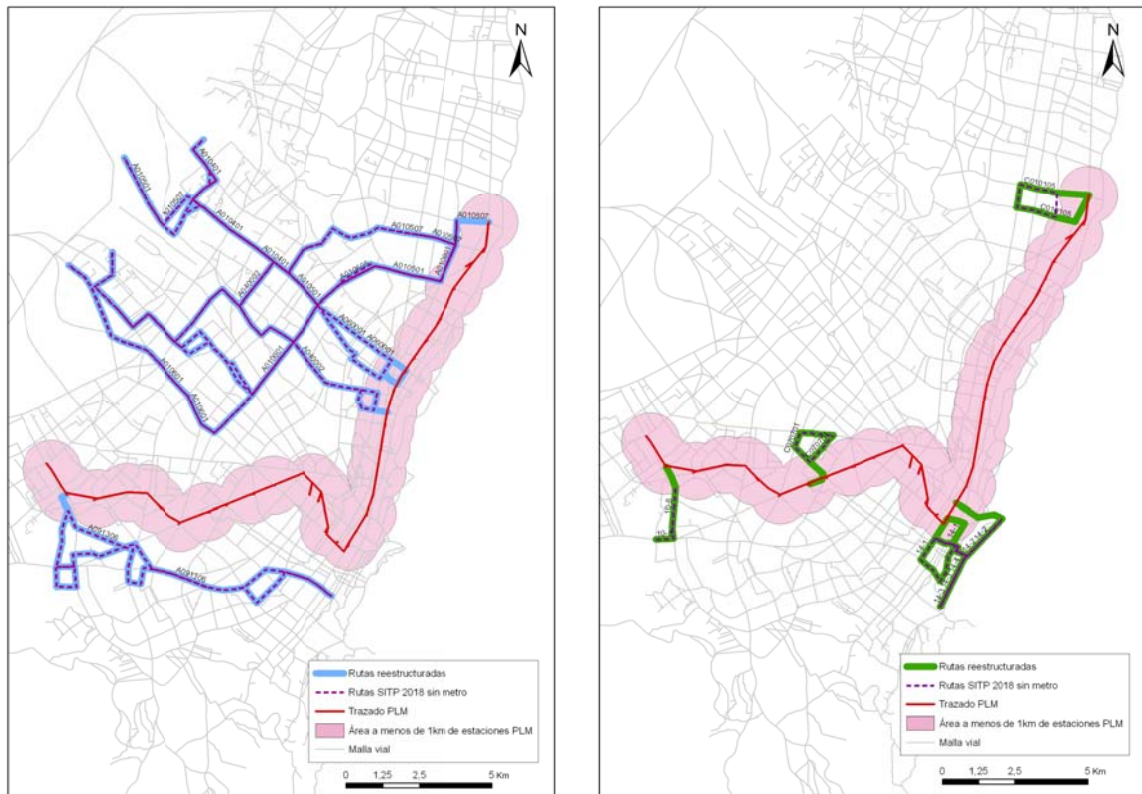
Tabla 3-2. Líneas cortadas

NOMBRE SITP	ID	Modo	NOMBRE SITP	ID	Modo
A020001	107B	Aux	A090012	552-1	Aux
A040801	108-1	Aux	A090012	552-2	Aux
A040801	108-2	Aux	A081102	733-1	Aux
A040802	112-1	Aux	A081102	733-2	Aux
A040802	112-2	Aux	A030008	849-3	Aux
A110001	143-3	Aux	A090023	C52-3	Aux
A080003	162-3	Aux	A090026	E72-3	Aux
A010301	169-3	Aux	A081307	Nue3-1	Aux
A040005	193B-3	Aux	A081307	Nue3-2	Aux
A080007	265-3	Aux	A091309	P3-3	Aux
A090009	367-3	Aux	A050007	P50011	Aux
A010001	544B-1	Aux	A050007	P50012	Aux
A010001	544B-2	Aux			

Fuente: Elaboración propia

Se prolongaron 12 líneas (8 rutas) auxiliares y 7 alimentadoras.

Figura 3-4 Propuesta de reordenación: Prolongar auxiliares y alimentadoras



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3. Líneas prolongadas

NOMBRE SITP	ID	Modo	NOMBRE SITP	ID	Modo
A060001	136-3	Aux	A010507	C25-2	Aux
A010601	200-1	Aux	A091306	C29-3	Aux
A010601	200-2	Aux	14-1	A11243	Alim
A010605	364-3	Aux	14-2	A11253	Alim
A010501	37-1	Aux	14-3	A11263	Alim
A010501	37-2	Aux	14-4	A11273	Alim
A010401	54-1	Aux	C010105	A88233	Alim
A010401	54-2	Aux	C070701	Calle3	Alim
A040002	56B-3	Aux	10-8	olarte	Alim

A010507	C25-1	Aux			
---------	-------	-----	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Se modificaron 9 alimentadoras y se verificaron 22 alimentadoras para que permitan el abordaje y la bajada en estaciones de la PLM y de TransMilenio indistintamente.

Figura 3-5 Propuesta de reordenación: Modificar alimentadoras



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4. Líneas alimentadoras modificadas

NOMBRE SITP	ID	Modo	NOMBRE SITP	ID	Modo
A010103	346-3	Alim	A010105	E3-3	Alim
A010104	379-3	Alim	C080802	MundoA	Alim
C070703	A44173	Alim	C080801	Nue8-3	Alim
C010107	Boscal	Alim	8-8	timiza	Alim
E010001	E00023	Alim			

Fuente: Elaboración propia

c) Creación de rutas

Se agregó una sola ruta alimentadora adicional, llamada AR12, la cual permite conectar el barrio de Sagrado Corazón a la estación de metro Ac34 Parque Nacional.

Figura 3-6 Propuesta de reordenación: Agregar alimentadoras



Fuente: *Elaboración propia*

Para visualizar mejor la propuesta de reestructuración de rutas, se propone a continuación la representación gráfica de los cambios en la oferta del escenario con PLM reestructura frente al escenario de partida sin metro.

Figura 3-7 Diferencias en el número de líneas por arco entre el escenario de partida 2018 sin metro y el escenario 2018 con PLM reestructurado



Fuente: Elaboración propia

Una vez implantada la propuesta de modificación de rutas, se propone ajustar la oferta de servicio a la redistribución de la demanda. El redimensionamiento de la oferta de todas rutas del transporte público, incluso troncales e intermunicipales, se presenta en el capítulo 4.

3.3 PUNTOS DE INTEGRACIÓN

La integración del nuevo modo masivo de transporte metro en el complejo sistema de transporte de la ciudad resulta fundamental para su correcto funcionamiento, sin embargo es imprescindible tener en consideración este objetivo a la hora de diseñar cada uno de los aspectos que componen el metro. En este sentido, se presenta a continuación el análisis de las distintas integraciones con las que cuenta el metro a lo largo del trazado, describiendo el tipo de modo con el cual intercambiará pasajeros.

Los análisis se hacen en relación a las posibles conexiones, la logística de los intercambios y la integración física. Para ello se han clasificado los tipos de integración como sigue:

- Conexiones Metro con demás modos masivos

- Articulación Metro- flexible complementario

En este sentido se tiene que el metro presenta conexiones con otros modos masivos en 14 estaciones, 1 intercambio con el Tren de cercanías en el terminal de la Calle 127 y 13 intercambios con TransMilenio, como se indican a continuación.

Tabla 3-5. Estaciones de integración con troncales TransMilenio

INTERCAMBIOS PLM CON TRANSMILENIO
Portal de las Américas
Ac13
NQS
La Sabana
San Victorino
La Rebeca
Ac34-Parque Nacional
Ac42- Gran Colombia
Marly
Santo Tomás
Plaza de Lourdes
Av 72 Chile
Calle 100

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la integración del metro con el resto de modos que componen el transporte público previsto en el SITP para el año 2018 se tiene que todas las estaciones cuentan con integración.

A continuación se presenta el análisis de integración de cada una de las estaciones.

Todas las estaciones han sido analizadas para poder implantar en las proximidades de los accesos estaciones de Buses auxiliares o alimentadores al sistema. En fases posteriores deberá concretarse qué rutas son las más adecuadas y la mejor ubicación de estas paradas dependiendo de la demanda y disponibilidad de espacio.

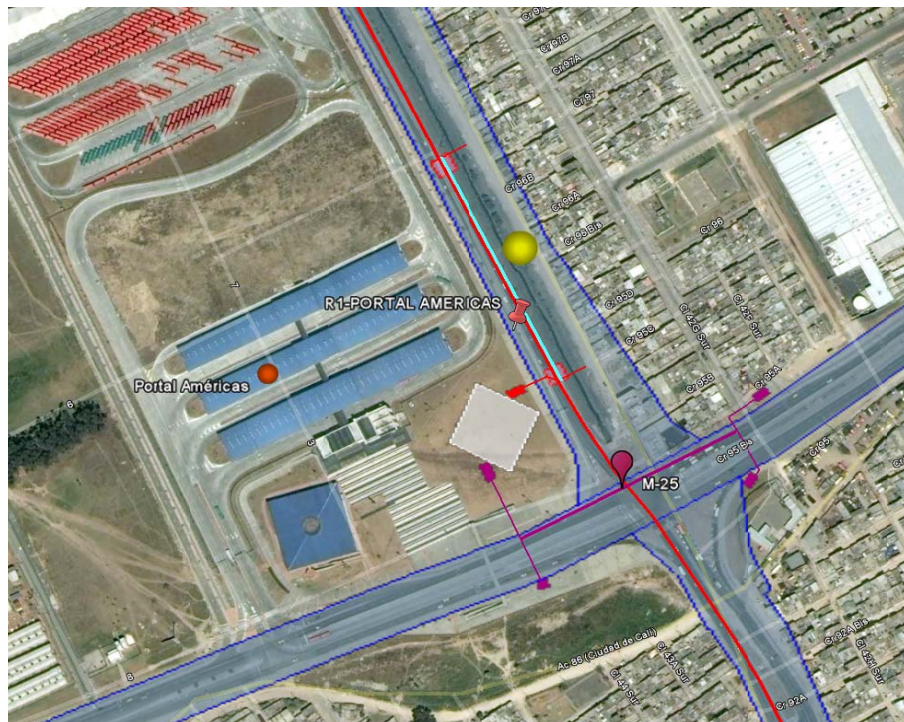
Estas paradas deberán situarse lo más próximas a los accesos reduciendo al máximo los recorridos de conexión entre ambos sistemas, recomendándose que no se superen los 6 minutos o los 200m de distancia.



3.3.1 PORTAL AMÉRICAS

Esta estación se localiza junto al actual Portal Américas de TransMilenio y por lo tanto el proyecto conceptual definido en el Producto 28 prevé una conexión directa entre ambos sistemas.

En la red propuesta para el SITP en el escenario 2038 se plantea otra línea de metro por la Avenida de Cali con una estación junto al portal por ello en el momento del diseño de ejecución de esta nueva línea deberá analizarse la conexión entre ambas estaciones y el portal de TransMilenio. Aunque en los planos del Producto 28 se plantea un acceso simple (año 2018) en la imagen adjunta se propone un edificio de acceso a ambas líneas que además sirva de conexión con el sistema TranMilenio.

Figura 3-8 Propuesta de Integración: Portal Américas



-  Propuesta de parada de buses del flexible complementario
-  Propuesta de edificio de acceso futuro para las dos líneas

Fuente: Elaboración propia

La estación se localiza del lado del portal accediendo al lado puesto por medio de sendas pasarelas peatonales sobre el canal existente facilitando la conexión y el acceso del lado del Tintal Norte a ambos sistemas (Metro y TransMilenio). (Ver plano PL002 del Producto 28)

En el lado Norte se propone habilitar una zona para parada de Buses auxiliares a una distancia de 95m a cada uno de los accesos.

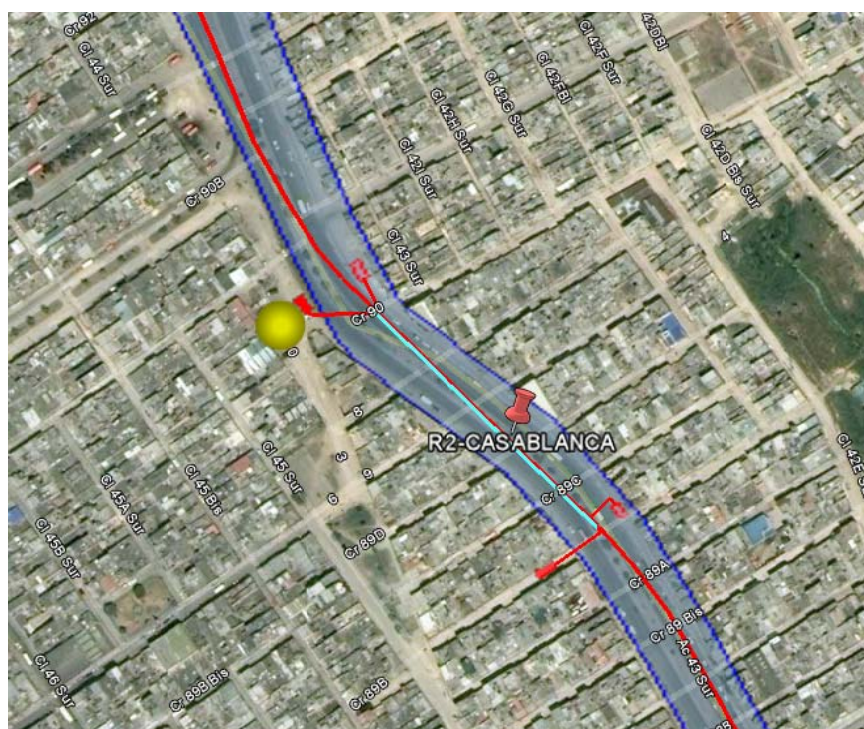
3.3.2 CASABLANCA


En esta estación, situada sobre la Avenida Villavicencio se propone la implantación de una estación o paradero de buses auxiliares junto al acceso Noroeste a 15m de distancia.

Frente a la Carrera 89D existen unos terrenos que podrían albergar una estación de mayores dimensiones quedando equidistante a los dos accesos de la estación de metro.

Por otro lado la Carrera 90B y la Carrera 91 disponen de mediana central ajardinada y mayor número de carriles de modo que podrían ubicarse paradas de buses auxiliares, estando la más alejada a 200m de distancia del accesos Noroeste.

Figura 3-9 Propuesta de Integración: Casablanca



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 VILLAVICENCIO

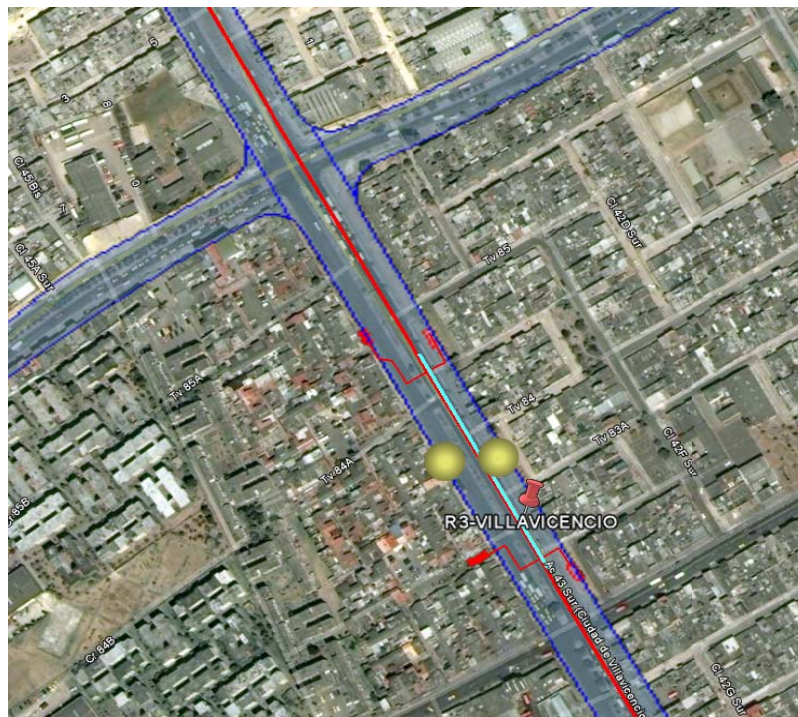
La estación Villavicencio se localiza en una zona muy urbanizada y con poca disponibilidad de espacios sin urbanizar para ubicar una estación de buses auxiliares de grandes dimensiones en las proximidades.


En el eje de la estación y en la misma avenida Villavicencio existen unas zonas ajardinadas que podrían habilitarse para colocar paradas de buses en ambos sentidos de la circulación y equidistantes de los dos accesos al metro, a 95m aproximadamente.

Por el Noroeste se encuentra la Avenida Agoberto Mejía a 120m de distancia del acceso al metro, donde ya existe una ruta de Buses auxiliares que se mantiene y que sirve de alimentadora al metro.

(Ver plano PL004 del Producto 28).

Figura 3-10 Propuesta de Integración: Villavicencio



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

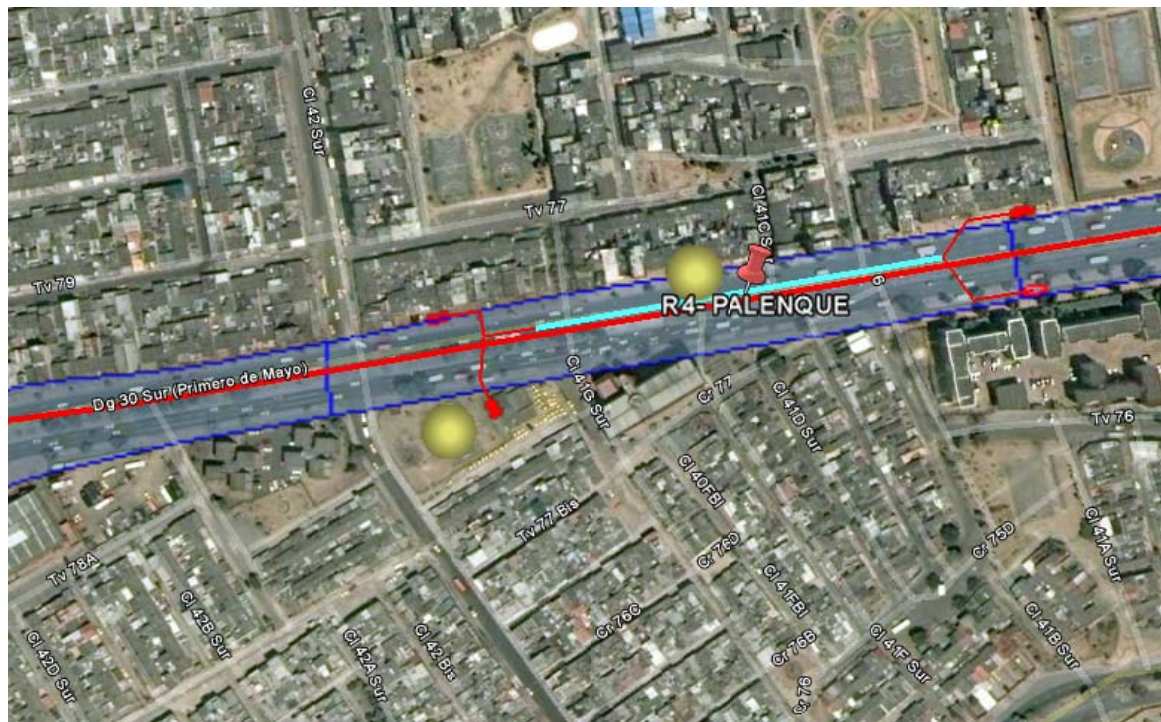
3.3.4 PALENQUE


La estación Palenque se localiza en una zona muy urbanizada pero con algunos espacios libres donde ubicar paradas de buses auxiliares en las proximidades de los accesos a la estación en la Avenida 1° de Mayo. En el extremo Sur Oeste se existe un predio libre de edificación que permitiría ubicar una estación próxima al acceso al metro, a 15m.

En la misma Avenida 1° de Mayo dirección Villavicencio y equidistante de los dos accesos al metro, a 95m, se podría ubicar otra parada de buses reduciendo el nacho del andén actual sin necesidad de reducir calzada.

(Ver plano PL005 del Producto 28)

Figura 3-11 Propuesta de Integración: Palenque



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 KENNEDY

En esta zona la trama urbana es muy densa dejando muy pocas posibilidades para ubicar una parada de autobuses auxiliares de grandes dimensiones por lo que las posibles paradas deberán ubicarse en la avenida 1° de Mayo o tal y como se observa en la imagen adjunta:

- a 60m en la Calle 40Sur (dependiendo del proyecto viario previsto)
- a 170m en la Carrera 74

Figura 3-12 Propuesta de Integración: Kennedy



● Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

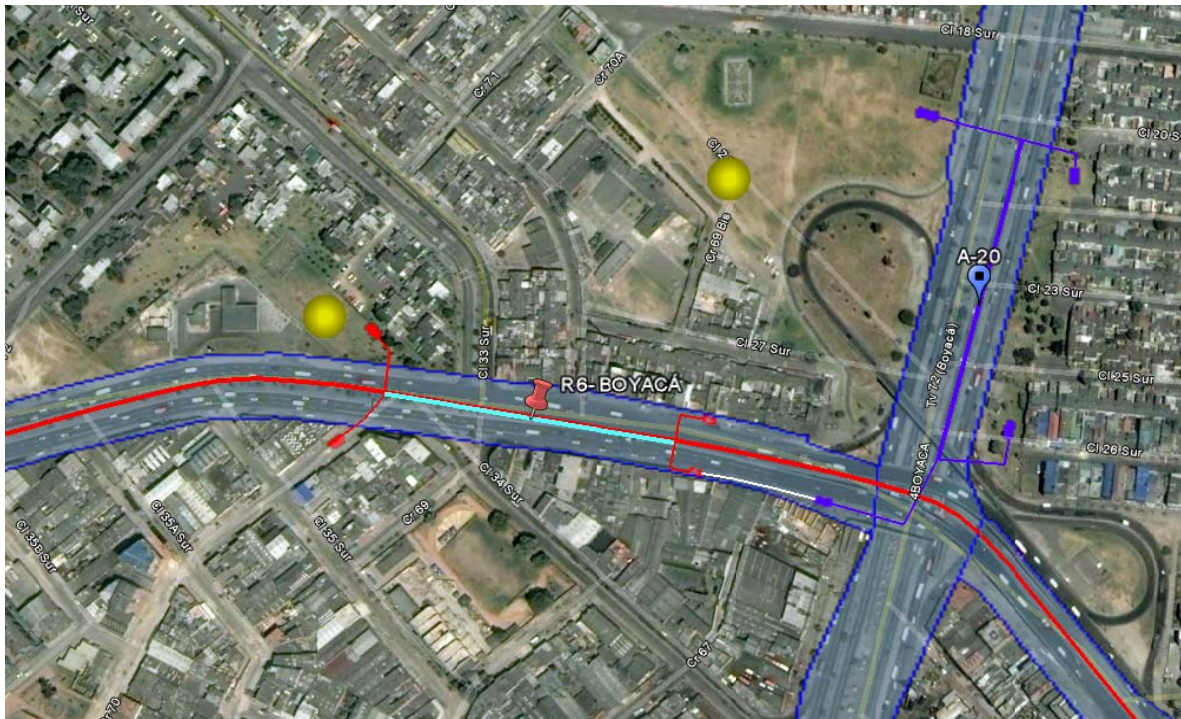
Tal y como se aprecia en la imagen está previsto una actuación vial importante en las inmediaciones en la Calle 40Sur, por ello el proyecto de ejecución de la estación deberá coordinarse con dicho proyecto.


3.3.6 BOYACÁ

La estación Boyacá es una estación de intercambio con la futura estación de la Línea Azul propuesta en la Red de metro para el año 2038. En esta estación se propone un estacionamiento de buses auxiliares en el extremo Noroeste en los predios próximos al acceso de la estación en esta zona, a 15m.

Cuando se construya la estación de la línea azul podría implantarse otra estación de buses en la calle 21 Sur.

Figura 3-13 Propuesta de Integración: Boyacá



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

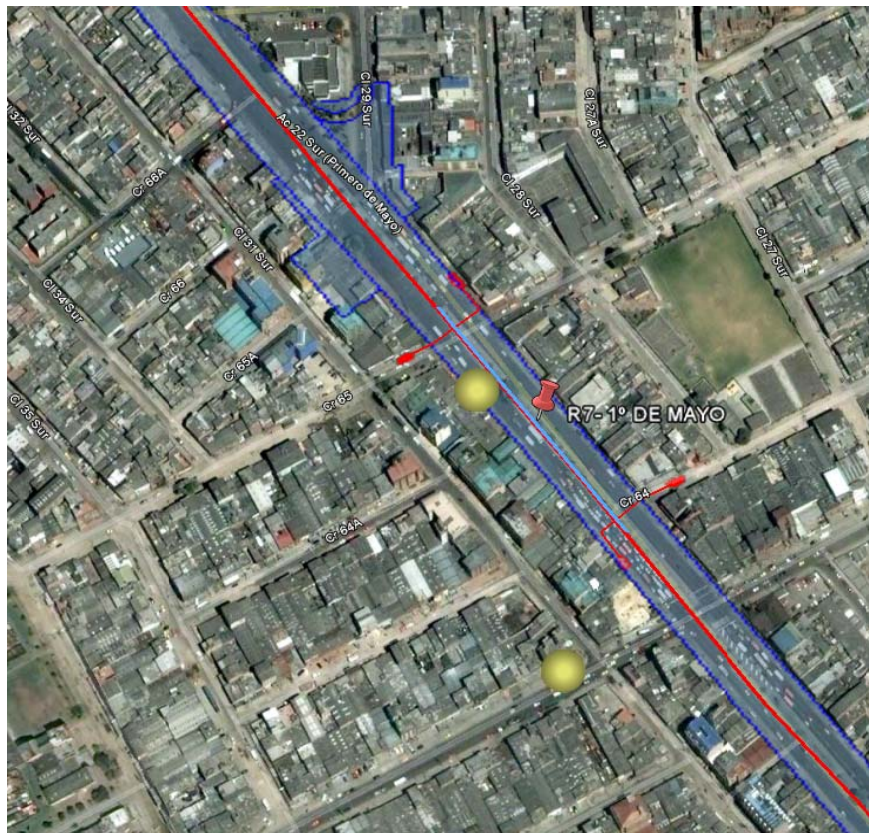
Cuando se diseñe la estación de la línea azul deberá analizarse la conexión entre ambas estaciones posiblemente por el acceso Sur tal y como se apunta en la imagen, puesto que son las que están más próximas.


3.3.7 1º DE MAYO

En esta estación nos encontramos con una situaciónn muy difícil para ubicar una estación de buses auxiliares de grandes dimensiones pero si sería posible pensar en una parada en la misma avenida 1º de Mayo centra con la estación ,es decir alrededor de los 100m de distancia de los accesos .(Ver plano PL008)

Por otro lado en la Carrera 63 sería posible ubicar otra estación o parada de buses quedando a 120m del acceso más próximo.

Figura 3-14 Propuesta de Integración: 1º de Mayo



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

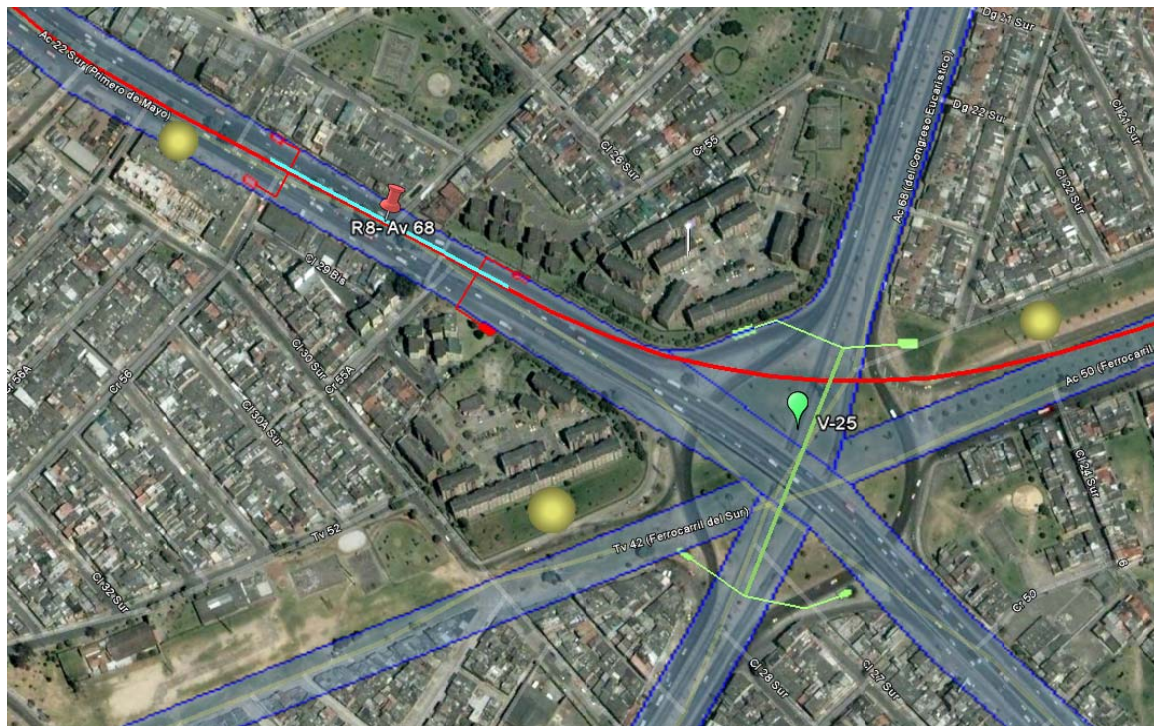
3.3.8 AVENIDA 68


Esta estación es la última de este tramo subterráneo de la PLM. La estación denominada Avenida 68 deberá conectarse a futuro con la estación de la Línea Verde propuesta en la red para el año 2038.

Por disponibilidad de espacio el proyecto conceptual propone la ubicación de una estación de buses auxiliares en la Avenida del Ferrocarril al Suroeste de la glorieta de intersección de la Avenida 68 con la Avenida 1° de Mayo, tal y como se muestra en la imagen adjunta, esta estación se encuentra a 200m del acceso Sureste. También se propone una para en la misma Avenida 1° de Mayo al Noroeste a 20m.

Cuando entre en funcionamiento la línea verde se podría implantar una estación de mayores dimensiones en la avenida del Ferrocarril Sur hacia el Norte tal y como se observa en la imagen.

Figura 3-15 Propuesta de Integración: Avenida 68



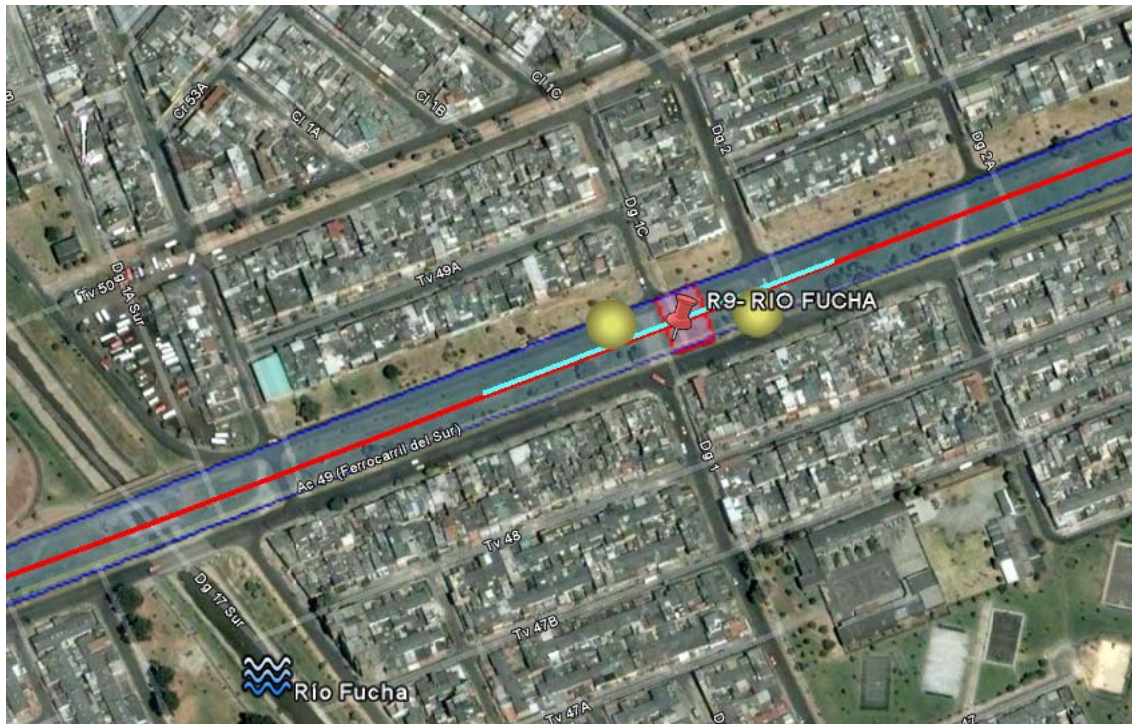
 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

3.3.9 RÍO FUCHA

Esta estación se ubica en superficie una vez la línea sale del túnel y pasa sobre el río Fucha del cual toma el nombre. El proyecto propone una parada de buses auxiliares a ambos lados de la estación por ello se ha diseñado una conexión peatonal mediante rampas y paso elevado sobre las vías del metro. (Ver plano PL010).

Figura 3-16 Propuesta de Integración: Río Fucha



● Propuesta de parada de buses del flexible complementario

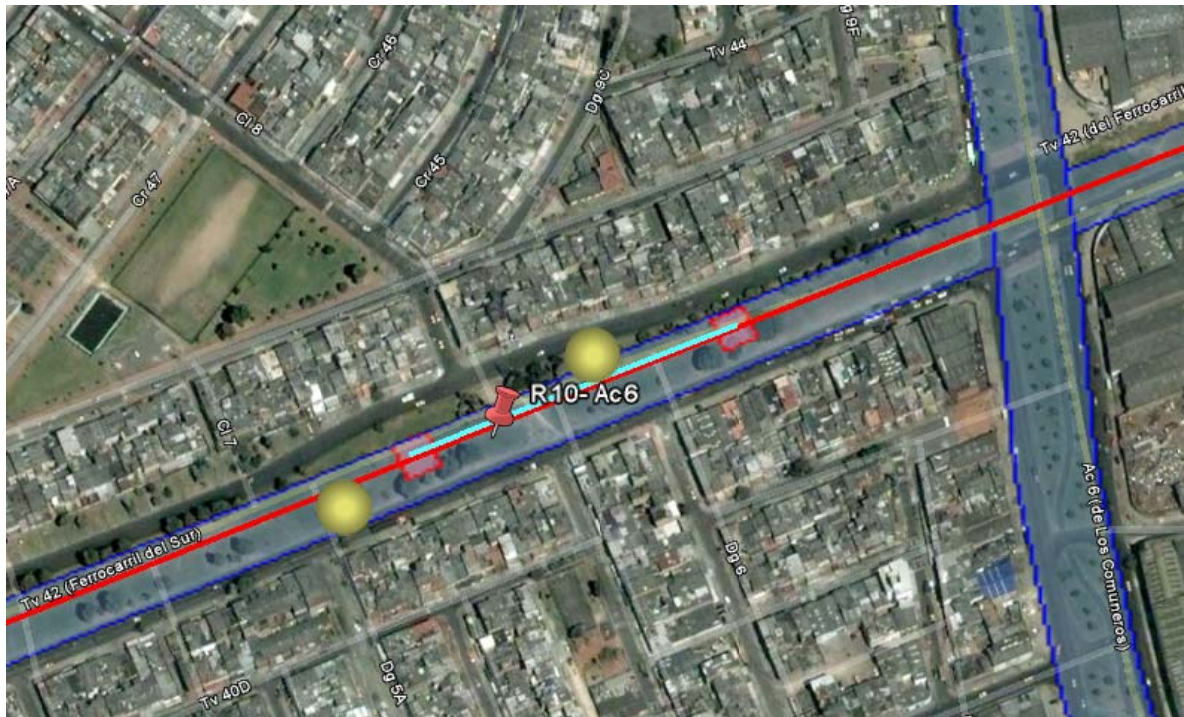
Fuente: Elaboración propia


3.3.10 AC 6

La estación Ac 6 se localiza próxima a la calle 6. Las vías están a una cota inferior a la de la calle, el trazado discurre semienterrado en este tramo y por lo tanto pasan bajo la Ac 6. Al igual que en la estación precedente existe espacio suficiente junto a la estación para ubicar paradas de buses auxiliares a ambos lados de la traza.

Las paradas estarían a 40m al Sur Oeste y a 60m al norte en paralelo a los andenes.

Figura 3-17 Propuesta de Integración: Ac 6



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

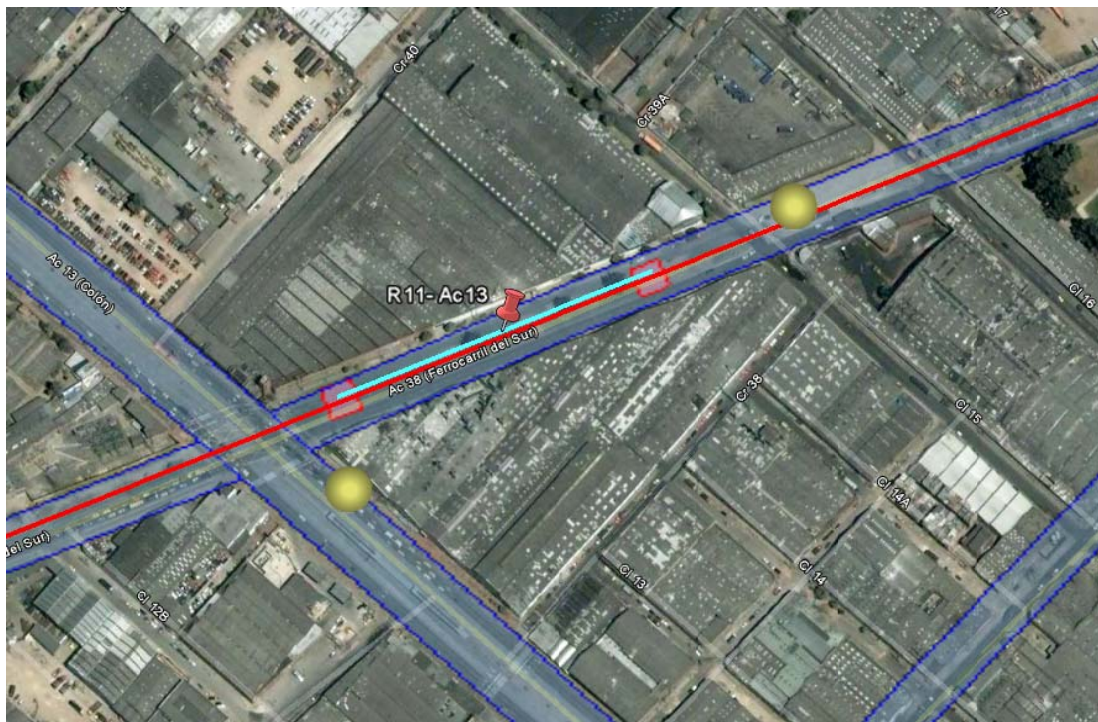
Fuente: Elaboración propia


3.3.11 AC 13

El trazado del metro en esta zona se mantiene semienterrado con una estación similar en configuración a la estación Ac 6. En este caso la estación además se conecta desde la calle con la ruta del TransMilenio que discurre por la calle 13 en la estación existente, al Sur de la PLM. En paralelo a esta estación de TransMilenio cabe la posibilidad de ubicar una parada de buses auxiliares en el mismo lado de la estación de metro y a una distancia de 40m andando.

Por el extremo Norte a aproximadamente 70m sería posible ubicar otra parada o incluso en la misma calle 15.

Figura 3-18 Propuesta de Integración: Ac 13



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

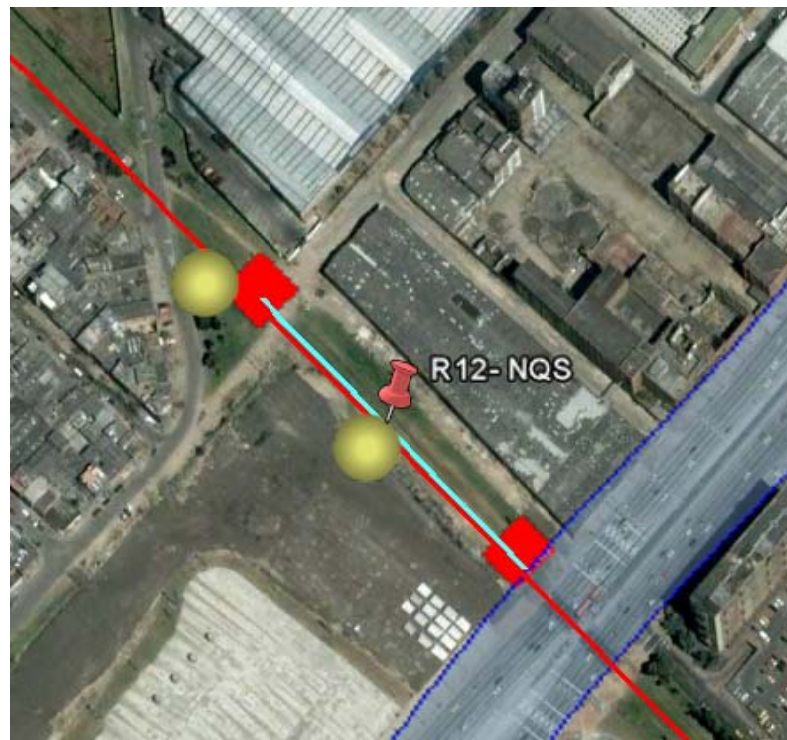
3.3.12 NQS


La estación NQS es una estación especial pues en ella confluyen el Metro y la ruta de TransMilenio de la NQS (se propone desplazar o añadir una parada de Transmilenio frente al acceso Noroeste de metro para conectarlos). Esta es una de las estaciones con mayor demanda de usuarios por lo que deberá analizarse en detalle en el proyecto de ejecución correspondiente.

El proyecto conceptual propone una estación de buses auxiliares frente al vestíbulo Noroeste de la estación a 10m de distancia. En el producto 28 se propone una zona de estacionamiento al Sur de la estación y en paralelo a los andenes, equidistante de los dos accesos (95m) que igualmente podría adaptarse para estacionamiento de buses, en función de la demanda de la zona.

(Ver plano PL013 – Producto 28 Anexo planos)

Figura 3-19 Propuesta de Integración: NQS



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

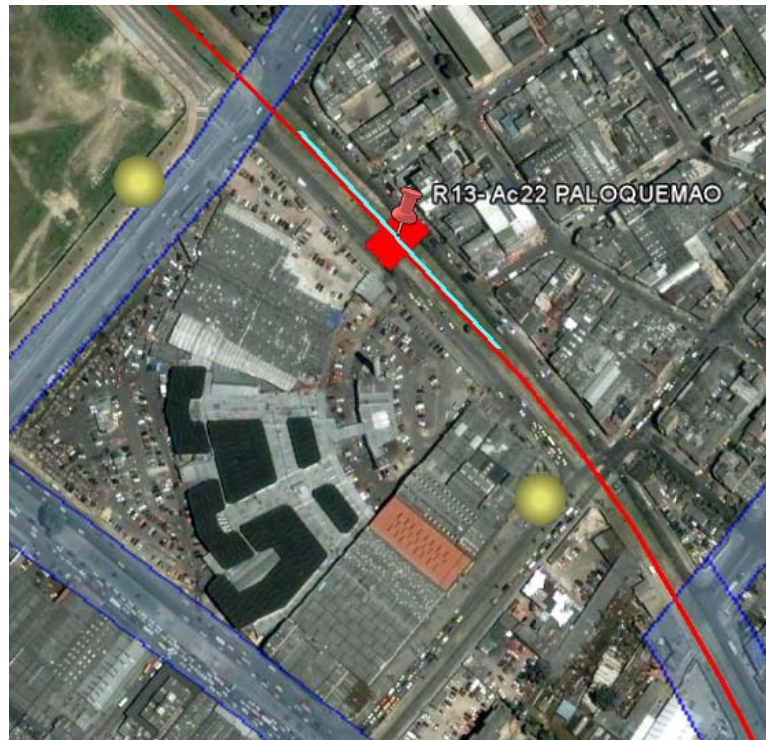
Fuente: Elaboración propia


3.3.13 PALOQUEMAO

Paloquemao es la última de las estaciones semienterradas de la línea y se localiza frente al mercado del mismo nombre. Junto a la estación, el vestíbulo Sur está conectado con el parqueadero del mercado. En esta estación no se prevé que tenga parada el tren de cercanías si este continúa hasta la estación de La Sabana (en el caso que no se quedara este en la Avenida Ciudad de Cali).

El proyecto conceptual propone la ubicación de una parada de buses en la carrera 22 en paralelo al predio libre de edificación a 190m del acceso Noroeste del metro. También se propone analizar la implantación de otra parada en la carrera 23 al Sur de la línea y a 170m aproximadamente del vestíbulo de la estación.

Figura 3-20 Propuesta de Integración: Paloquemao



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

3.3.14 LA SABANA

La estación de La Sabana es una estación entre pantallas del tipo de las estaciones subterráneas debido a la profundidad a la que se localizan los andenes pero en este caso es una estación que se encuentra en parte al aire libre.

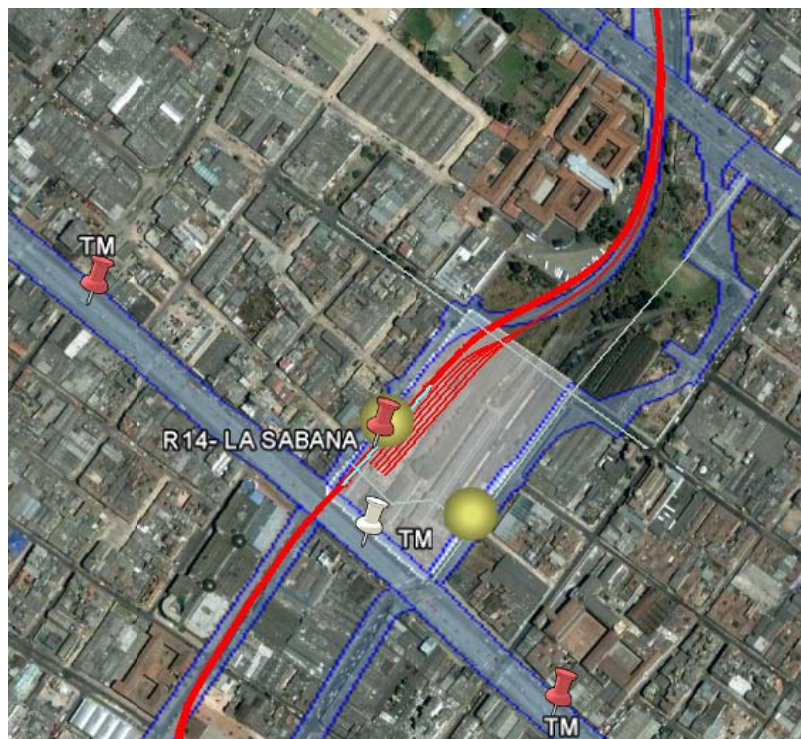
Aprovechando este desnivel el proyecto conceptual propone diferentes conexiones entre los diversos sistemas de transporte público que se localizan en la zona: Metro y TransMilenio de la calle 13.

El proyecto propone incorporar una nueva estación o desplazar alguna de las dos estaciones existentes de TransMilenio frente a la nueva estación de metro para facilitar la conexión (Ver Plano PL0015). Esta es una estación clasificada como Especial por la gran actuación urbanística implícita.

En las calles perpendiculares a la calle 13 que bordean la estación, se prevé ubicar paradas de buses auxiliares y alimentadores:

- En la carrera 19 equidistante con los dos accesos, a 95m
- En la carrera 18 o Mariscal Sucre a 140m.

Figura 3-21 Propuesta de Integración: La Sabana



● Propuesta de parada de buses del flexible complementario

3.3.15 SAN VICTORINO

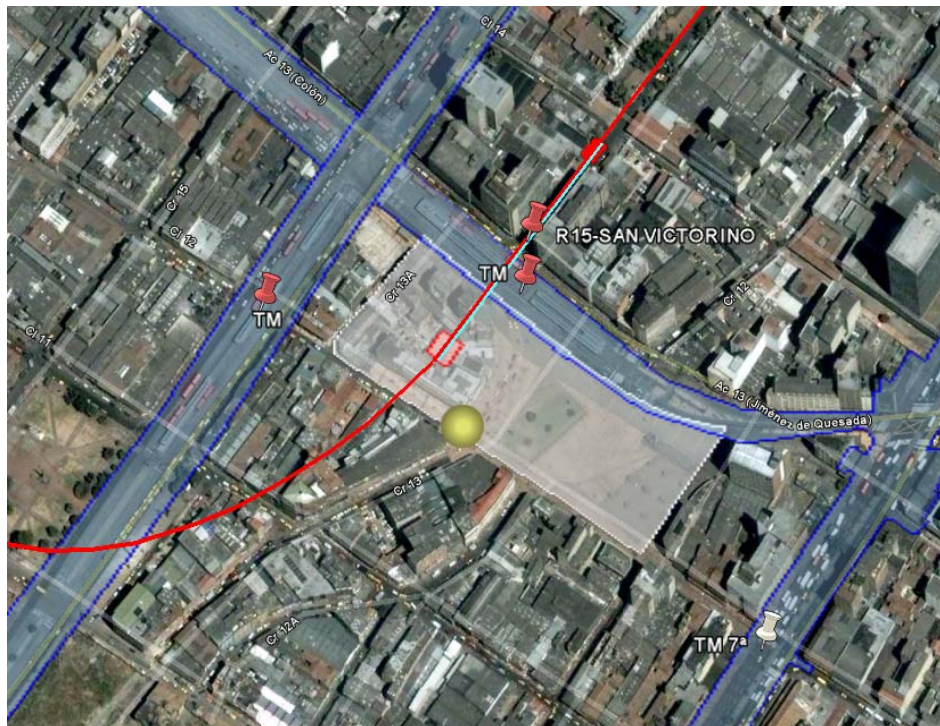
Al igual que la estación precedente esta es una estación con gran cantidad de conexiones aunque en este caso únicamente con el sistema TransMilenio (diversas rutas). El proyecto propone realizar una actuación de renovación urbana importante en la zona mediante una plaza en dos niveles y una zona comercial importante.


La ubicación del vestíbulo Sur de la estación se encuentra en un punto estratégico que facilita la conexión con la ruta de TransMilenio de la carrera 14 (a 120m), la ruta de la calle 13 (a 60m) y la futura ruta por la carrera 10ª (a 270m).

Frente a la carrera 13 y próximo al acceso Sur de la estación de metro se propone ubicar una parada de buses auxiliares a 50m.

(Ver plano PL016 y PL016B).

Figura 3-22 Propuesta de Integración: San Victorino



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

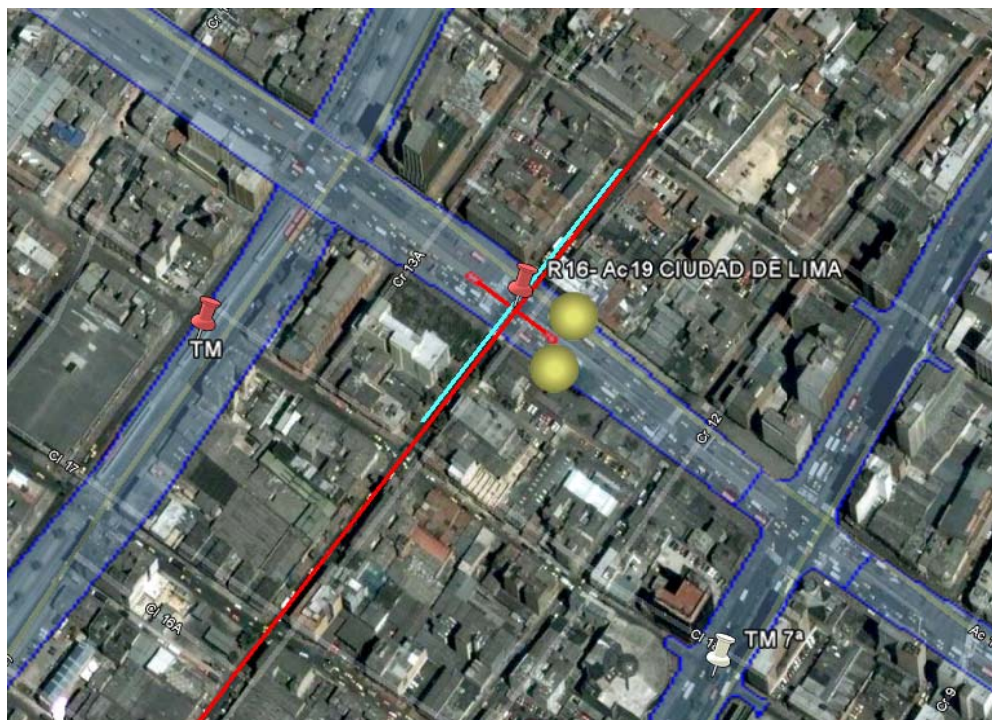
Fuente: Elaboración propia


Esta estación es una de las estaciones de mayor demanda de usuarios en hora punta.

3.3.16 AC 19 AVENIDA CIUDAD DE LIMA

La estación se encuentra muy cerca de la carrera 14 y por consiguiente de una de las estaciones de TransMilenio (a 100m). La avenida de Lima es una avenida que dispone de mediana central por lo que es una calle de gran anchura y se podrían ubicar paradas de buses auxiliares, a 20m del acceso Sureste, remodelando los andenes junto a la edificación.

Figura 3-23 Propuesta de Integración: Ac 19 Avenida Ciudad de Lima



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia


3.3.17 LA REBECA

Esta es una de las estaciones clasificadas como Especiales por la gran actuación urbana que implica para conectarla con la futura Estación Central de TransMilenio en los predios entre las calles 24 y 26, y la carrera 14 y la 13.

El acceso Sur del la PLM se sitúa en el actual estacionamiento entre la carrera 13 y 13ª, donde se podría diseñar una parada de buses en función del diseño final de la Estación Central de TransMilenio, quedando a tal solo 15m del acceso. Otra ubicación podría ser en la misma carrera 13 hacia el Sur de la Plaza de La Rebeca aproximadamente a 40m del acceso. (ver imagen)

Figura 3-24 Propuesta de Integración: La Rebeca



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

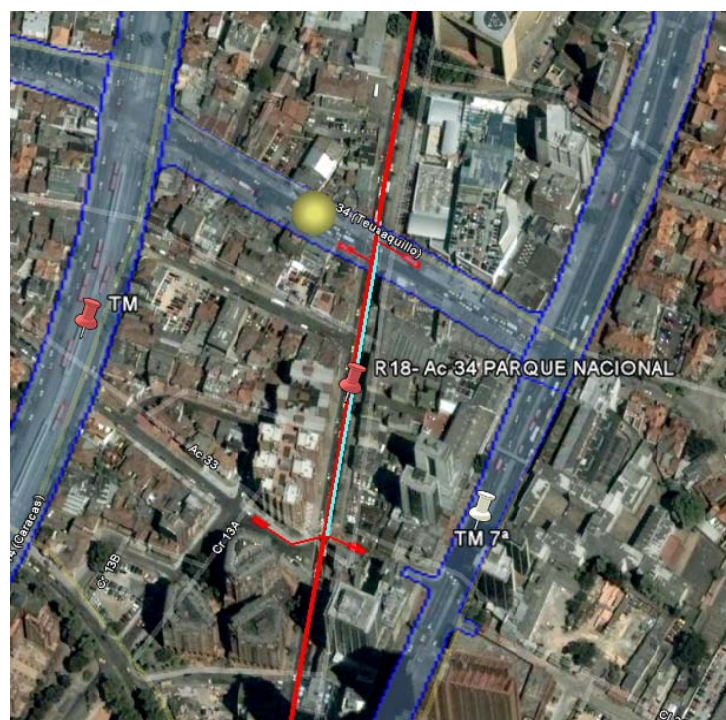
Fuente: Elaboración propia


3.3.18 AC 34 PARQUE NACIONAL

Esta estación se encuentra en una zona de gran densidad edificatoria por únicamente se prevé una pequeña parada de buses auxiliares en la calle 34-Teusaquillo perpendicular a la carrera 13, a 15-20m de distancia del acceso. (ver plano PL019)

Con las rutas de TransMilenio de la carrera 14 los accesos se encuentran a 140m y con la futura línea de TransMilenio de la 7ª se encuentran a 100m por el Sur y 210 por el Norte. Las posibles conexiones directas entre ambos sistemas deberán estudiarse en fases posteriores, en el proyecto básico y de ejecución.

Figura 3-25 Propuesta de Integración: Ac 34 Parque Nacional



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

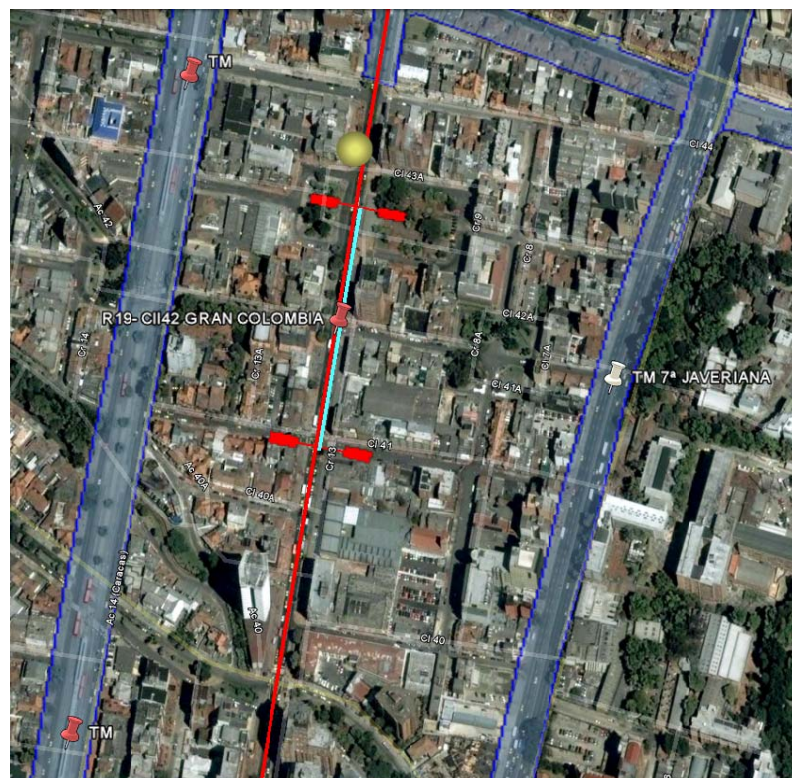
Fuente: Elaboración propia


3.3.19 AC 42 GRAN COLOMBIA

Esta estación es una estación de paso. En su extremo Norte existe una zona pública ajardinada que podría permitir la ubicación de una parada de buses auxiliares a 15m de los accesos o en la misma carrera 13 a 20m.

La estación de TransMilenio de la Caracas se encuentra a 110m del acceso Norte y ambos accesos, Norte y Sur, se encuentran a 190 y 160m respectivamente, de la futura parada de TransMilenio de la 7ª.

Figura 3-26 Propuesta de Integración: Ac 42 Gran Colombia



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

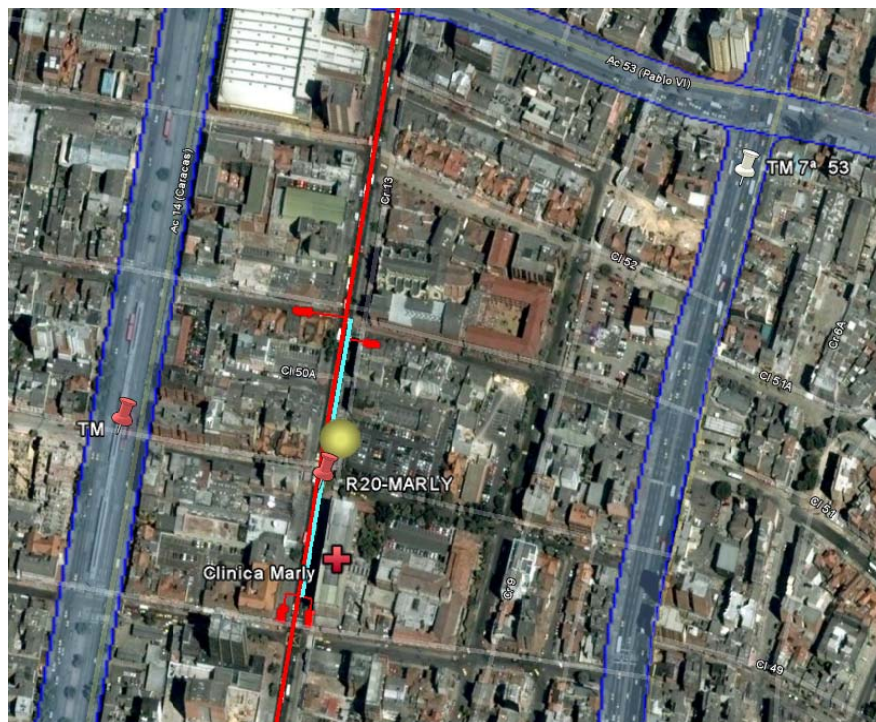
Fuente: Elaboración propia


3.3.20 MARLY

La estación Marly se localiza muy próxima a la estación con el mismo nombre de la carrera 14 de TransMilenio, a 110m por el Norte y 130m por el Sur.

El proyecto propone localizar una estación en la misma carrera 13 equidistante de los accesos (95m) en donde se localiza actualmente un parqueadero al aire libre.

Figura 3-27 Propuesta de Integración: Marly



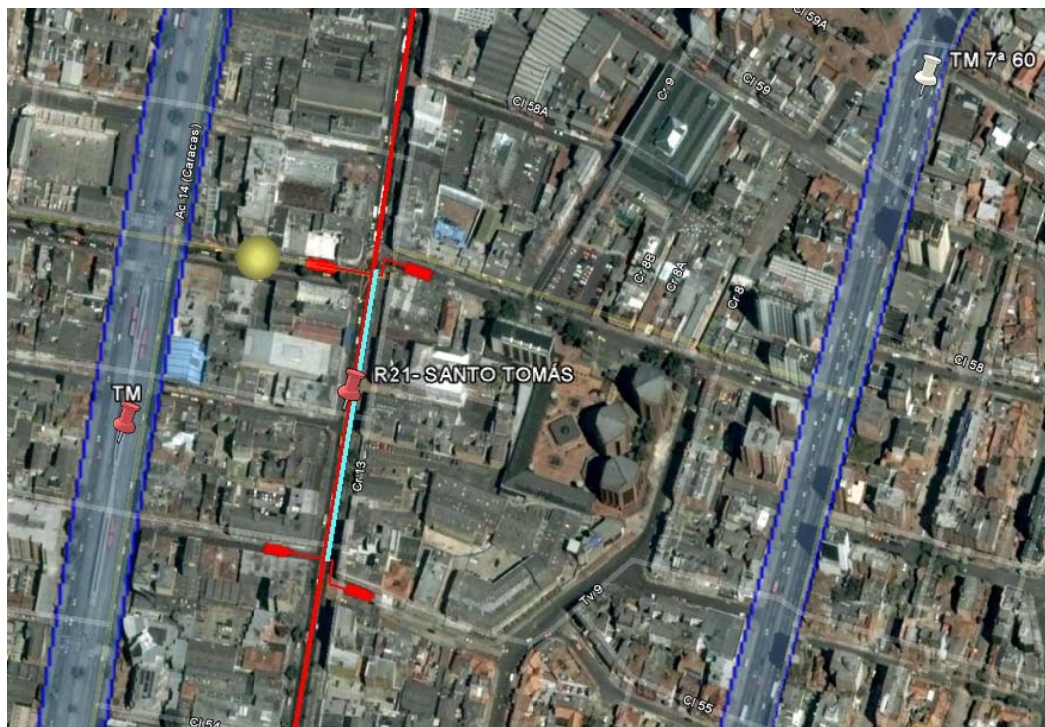
 Propuesta de parada de buses del flexible complementario


Fuente: Elaboración propia

3.3.21 SANTO TOMÁS

Esta estación se encuentra entre las calles 55 y 57, cerca de la estación de TransMilenio de la calle 57 quedando los accesos Norte y Sur a 100m aproximadamente. Al norte de la estación se prevé una pequeña parada de buses auxiliares en la calle 57, a 20m.

Figura 3-28 Propuesta de Integración: Santo Tomás



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

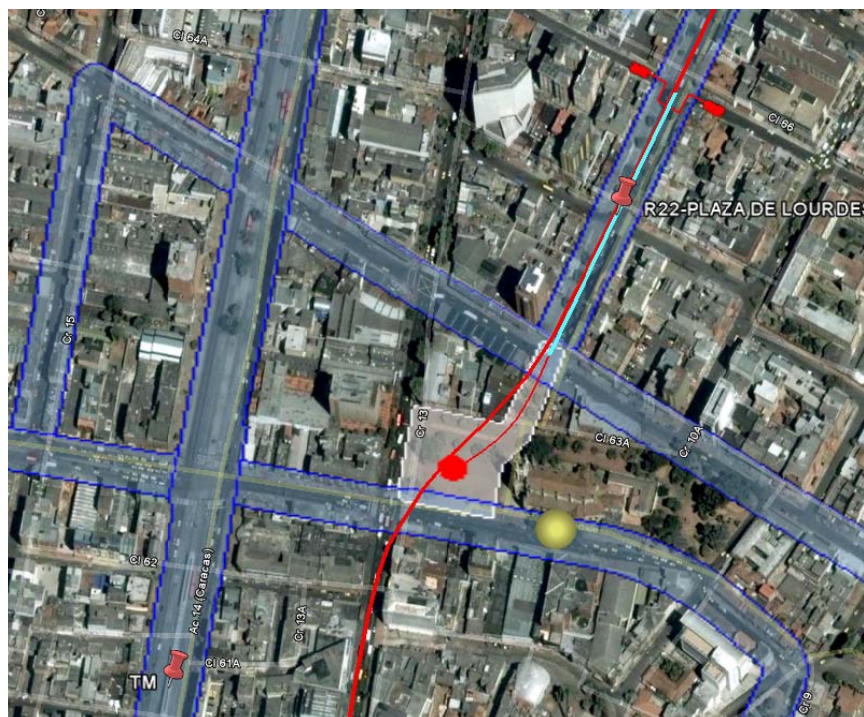
3.3.22 PLAZA DE LOURDES


En este punto el trazado de la línea abandona la carrera 13 para incorporarse a la carrera 11 pasando frente a la Iglesia de Lourdes.

Por su situación estratégica esta estación también ha sido clasificada como Especial e implica una actuación urbana importante. Debido a la densidad edificatoria de la zona será necesario analizar con posterioridad la posible implantación de una parada de buses auxiliares en la calle 63 junto a la Iglesia de Lourdes, a 90m del acceso Sur del metro bajo la plaza de la iglesia.

El acceso Sur del metro se encuentra a 170m de la parada de TransMilenio de la Caracas.

Figura 3-29 Propuesta de Integración: Plaza de Lourdes



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

3.3.23 AVENIDA 72 CHILE


La avenida Chile es una de las avenidas con mayor tráfico peatonal y vehicular. A futuro por la avenida 72 está previsto implantar una ruta de TransMilenio, por lo tanto es recomendable que estos dos sistemas se conecten en este punto.

Puesto que la Avenida 72 soporta un tráfico importante sería recomendable que la posible parada de buses auxiliares se ubicara en la calle 73 en un punto intermedio (95m) entre los dos vestíbulos de acceso a la estación de metro, siendo posible también una parada en la Avenida Chile a 50m del acceso más próximo.

Por el Norte también se prevé una posible ubicación en la calle 74 a 30m del acceso donde el andén lo permita.

Figura 3-30 Propuesta de Integración: Avenida 72 Chile



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia


3.3.24 CALLE 85

La estación se ubica entre las calles 82 y 86 disponiendo de espacio en estas calles para ubicar alguna estación de autobuses auxiliares.

Próximo al acceso Sur existe un terreno en la carrera 11 donde se podría ubicar una estación a 15m del acceso a la PLM, y por el Norte junto a la calle 85 a 20m una segunda parada de buses.

Figura 3-31 Propuesta de Integración: Calle 85



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

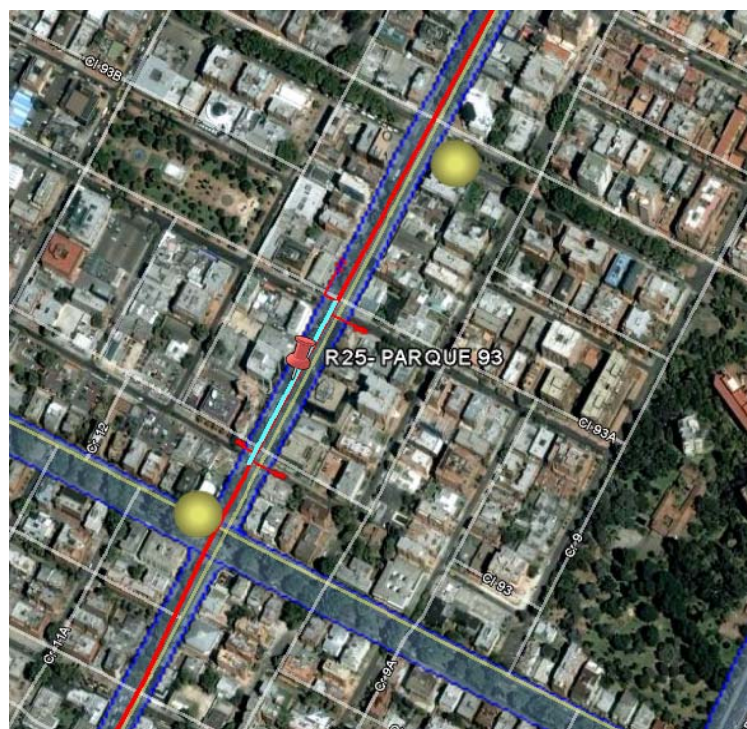
3.3.25 PARQUE 93


La estación de la 93 toma el nombre del Parque denominado así y que se localiza en las proximidades. Esta es una zona de gran actividad lúdica y por lo tanto con una demanda importante.

Próximas a la estación se encuentran dos vías de mayor amplitud (calle 92 y 94) en las que sería posible ubicar alguna parada de buses auxiliares tal y como se observa en la imagen:

- A 80m del acceso Sur en la calle 92
- A 150m del acceso Norte en la calle 94

Figura 3-32 Propuesta de Integración: Parque 93



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

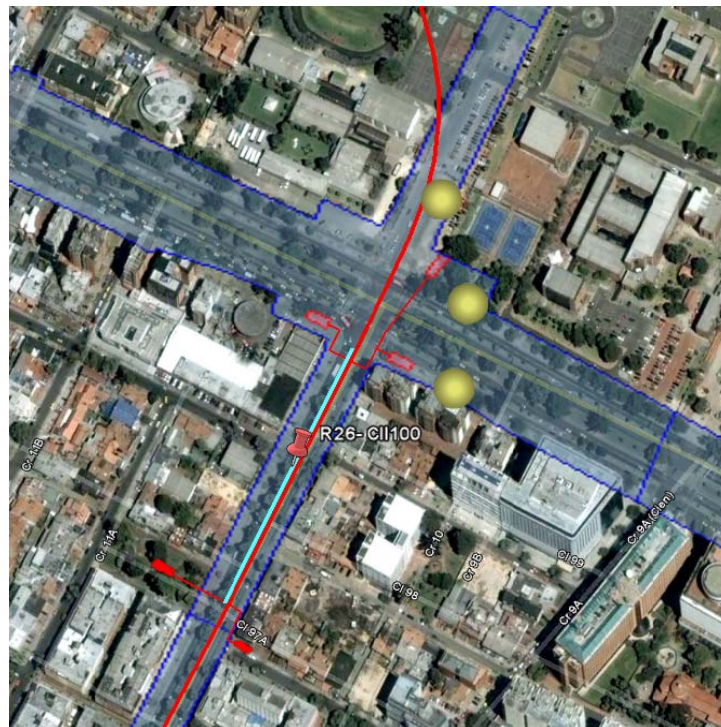
Fuente: Elaboración propia

3.3.26 CALLE 100

Esta es la última estación de este tramo de la línea en subterráneo.

Por el lado Norte de la calle 100 existen unos terrenos ocupados actualmente para estacionamiento que podrían transformarse para ubicar una estación de autobuses auxiliares y alimentadores de la línea, a 20-30m de los accesos.

Figura 3-33 Propuesta de Integración: Calle 100



● Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

3.3.27 USAQUÉN


La estación de Usaquén es una estación en superficie sobre el actual corredor de cercanías del Norte.

Junto a esta estación se plantea ubicar una parada de buses auxiliares en el extremo Sur próxima a la calle 110, a 90m. (Ver plano PL 028 del Producto 28)

Por el extremo Norte existen unos terrenos sin edificación donde se podría colocar una parada junto al acceso a la PLM a aproximadamente 50m. (ver imagen)

Figura 3-34 Propuesta de Integración: Usaquén



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

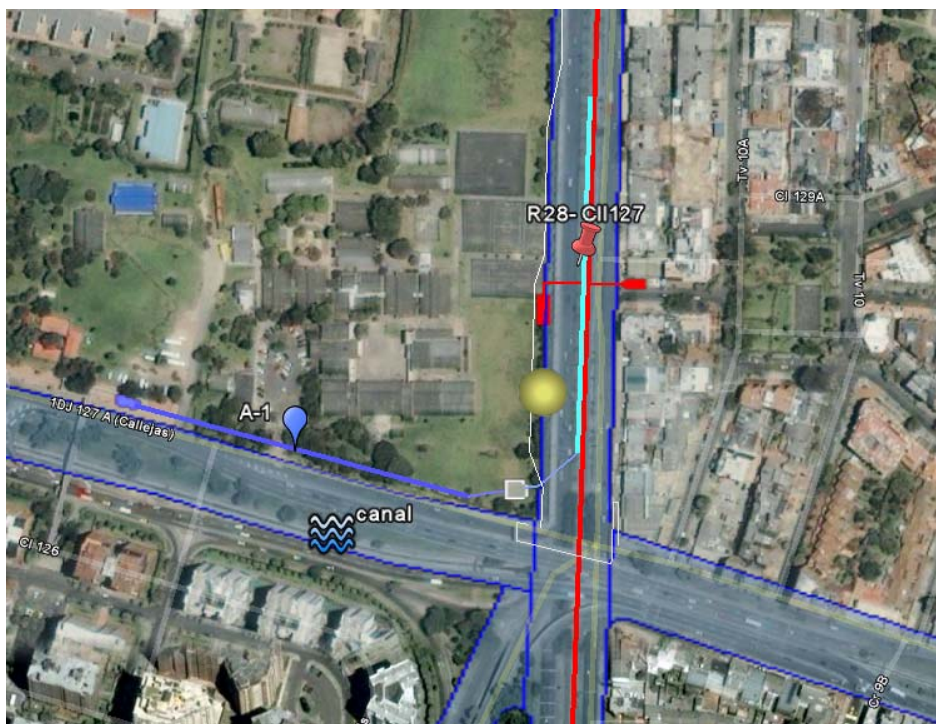
3.3.28 CALLE 127


Esta estación es la estación Terminal de la línea y se ubica sobre el actual corredor del tren de cercanías del Norte. La estación se encuentra junto a unos terrenos libres de edificación que permiten ubicar una parada de buses auxiliares y alimentadores del sistema al Suroeste de la estación, a 30m del acceso.

Se trata de una de las estaciones con mayor carga de la línea y cuando se complete la Red en 2038 estará conectada con la estación de la línea azul en la Calle 127.

(Ver plano PL029 del Producto 28)

Figura 3-35 Propuesta de Integración: Calle 127



 Propuesta de parada de buses del flexible complementario

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de ese análisis de la intermodalidad e integración física entre el metro y los demás modos de transporte público, se propone organizar los puntos de integración con recorridos entre paradas de buses y accesos a las estaciones del metro que se plasmen con distancias comprendidas entre 15m y 270m en el caso más desfavorable, respetando la recomendación formulada de no superar en lo posible los 200m de distancia para asegurar la buena conectividad del sistema. En fases posteriores (diseño técnico de detalle) se profundizarán y optimizarán estas propuestas para encontrar la mejor ubicación de estas paradas dependiendo de la demanda y disponibilidad de espacio.

4 REORDENACION OPERACIONAL DEL SITP

Una vez implantada la propuesta de modificación de recorridos de rutas, se hace necesario analizar la variación de la distribución de la demanda sobre los distintos modos de transporte con la entrada de la PLM. Este ejercicio se hace considerando las condiciones de oferta iguales para las rutas comunes a los dos escenarios 2018 estudiados: la situación sin metro y la situación con PLM y rutas reestructuradas geográficamente. Se optó para esta forma porque introducir los cambios operacionales ajustados a una determinada demanda podría ser fuente de distorsión en el proceso de asignación, prefiriéndose realizar tal comparación basada en una misma oferta de servicios y así lograr mayor objetividad. Con ello, se intenta evidenciar el mero impacto de la introducción de la PLM (con la modificación de los recorridos de rutas directamente articuladas al metro) sobre la asignación. Con base a esas simulaciones, se propone el redimensionamiento sistemático de la oferta en función de la variación estimada de la carga de pasajeros sobre cada servicio, considerando parámetros de operación tales como la tipología vehicular propuesta para el SITP y estándares de calidad del servicio predeterminados.

4.1 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE DEMANDA POR LA ENTRADA DE LA PLM

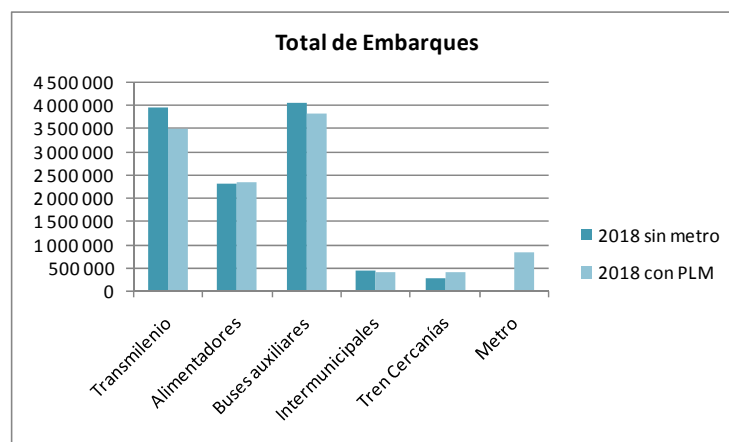
Tal y como se expone en el producto N° 25, los resultados de las simulaciones mediante el modelo mejorado y calibrado para hora punta (HP) y valle (HV) se expanden a día según la fórmula siguiente:

$$\text{Demanda DÍA} = 6.11 * (\text{Demanda HP}) + 6.94 * (\text{Demanda HV})$$

A continuación se presentan los resultados de demanda de las simulaciones del escenario 2018 sin metro y del escenario contemplando la PLM y reordenado tal como se indica en el capítulo anterior.

Tabla 4-1 Embarques⁶ totales por modo (estimación diaria)

Modo	2018 sin metro	2018 con PLM	% Variación 2018-PLM
Transmilenio	3 935 500	3 483 500	- 11%
Alimentadores	2 306 500	2 321 000	+ 1%
Buses auxiliares	4 048 000	3 798 000	- 6%
Intermunicipales	411 500	386 500	- 6%
Tren Cercanías	264 000	391 000	+ 48%
Metro	-	815 500	-
TOTAL RED TP	10 965 500	11 195 500	+ 2%
Viajes asignados	6 798 000	6 802 500	
Promedio de abordajes	1.61	1.65	



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

La redistribución de la demanda sobre los distintos modos provocada por la captación del metro no implica pérdidas mayores a 12%. El incremento del total de embarques significa un aumento del promedio de abordajes por viaje, que pasa de 1.61 en la situación sin metro a 1.65 cuando entra en operación la PLM. Aunque los transbordos generen desutilidad, los viajeros eligen transbordar cuando el tiempo generalizado total del viaje sea menor con metro que sin metro. Es cierto que hay viajeros dentro del transporte público que van a tener un ahorro al utilizar la línea de metro, aún con sus costes de transbordo. Ello explica por qué se incrementa ligeramente el número de transbordos en el sistema.

Se puede observar un aumento sustancial de abordajes al tren de cercanías al conectarse directamente con la PLM (en la estación Calle 127), lo que genera unos 11.500 movimientos del tren al metro y 6.000 del metro al tren durante hora punta.

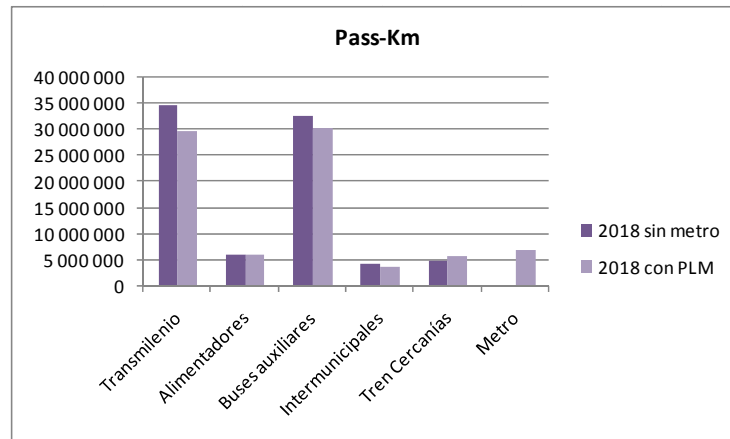
Los abordajes a la PLM representan el total de viajes utilizando la PLM, pues siendo la PLM la única línea de metro, no hay transbordos internos al modo metro. Entonces, se puede estimar que el 12% de la demanda total de transporte público utiliza la PLM, sea como modo único o dentro de una cadena modal más compleja.

⁶ Los embarques por modo representan el número de veces que un usuario usa líneas dentro de un modo, sin distinguir la proveniencia del usuario (en transferencia desde otra línea de transporte, ó desde la calle). El total de embarques difiere entonces del total de viajes, puesto que un viaje se compone generalmente por el uso de más de una línea. En particular en el sistema "tronco-alimentado" vigente en Bogotá, el uso de un alimentador se complementa por el uso de otros modos troncales en la mayoría de los casos.

La captación de demanda de cada modo se puede analizar mejor si se tiene en cuenta el recorrido medio realizado sobre las líneas de cada subsistema de transporte público. La tabla siguiente presenta las variaciones antes / después de la entrada de la PLM en términos de pasajeros-km.

Tabla 4-2 Pasajeros-km diarios

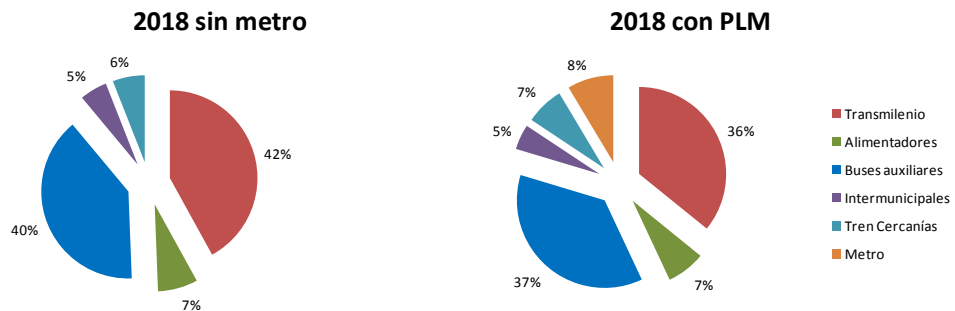
Modo	2018 sin metro	2018 con PLM	% Variación 2018-PLM
Transmilenio	34 825 500	29 797 500	- 14%
Alimentadores	6 134 000	5 988 000	- 2%
Buses auxiliares	32 828 000	30 463 500	- 7%
Intermunicipales	4 235 000	3 891 000	- 8%
Tren Cercanías	4 936 000	5 897 500	+ 19%
Metro	-	7 143 000	-
TOTAL RED TP	82 958 500	83 180 500	+ 0%



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

La figura a continuación muestra como el uso de la PLM llega a representar el 8% de los kilómetros recorridos por los viajeros, disminuyendo de 42% a 36% la utilización del sistema troncal TransMilenio y de 40% a 37% el uso de los buses auxiliares.

Figura 4-1 Distribución de los pasajeros-km diarios por subsistema de transporte público



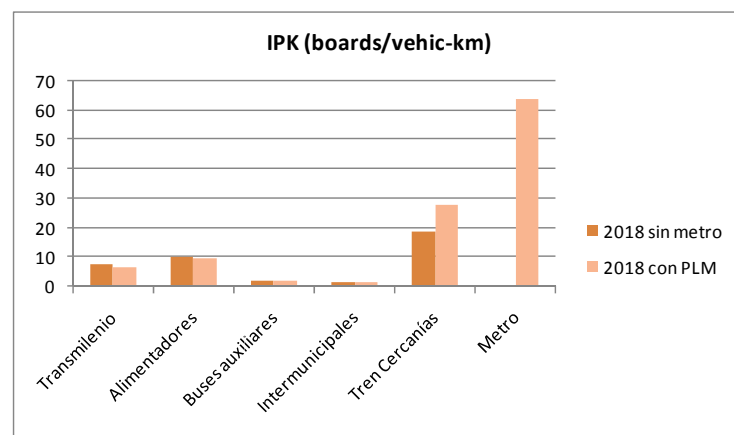
Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

A continuación se propone analizar el índice de pasajeros transportados por km recorrido (IPK), calculado como el cociente de los abordajes de cada modo por los vehículos-km (o trenes-km) sobre el mismo⁷.

La introducción del metro, y la redistribución de la demanda que implica, permite aumentar la eficiencia global del sistema de transporte público. Sin embargo, el descenso del indicador para los modos por carretera, en particular el sistema troncal TransMilenio, indica que la oferta (en términos de vehículos circulando) no es la más adecuada para atender la demanda. Se propone entonces redimensionar la oferta para ajustarla a la nueva demanda de cada modo.

Tabla 4-3 IPK diario

Modo	2018 sin metro	2018 con PLM	% Variación 2018-PLM
Transmilenio	7.48	6.62	- 11%
Alimentadores	9.96	9.82	- 1%
Buses auxiliares	1.94	1.90	- 2%
Intermunicipales	1.52	1.43	- 6%
Tren Cercanías	18.84	27.91	+ 48%
Metro	-	63.76	-
TOTAL RED TP	3.51	3.66	+ 4%



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

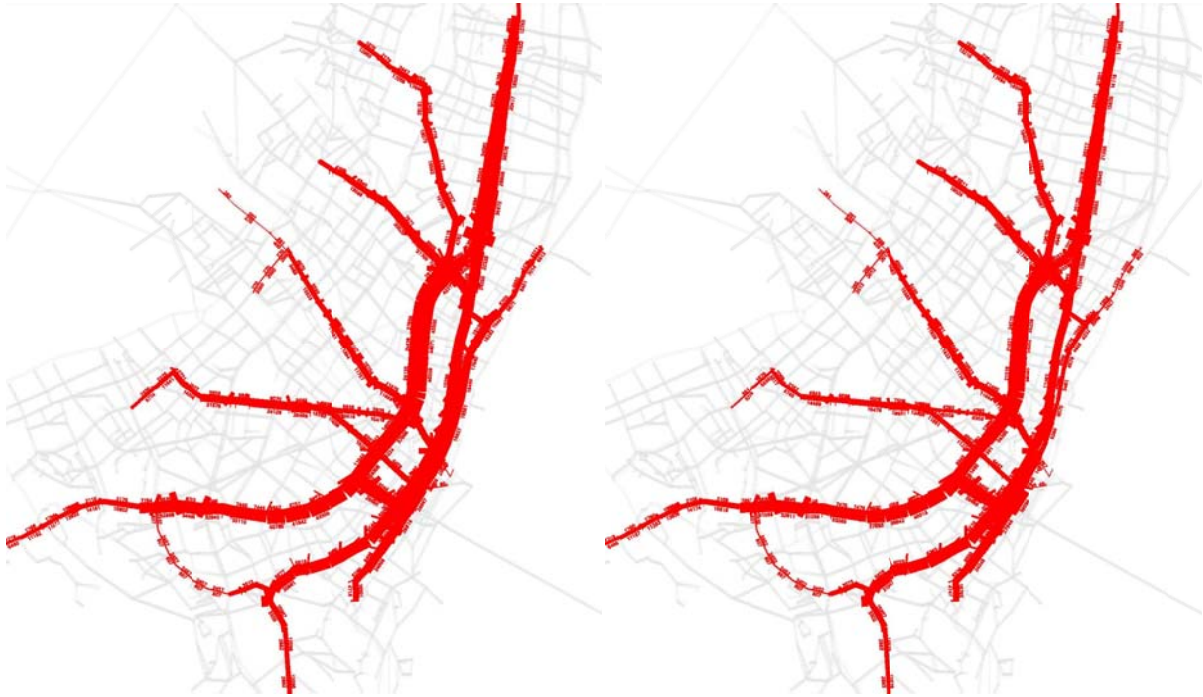
A continuación se observa una representación gráfica de los volúmenes de carga obtenidos sobre las distintas redes de transporte público antes / después de la entrada de la PLM.

⁷ Los vehículos-km diarios estimados para este análisis corresponden a la oferta simulada en el modelo de transporte y por lo tanto se basan en las frecuencias de diseño de hora punta de la mañana establecidas en el diseño técnico-operacional 2018 del SITP actualizado a noviembre de 2009, sin que se haya procedido al ajuste operacional de la oferta que se presenta más adelante en el capítulo. Sin embargo, la metodología de expansión a día de la oferta sigue el mismo procedimiento que el expuesto en el apartado "Estimación diaria de la oferta".

Figura 4-2 Cargas de las troncales TransMilenio

Escenario 2018 sin metro

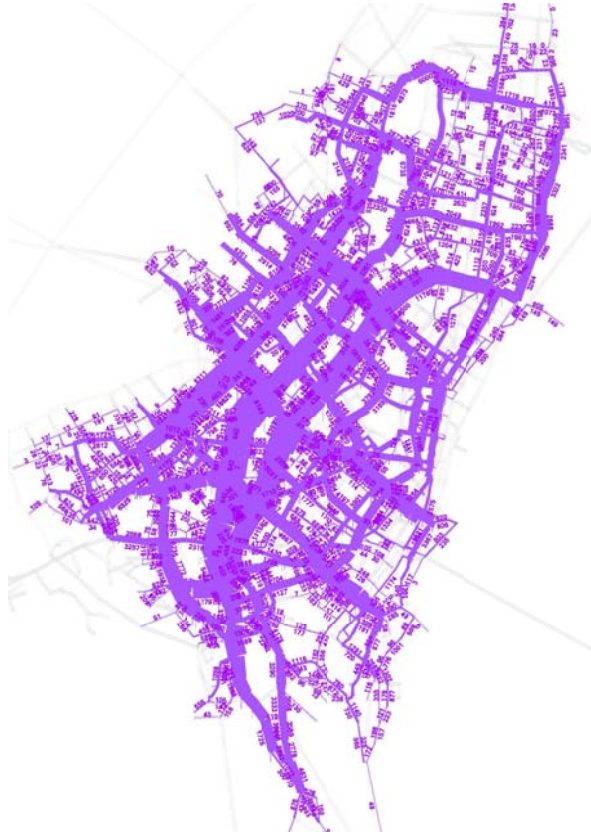
Escenario 2018 con PLM



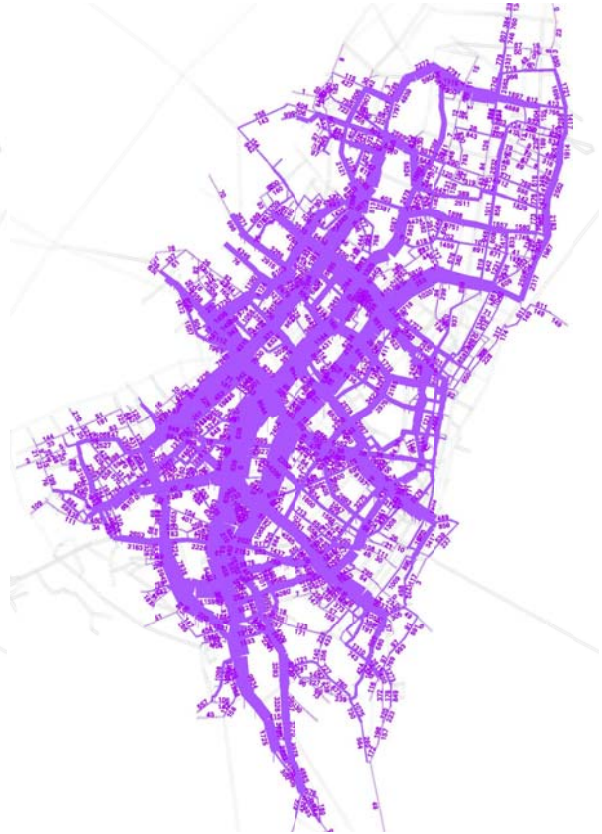
Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

Figura 4-3 Cargas de las rutas auxiliares

Escenario 2018 sin metro

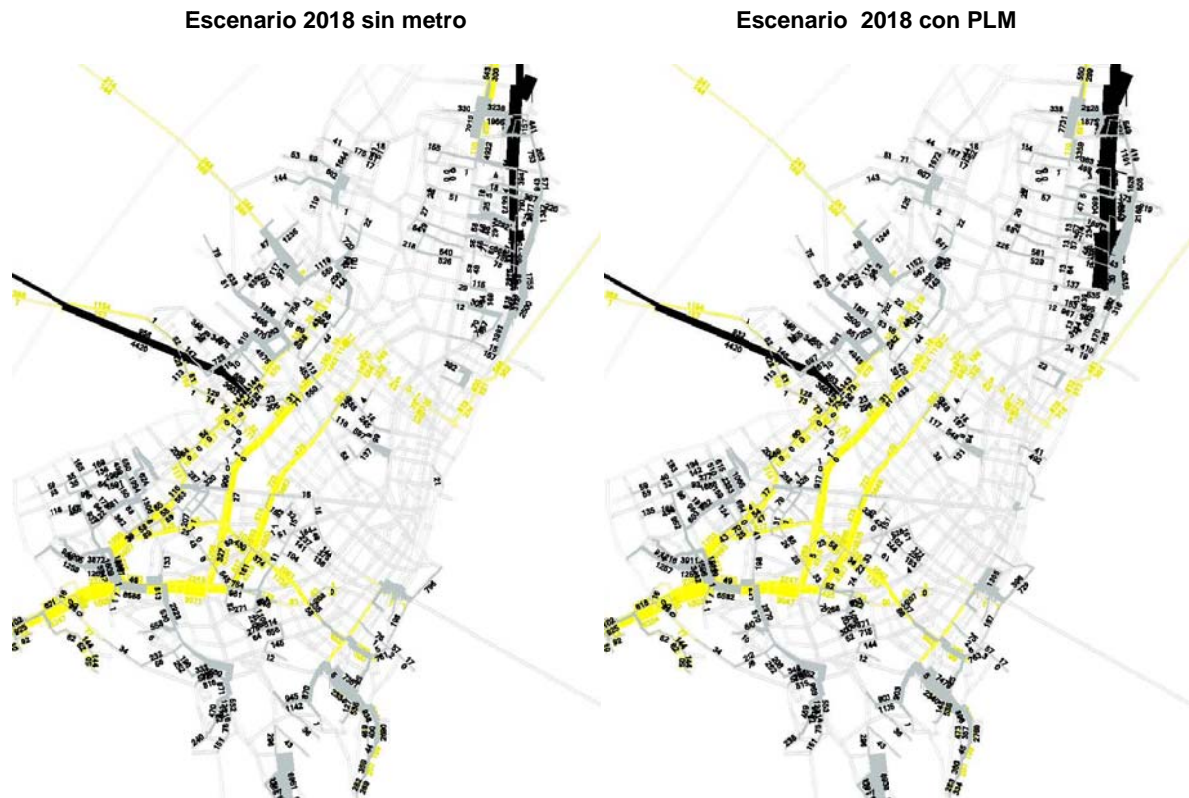


Escenario 2018 con PLM



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

Figura 4-4 Cargas de alimentadores, tren e intermunicipales en el ámbito urbano



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

4.2 DEFINICIÓN DEL PLAN DE OFERTA

El plan de oferta se refiere a la definición de las frecuencias que deben cumplir los servicios de transporte público. Para ello se propone una oferta que cumpla con los requerimientos de demanda del servicio, pero que además considere los aspectos operacionales.

Es importante aclarar que el plan de oferta diseñado a partir del análisis de la demanda no corresponde a una programación detallada de servicios para cada tramo, día y hora, pues no se puede contar con la información detallada y contrastada que permitiría ajustar el diseño operacional a las particularidades de cada ruta y al comportamiento real de la demanda 2018 en la ciudad de Bogotá. Por tratarse de una situación de partida hipotética aún no consolidada, la precisión aparente del reordenamiento operacional es ilusoria.

No obstante, el objeto del presente ejercicio radica en la estimación del impacto que la entrada en servicio de la PLM puede tener sobre el sistema, en términos de oferta. Se propone entonces estimar las variaciones en las simulaciones del escenario 2018 con PLM respecto a la situación sin metro, aplicando en ambos casos unos procesos genéricos, sistemáticos y configurables de dimensionamiento de la oferta con base a los resultados del modelo de transporte y a la política de servicio predeterminada.

A continuación se describe el enfoque metodológico para definir la oferta de transporte equilibrada con la demanda presentada, en donde se propone el ajuste de los intervalos programados para los distintos servicios de transporte con el fin de no proponer intervalos que se traducirían por tiempos de espera

demasiado elevados para los usuarios. Posteriormente se procede al dimensionamiento de la flota requerida y a la estimación de la oferta diaria.

4.2.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

La frecuencia de diseño de la hora punta se ajusta a la carga máxima en el tramo y sentido crítico de cada ruta. En función de la tipología vehicular operando sobre la ruta, se determina el intervalo necesario, y se procede a un ajuste para garantizar que no se superan los intervalos máximos permitidos durante el periodo pico por la política de servicio del SITP y recogidos en la tabla a continuación. Los intervalos máximos indicados responden a la preocupación de garantizar un intervalo entre vehículos y por ende un tiempo promedio de espera del usuario aceptable, en función de criterios de calidad de servicio que depende del tipo de ruta, mientras los intervalos mínimos indicados para el periodo pico responden a requerimientos operacionales que permitan el manejo razonable de despachos en función de la tecnología del modo considerado y del tipo de ruta. El proceso de asignación con EMME no permite limitar la carga de demanda en función de la capacidad total de la flota de cada ruta, por ello se ha preferido ajustar la oferta sin acotarla a intervalos mínimos que supondrían una sobre-ocupación de los vehículos. En la realidad, la captación de las distintas rutas no es tan contrastada y el excedente de las rutas más cargadas se reparte sobre otras menos competitivas pero menos saturadas. No obstante, el propósito del presente ejercicio no es la programación diaria e individualizada de cada ruta sino una estimación a grandes rasgos de la variación de la oferta en situaciones sustancialmente diferentes, por lo que el enfoque propuesto, aunque simplificado, sigue válido.

Tabla 4-4 Intervalos de diseño por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Capacidad Veh.	Intervalo Mín.	Intervalo Máx.
Microbús	19	5	8
Buseta	40	5	8
Busetón	50	4	8
Padrón	80	3	8
Padrón dual	80	2	6
Biarticulado	250	2	6
Articulado	150	2	6

Fuente: Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

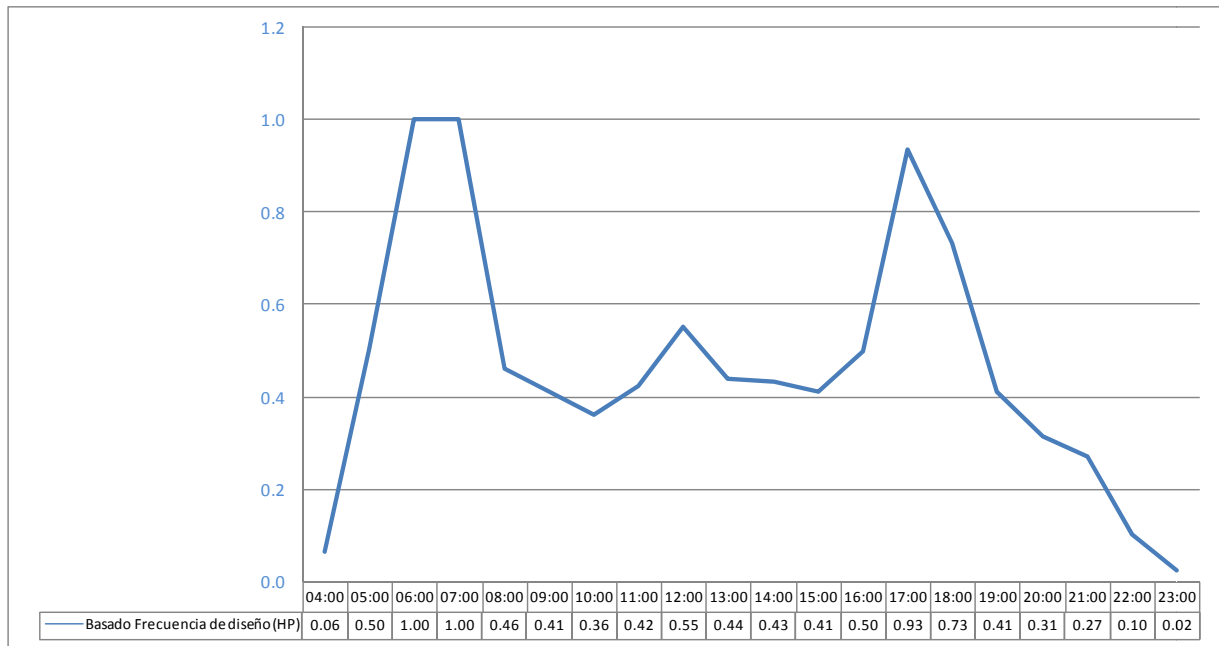
A partir de la frecuencia de diseño ajustada para la hora punta, se procede a expandir la oferta a día.

La estimación diaria de la oferta se hace con base al perfil estimado para la demanda a lo largo del día, intentando estimar de manera general un comportamiento de la oferta en equilibrio con la demanda. Sin embargo, con el fin de obtener un diseño operacional que responda a un nivel de servicio aceptable en función de la capacidad de los vehículos, se tienen en cuenta los intervalos máximos fijados en la política de servicio del SITP y los diferentes niveles de servicio establecidos por periodos del día.

Los pasos metodológicos expuestos en el producto N° 25 para la estimación diaria de la oferta se recuerdan a continuación:

- a) Estimación de perfiles de oferta teóricos adaptados al comportamiento diario de la demanda, relativamente a la frecuencia de diseño de la hora punta de la mañana.

Figura 4-5 Peso relativo de la oferta (frecuencia de paso) en cada franja horaria Día Laborable (sin reducción de la capacidad ofrecida por los niveles de servicio)



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad de 2005

- b) Ajuste de los perfiles de oferta teóricos en función de los niveles de servicio deseados en cada franja horaria, definidos en base a la densidad de ocupación de los vehículos.

Tabla 4-5 Índice de ocupación por vehículo en función del nivel de servicio contemplado

VEH	Descripción	Tipo SITP	MODE	Cap Sent	CapaVeh	Area util (m ²)	Índice de ocupación					
							A	B	C	D	E	F
5	Alimenta	padron	a	30	80	8.3	0.38	0.53	0.69	0.84	1	> 1
6	articulado	articulado	t	48	150	17.0	0.32	0.49	0.66	0.83	1	> 1
7	micro_ATM	microbus	a	19	19	0.0	1	1	1	1	1	> 1
8	microbus	microbus	b	19	19	0.0	1	1	1	1	1	> 1
15	bus-bta	buseton	b	29	50	3.5	0.58	0.69	0.79	0.9	1	> 1
18	bus-g	padron	b	30	80	8.3	0.38	0.53	0.69	0.84	1	> 1
20	mic_Interm	micro l	l	19	19	0.0	1	1	1	1	1	> 1
22	bus-ejec	buseton	b	23	40	2.8	0.58	0.68	0.79	0.89	1	> 1
23	bus-c	buseton	a	29	50	3.5	0.58	0.69	0.79	0.9	1	> 1
26	Bus_Interm	bus l	l	30	72	7.0	0.42	0.56	0.71	0.85	1	> 1
27	bus_alim	buseton	a	29	50	3.5	0.58	0.69	0.79	0.9	1	> 1
86	TrenCerca	tren	u	400	1200	133.3	0.33	0.5	0.67	0.83	1	> 1
66	TrenMetro	metro	u	170	1640	245.0	0.1	0.33	0.55	0.78	1	> 1
31	Biarticula	biarticulado	t	56	250	32.3	0.22	0.42	0.61	0.81	1	> 1
61	padron_tro	padron dual	t	30	80	8.3	0.38	0.53	0.69	0.84	1	> 1

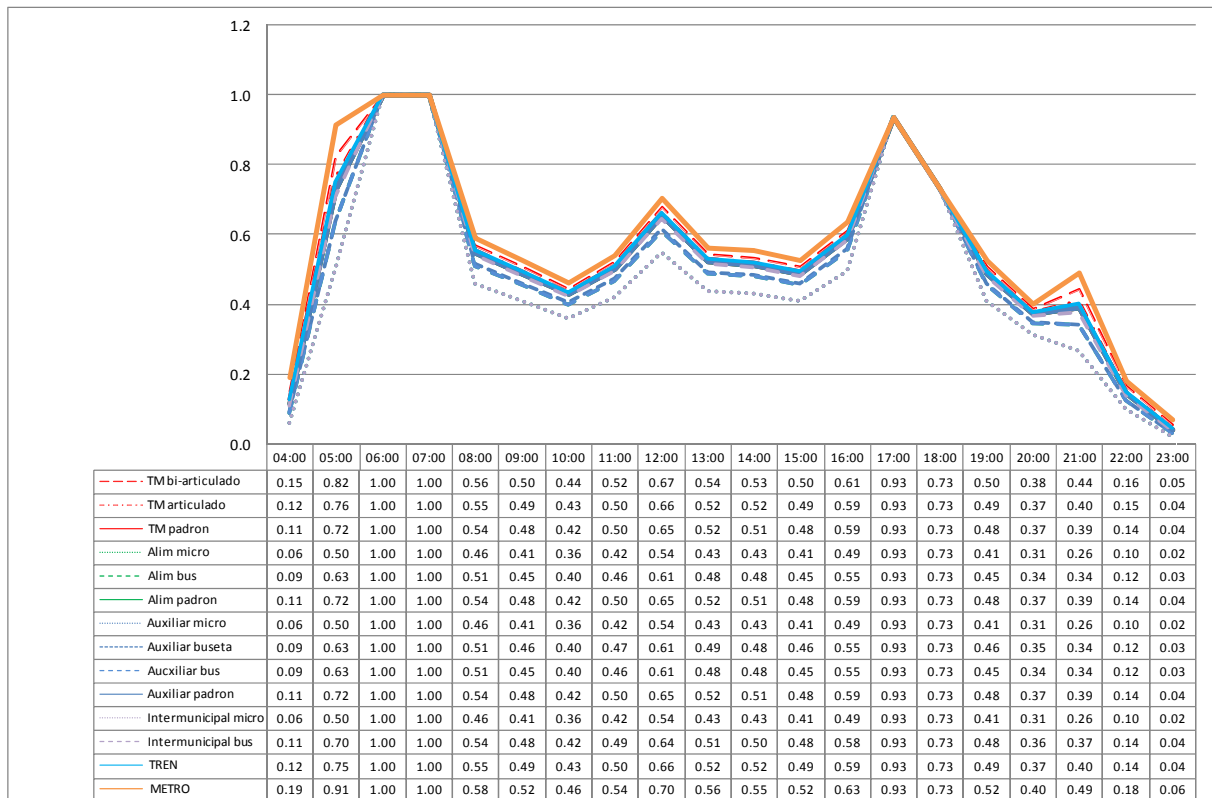
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4-6 Nivel de servicio y periodo de servicio por franja horaria
Día laborable**

	PERÍODO DÍA LABORAL	DIAS LABORALES
01:00:00 AM	MADRUGADA	A
02:00:00 AM	MADRUGADA	A
03:00:00 AM	MADRUGADA	A
04:00:00 AM	MADRUGADA	B
05:00:00 AM	VALLE	C
06:00:00 AM	PICO	E
07:00:00 AM	PICO	E
08:00:00 AM	VALLE	D
09:00:00 AM	VALLE	D
10:00:00 AM	VALLE	D
11:00:00 AM	VALLE	D
12:00:00 PM	VALLE	D
01:00:00 PM	VALLE	D
02:00:00 PM	VALLE	D
03:00:00 PM	VALLE	D
04:00:00 PM	VALLE	D
05:00:00 PM	PICO	E
06:00:00 PM	PICO	E
07:00:00 PM	VALLE	D
08:00:00 PM	VALLE	D
09:00:00 PM	VALLE	C
10:00:00 PM	VALLE	C
11:00:00 PM	VALLE	B
12:00:00 AM	VALLE	A

Fuente: Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

Figura 4-6 Factores de reducción de la oferta en cada franja horaria Día Laborable por tipo de vehículo (con ajuste de la capacidad ofrecida por los niveles de servicio)



Fuente: Elaboración propia

- c) Ajuste final de la oferta en función de la política de servicio, para respetar a los intervalos máximos establecidos por periodo y tipo de vehículo en la política de servicio fijada para el SITP y recogidos en la siguiente tabla.

Tabla 4-7 Intervalos máximos por tipo de servicio por periodo del día (en minutos)

Tipo de servicio	Pico	Valle	Madrugada	
	Intervalo máximo	Intervalo máximo	Intervalo mínimo	Intervalo máximo
Troncal	6	10	15	45
Alimentador / Complementario	8	12	15	45
Auxiliar	8	15	15	45
Intermunicipal / Tren Cercanías	20	60	20	60
Metro	6	10	10	30

Fuente: Elaboración propia a partir del Diseño técnico-operacional del SITP (noviembre de 2009)

De esta forma, el plan de oferta diario de cada ruta del SITP deberá responder en cada franja horaria al comportamiento de la oferta ajustada a los niveles de servicios (con los factores de reducción establecidos respecto a la frecuencia de diseño de la hora punta), ajustándole a los intervalos máximos permitidos por tipo de periodo. La oferta diaria será entonces la sumatoria de las frecuencias horarias por la longitud de cada ruta.

El proceso sistemático propuesto tiene como objetivo valorar las variaciones entre 2 simulaciones calculadas según la misma metodología. Se toman los datos resultantes de la modelación de cada una de las líneas del escenario simulado. La información se procesa para consolidarla y obtener información global más fiable.

Por una parte, las líneas contempladas en el modelo de simulación se desglosan por sentido, por lo cual es necesario identificar las rutas circulares y las simétricas para agregar los dos sentidos y establecer los tiempos de ciclo de ida y vuelta. Esta tarea se basa en la codificación de las líneas utilizada en el Emmebank, dónde la terminación del código de ruta indica sobre el tipo de ruta: 1 para sentido ida, 2 para sentido vuelta, 3 para rutas circulares. Como consecuencia del equilibrio entre ambos sentidos de los servicios, la flota asignada puede ser diferente a la óptima teórica requerida por el modelo de simulación.

Por otra parte, la consultoría del SITP identificó la necesidad de hacer un ajuste de kilometraje y de tiempo de ciclo para algunas rutas alimentadoras, en zonas dónde el modelo no tiene enlaces sobre todas calles de la ciudad. Se optó por aplicar esos mismos factores de corrección a los datos simulados.

4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA REQUERIDA

El cálculo de la flota necesaria para cada servicio se determina en función del tiempo de ciclo completo y de la frecuencia ajustada para la hora pico en función de los estándares de calidad antes mencionados. En los perfiles de oferta presentados en el apartado anterior, se establece que el periodo pico tiene una duración de 2 horas, mientras la frecuencia de la hora siguiente viene dada por el factor de reducción indicado por tipo de vehículo, ajustada a su vez para que no supere el intervalo máximo aceptable que se establece a 8 minutos para la 3ª hora. Para las rutas cuyos tiempos de ciclo superan los 120 minutos, el cálculo de flota ajustada viene determinado por la siguiente expresión, según el tipo de vehículo:

$$120 / \text{intervalo HP} + (\text{tiempo de ciclo} - 120) / \min[\text{intervalo HP} / \text{factor reducción}_{8-9am}; \text{intervalo máximo de 8 minutos}]$$

Se ajusta para las distintas rutas de transporte los intervalos programados en función de la carga crítica presentada, tanto para el escenario base 2018 sin metro como para el escenario 2018 reordenado con PLM, y se estima la flota necesaria (redondeada a la unidad superior) para cada ruta.

La tabla a continuación presenta las variaciones antes / después de la entrada de la PLM en términos de estimación de la flota efectiva mínima requerida para los demás modos, bajo el supuesto de que se ajuste sistemáticamente la oferta a la carga crítica de cada ruta.

Tabla 4-8 Flota efectiva mínima requerida por modo de transporte público

Modo	2018 sin metro	2018 con PLM	% Variación 2018-PLM
Transmilenio	1 664	1 527	- 8%
Alimentadores	1 338	1 408	+ 5%
Buses auxiliares	9 779	9 180	- 6%
Intermunicipales	1 600	1 596	- 0%
Tren Cercanías	23	28	+ 22%
RED TP sin metro	14 404	13 739	- 5%

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

A partir de la tabla anterior, se puede estimar que la redistribución de demanda por la entrada del metro supone una disminución de la flota requerida para operar las troncales TransMilenio y los buses auxiliares, de manera coherente con la reducción de demanda sobre estos modos. Al revés, al aumentar ligeramente los abordajes a las rutas alimentadoras en la situación con PLM, se requiere un ligero aumento de vehículos necesarios en la situación de máxima solicitud.

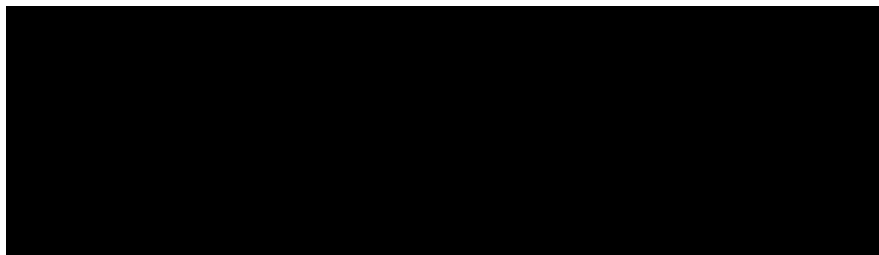
4.2.3 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA DIARIA

Se propone un horario de servicio para los días laborables de las 4 am hasta la 12 pm para las rutas alimentadoras, auxiliares e intermunicipales, mientras los servicios troncales TransMilenio se diseñan de las 5 am a las 12 pm y los servicios ferroviarios de las 5 am a las 11 pm.

El proceso sistemático propuesto en el enfoque metodológico a partir de la frecuencia ajustada de la hora pico se aplica a todas rutas de transporte público, tanto para el escenario base 2018 sin metro como para el escenario 2018 reordenado con PLM.

La tabla a continuación presenta las variaciones antes / después de la entrada de la PLM en términos de vehículos-km diarios.

Tabla 4-9 Estimación de vehículos-km diarios



The table content is redacted with a solid black box.

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

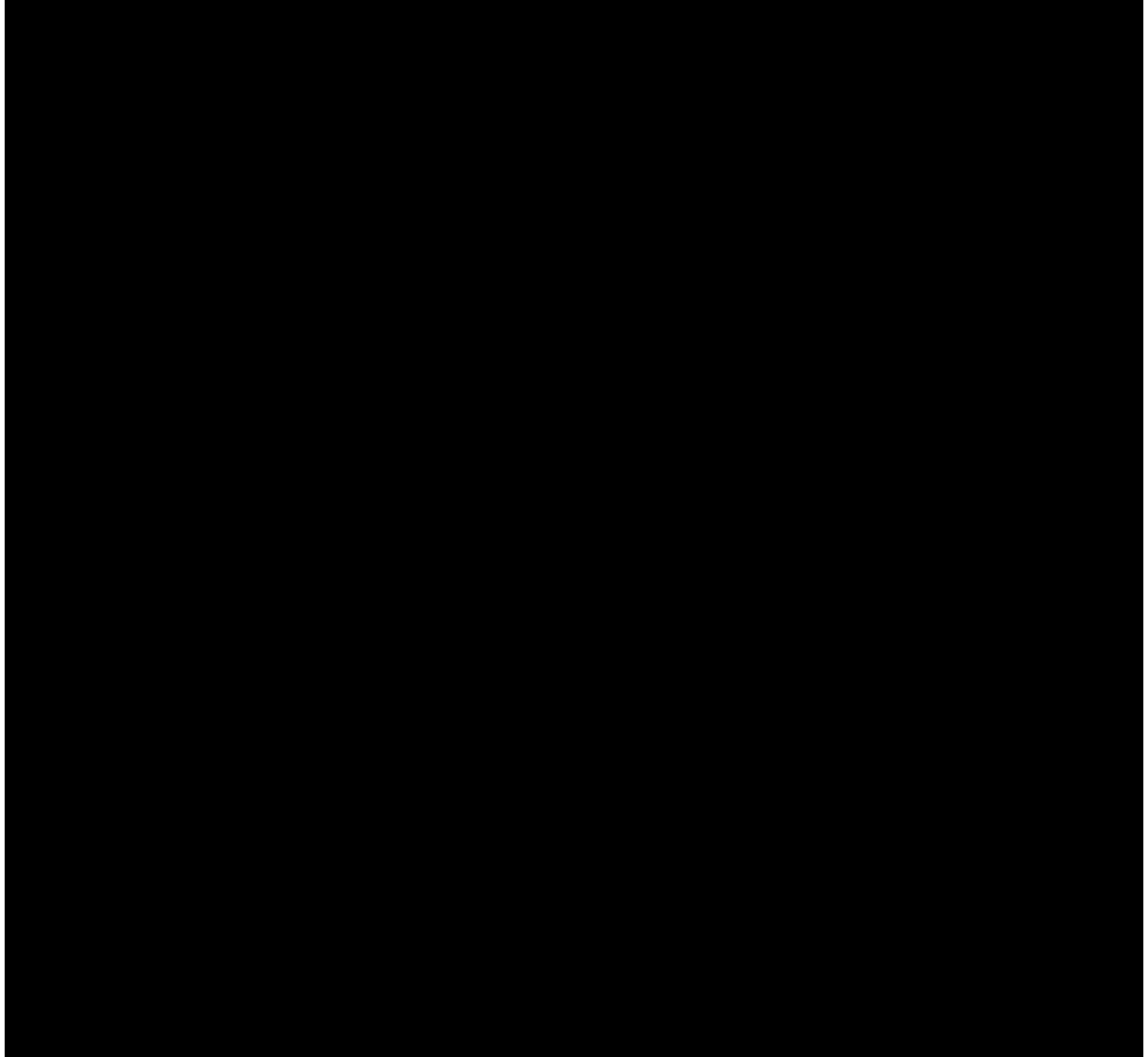
El redimensionamiento sistemático de oferta a las variaciones de demanda evidencia que la entrada en servicio de la PLM tiene impactos sobre el subsistema auxiliar con una disminución de 6% de los recorridos diarios necesarios, mientras la oferta del subsistema alimentador aumenta de 6%. La oferta troncal requiere una disminución del 7% para ajustarse a los nuevos requerimientos de demanda.

Cabe recordar que recomendaciones de optimización tales como ajustar la oferta por tramos, mediante el establecimiento de servicios parciales o incluso la eliminación de rutas con tráfico demasiado bajo, o como modificar la tipología vehicular, se podrán hacer en fases ulteriores una vez que el SITP se haya implementado y consolidado y que se pueda contar con observaciones de campo y encuestas de demanda.

4.3 IMPACTO DE LA PUESTA EN SERVICIO DE LA PLM SOBRE LA OPERACIÓN DE LOS DEMÁS MODOS

Las tablas a continuación presentan a modo de resumen los datos antes calculados, desglosados por tipo de vehículo y tipo de ruta. Esa estimación sirve de base para estimar el impacto de la PLM sobre los costos operacionales de los demás modos, en particular los que conforman las concesiones de operación del SITP que se están estructurando.

Tabla 4-10 Ajuste operacional y demanda diaria – Escenario 2018 sin metro



The table content is completely redacted with a large black rectangle.

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

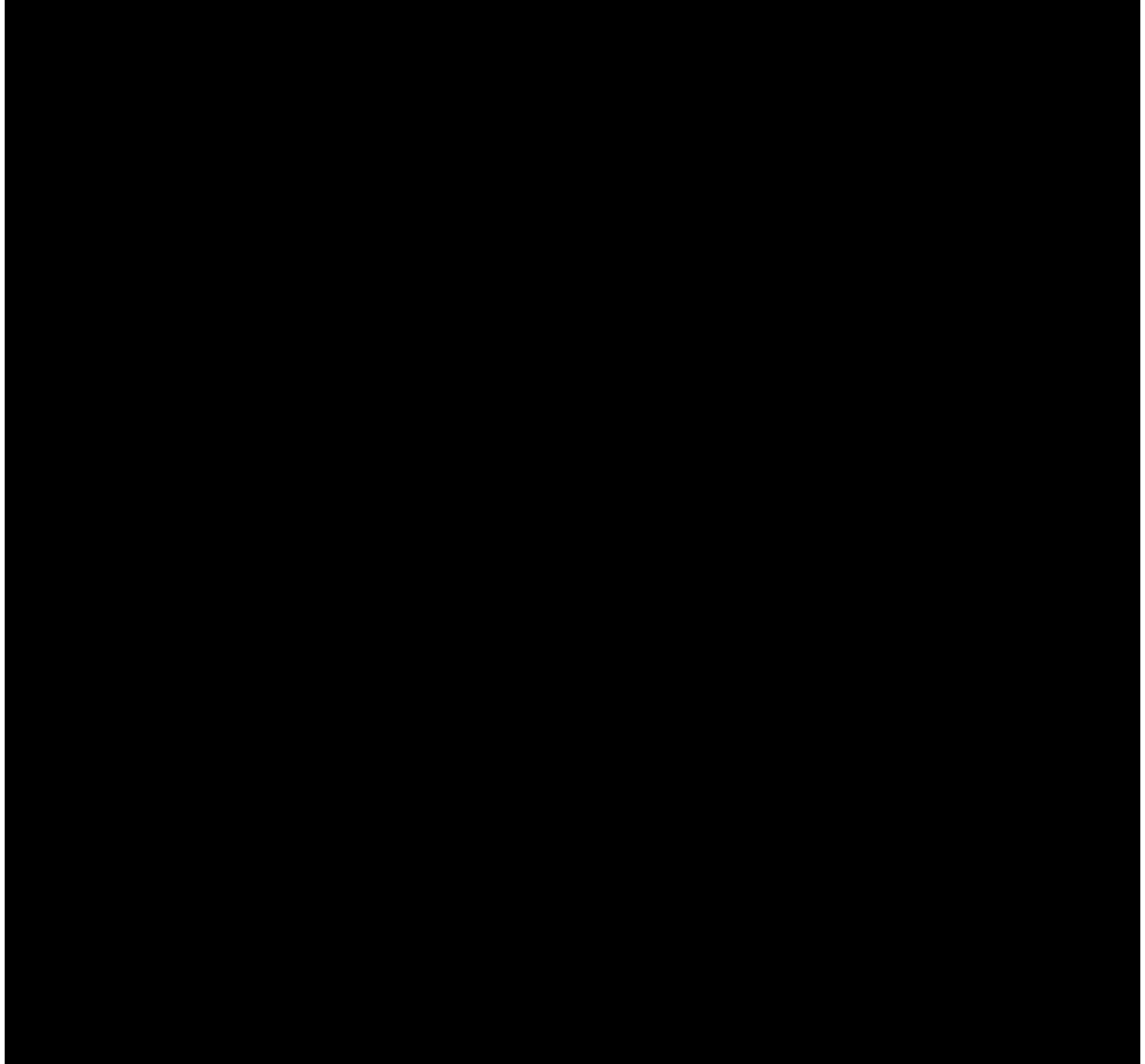
Tabla 4-11 Ajuste operacional y demanda diaria – Escenario 2018 con PLM

	# Rutas	Suma de Flota ajustada 2018 con PLM	Suma de Vehic-km día ajustados 2018 con PLM	Suma de Abordajes DÍA 2018 con PLM
Troncal actual	64	736	237 824	1 369 855
Articulado	56	658	211 612	1 166 458
Bi-articulado	8	78	26 212	203 397
Troncal nueva *	52	791	246 121	2 113 448
Padrón	2	24	5 039	63 274
Articulado	38	621	198 883	1 454 459
Bi-articulado	12	146	42 199	595 714
Alim Actual	75	440	96 270	882 691
Padrón	75	440	96 270	882 691
Alim Nuevo *	82	853	180 002	1 185 873
Microbus	4	12	2 522	3 954
Busetón	35	194	39 980	232 199
Padrón	43	647	137 501	949 720
Complementaria *	13	86	17 763	183 481
Busetón	10	67	13 291	117 526
Padrón	3	19	4 473	65 955
Auxiliar *	329	9 160	2 026 906	3 789 437
Microbus	58	1 670	337 918	362 104
Buseta	65	1 580	352 830	453 229
Busetón	151	4 181	931 507	1 832 877
Padrón	55	1 729	404 651	1 141 228
Especial *	2	9	2 867	396
Microbus	2	9	2 867	396
Alim Soacha	10	40	10 178	76 660
Padrón	10	40	10 178	76 660
Intermunicipal	68	1 596	332 781	386 375
Microbus	55	1 448	292 793	265 480
Bus intermunicipal	13	148	39 989	120 895
Tren Cercanías	3	28	11 027	390 968
Total general	698	13 739	3 161 740	10 379 183
Total SITP * (sin TM fase 1 y 2)	478	10 899	2 473 659	7 272 635

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

Los datos operacionales de la PLM están presentados en el producto N° 25, en donde se estiman que 37 trenes son necesarios y recorren unos 13.900 km diarios. Se recuerda que la demanda estimada para la PLM arroja ochocientos mil abordajes al día.

Tabla 4-12 Impacto de la PLM sobre la demanda y oferta ajustada de los demás modos de transporte público



The table content is completely redacted with a solid black box.

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

La puesta en servicio de la PLM afecta la demanda y la oferta diaria de los futuros concesionarios nuevos del SITP en un 6% respecto a la situación sin metro, y la flota requerida disminuye también en un 5%. Para operar las rutas delegadas a las concesiones del SITP que se están estructurando, y bajo el supuesto que se mantienen las tipologías vehiculares atribuidas en el diseño operacional establecido por consultoría del SITP, se estima que unas 597 unidades sobrarían una vez que se ajuste la oferta a la redistribución de la demanda por la entrada de la PLM. La tabla siguiente presenta por tipo de vehículos las unidades que se tendrían que retirar de las nuevas concesiones del SITP.

Tabla 4-13 Impacto de la PLM sobre la flota de los concesionarios del SITP

Microbus	-189
Buseta	-91
Busetón	-179
Padrón	-69
Articulado	-21
Padrón dual	-27
Bi-articulado	-21

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank

A continuación se presenta el impacto hipotético de la PLM sobre la demanda y oferta de los operadores de las demás rutas, en función de la delegación que propone la consultoría del SITP.

Tabla 4-14 Impacto de la PLM sobre la demanda y oferta ajustada de los operadores del SITP

Zona SITP09	Flota ajustada 2018 sin Metro	Vehic-km ajustados 2018 sin metro	ABORDAJES DÍA 2018 sin Metro	Flota ajustada 2018 con PLM	Vehic-km ajustados 2018 con PLM	ABORDAJES DÍA 2018 con PLM	Variación Flota	Variación VK diarios	Variación Abordajes DÍA
Bosa	1 290	281 992.1	484 168	1 083	238 743.7	412 663	- 207	- 43 248.4	- 71 505
Calle 80	509	109 039.7	247 493	482	102 666.7	235 880	- 27	- 6 373.0	- 11 613
Ciudad Bolívar	689	154 149.6	297 404	676	150 816.6	288 839	- 13	- 3 333.0	- 8 565
Engativa	786	166 311.0	453 987	788	166 685.5	445 797	2	374.4	- 8 190
Fontibon	839	181 975.6	429 357	833	180 515.7	421 923	- 6	- 1 460.0	- 7 434
Kennedy	967	210 854.9	383 425	844	183 517.4	337 538	- 123	- 27 337.4	- 45 887
Perdomo	346	74 436.2	125 886	311	67 408.4	115 544	- 35	- 7 027.9	- 10 342
San Cristobal	712	154 680.8	573 364	741	162 676.7	616 212	29	7 995.9	42 848
Suba Oriental	290	64 425.4	146 328	267	60 481.1	135 372	- 23	- 3 944.3	- 10 956
Suba Centro	1 359	299 252.2	516 910	1 339	295 124.5	509 134	- 20	- 4 127.7	- 7 776
Tintal - Zona Franca	219	45 354.0	112 192	221	45 703.4	120 085	2	349.4	7 893
Usaquen	1 567	343 868.3	922 507	1 459	324 046.5	811 427	- 108	- 19 821.7	- 111 080
Usme	840	200 263.8	311 424	836	199 437.5	308 515	- 4	- 826.2	- 2 909
ALCAPITAL	65	12 232.7	101 710	67	12 415.3	103 946	2	182.6	2 236
ALNORTE	74	18 293.6	182 032	68	17 000.9	158 738	- 6	- 1 292.7	- 23 294
Citimovil	135	26 898.5	237 964	138	27 052.6	239 550	3	154.1	1 586
ETMA	136	28 325.9	247 502	135	27 797.6	240 922	- 1	- 528.3	- 6 580
SI03	168	41 541.5	335 408	165	40 710.7	310 796	- 3	- 830.8	- 24 612
TAO	86	19 061.2	168 794	88	19 129.1	170 698	2	67.9	1 904
Alim Soacha	40	10 178.4	76 763	40	10 178.4	76 660	-	-	- 103
Alim Nuevo	-	-	-	7	1 878.7	58 750	7	1 878.7	58 750
Troncal actual	804	257 421.1	1 600 643	736	237 824.2	1 369 855	- 68	- 19 596.9	- 230 789
Troncal nueva	860	265 551.8	2 334 827	791	246 121.0	2 113 448	- 69	- 19 430.9	- 221 379

Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank y delegación de rutas de la consultoría del SITP

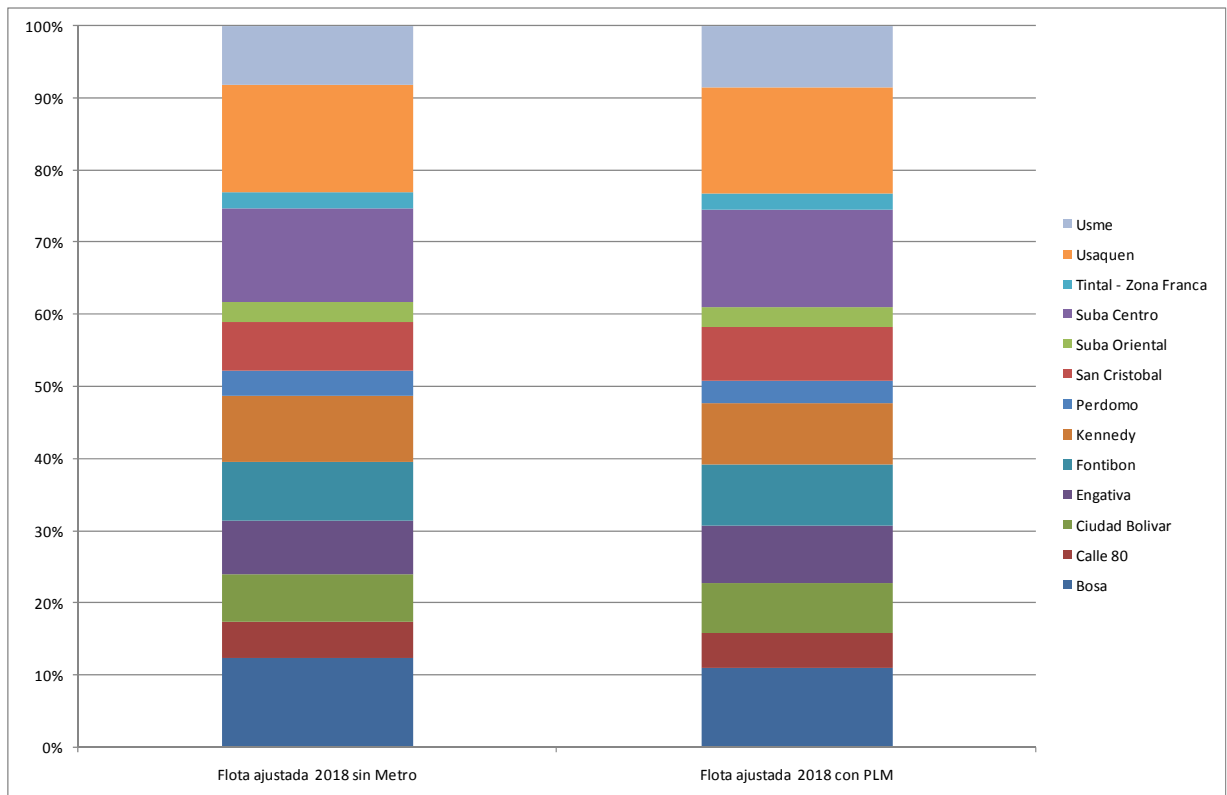
Los datos asociados a rutas troncales se presentan bajo los operadores “Troncal actual” y “Troncal nueva” mientras las rutas alimentadoras y auxiliares se reparten entre los nuevos operadores zonales y los concesionarios actuales de la alimentación TransMilenio fase 1 y 2. La ruta alimentadora agregada en el escenario con PLM (AR012) se presenta bajo la denominación “Alim nuevo” pero podría ser operada por el operador de la zona Usaquén.

Los impactos sobre los concesionarios alimentadores existentes son muy reducidos tanto en demanda como en oferta, aunque cabe evidenciar una afectación sustancial de los concesionarios Alnorte y SI03 en cuanto a demanda.

Los operadores más afectados por la entrada de la PLM son los que operan rutas atendiendo a las zonas Bosa, Kennedy y en menor amplitud Perdomo y Usaquén. Se puede estimar que las variaciones en la oferta inducidas por la PLM puede significar una disminución en la flota requerida hasta 207 vehículos por reposicionar que representan el 16% de la flota de la zona incriminada (zona Bosa), y una reducción del mismo orden de la oferta diaria expresada en kilómetros recorridos. A contrario, algunas zonas (San Cristobal, Tintal-Zona Franca y Engativa) experimentan un aumento tanto en la flota, el kilometraje diario como en la demanda diaria.

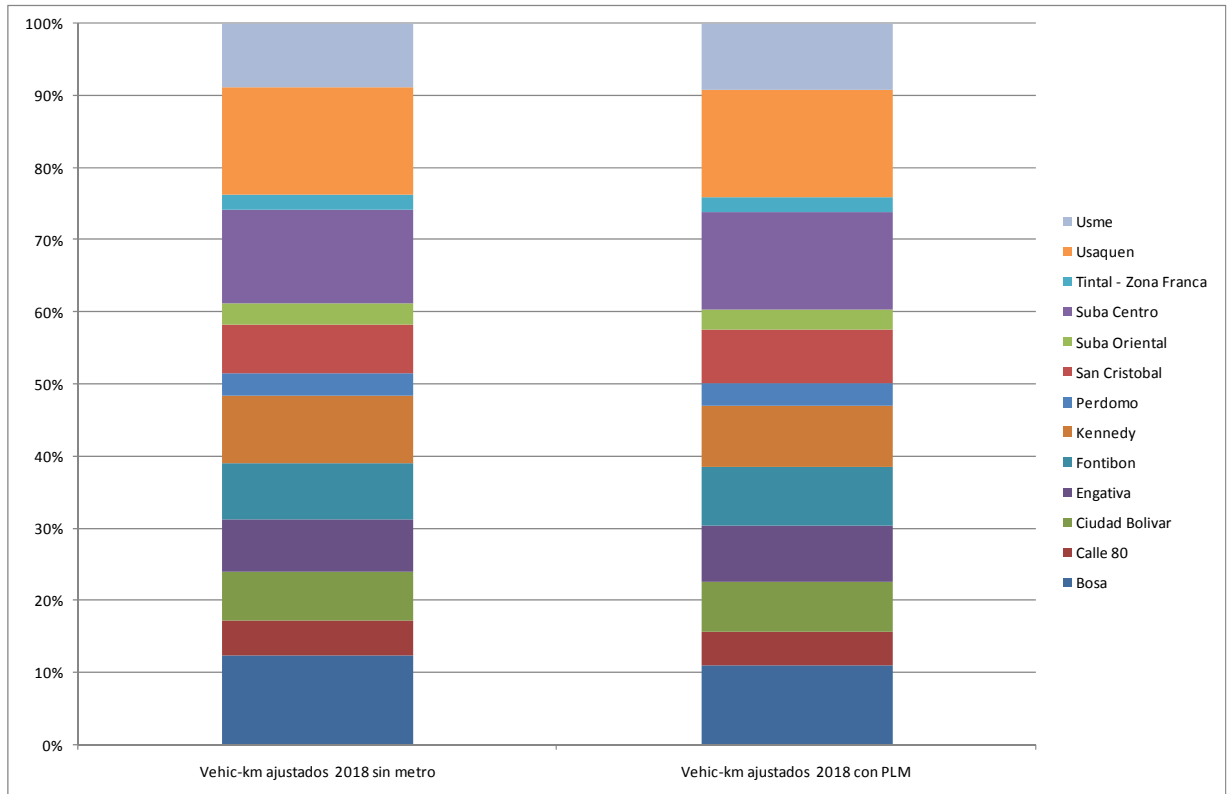
Sin embargo, la participación de las nuevas concesiones del SITP en la demanda y oferta de todas zonas operacionales se mantiene en los mismos rangos de magnitud, siendo Usaquén, Suba Centro y Bosa las que mayor peso tienen.

Figura 4-7 Participación de los concesionarios del SITP (operación zonal) en la flota



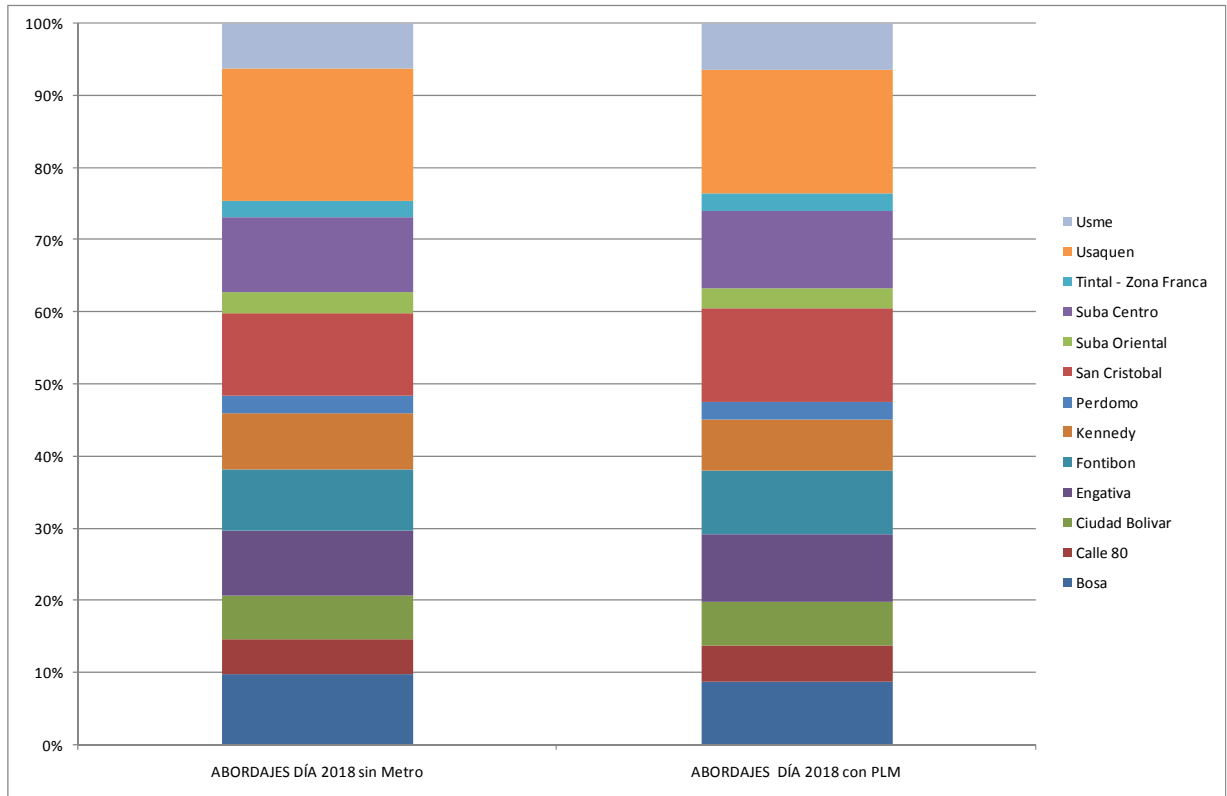
Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank y delegación de rutas de la consultoría del SITP

Figura 4-8 Participación de los concesionarios del SITP (operación zonal) en el kilometraje diario



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank y delegación de rutas de la consultoría del SITP

Figura 4-9 Participación de los concesionarios del SITP (operación zonal) en los embarques diarios



Fuente: Elaboración propia con información del Emmebank y delegación de rutas de la consultoría del SITP

5 IMPACTO EN LOS COSTOS OPERACIONALES DEL SITP

El presente capítulo trata el desarrollo de los costos operacionales y de mantenimiento de la flota del sistema tronco-alimentado, buses auxiliares y sistema metro que hacen parte del Sistema Integrado de Transporte Público.

Recoge información sobre costos de mantenimiento de infraestructura, malla vial y estaciones del servicio troncal y metro, así como del costo de operación tanto del SIRCI como del ente gestor. Todo esto con el objetivo de identificar los costos estimados de prestar el servicio en condiciones de eficiencia operativa a los usuarios.

De igual manera incluye costos relacionados con la indemnización a los operadores de los vehículos que por la entrada del sistema metro tendrían que salir de circulación, a causa de la reorganización del transporte público.

Los conceptos tomados dentro de los costos de operación pueden resumirse en: costos de combustible, llantas, lubricantes, personal y en si todos aquellos que son necesarios para que un vehículo opere de manera satisfactoria.

En general, todas las características de una operación de producción afectan su costo, este capítulo dirige su atención en cuatro de estas características:

- a. El nivel de producción en un periodo de tiempo: Vehículos-kilómetros anuales.
- b. El volumen planteado de producción: Oferta de material móvil, tamaño de la flota.
- c. Mantenimiento de capacidad instalada: Oferta de infraestructura.
- d. Administración y gestión del sistema.

Relacionando estas características, el costo se expresaría como sigue:

$$C = f (Vh/k, Mm, Ci)$$

Vh/Km = Vehículos kilómetro

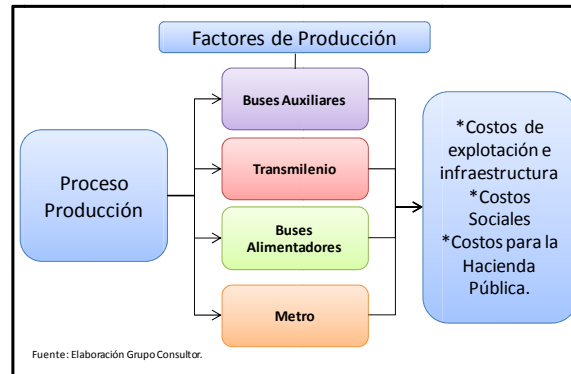
Mm = Material móvil

Ci = Mantenimiento de capacidad Instalada

A&G = Administración y gestión del sistema (SIRCI y Ente Gestor)

Lo anterior muestra que el incremento en los costos es función del nivel de producción y que este debe hacer una distribución eficiente de los recursos, de manera que se refleje eficiencia técnica en todas las asignaciones que se encuentran el sistema. Esta asignación se puede ver, de manera simplificada, reflejada en la siguiente figura.

Figura 5-1 Producción – Costos de transporte en Bogotá



Fuente: Elaboración propia

En términos generales se denomina costo a la valoración en términos monetarios del consumo de los diversos factores aplicados a un proceso productivo, una clasificación muy utilizada para los costos puede resumirse en los siguientes ítems.

- **Costos de explotación e infraestructura:** Las infraestructuras de transporte, generalmente, son realizadas por la administración pública, mientras que la explotación se deja en manos de la empresa privada. Dentro de esta clasificación se encuentran costos directos e indirectos.
- **Costos operativos directos e indirectos:** Los primeros son los relacionados directamente con la producción de un bien o servicio y por lo tanto se imputan de manera directa y los indirectos deben ser imputados a través de ratios del proceso productivo.
- **Costos fijos y variables:** Dentro del proceso de producción una parte de los costos permanece sensiblemente constante aunque la producción varíe, esto son los denominados costos fijos, generalmente conformados por instalaciones, inmuebles, mercado laboral, entre otros. Los costos variables son aquellos que varían de forma directa con los niveles de producción, para el caso del sector del transporte lubricantes, combustible, llantas entre otros.

5.1 ESTRUCTURA ACTUAL DE COSTOS DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOGOTÁ

La estructura de transporte actual conformado por los servicios colectivo, alimentación y troncales, presenta una estructura de costos en donde el rubro de costos fijos constituye el 37% y los variables el 63%. Lo que significa que este sector, funciona con una estructura de costos variables muy elevada, la cual es explicada por la sobreutilización de los equipos.

La alta participación de costos variables se debe a un alejamiento del valor óptimo de explotación (valor mínimo del costo medio) a partir del cual se inicia el crecimiento de los costos variables. Para mejorar este aspecto es conveniente realizar un incremento en su nivel de capitalización⁸ mejorando su competitividad, eficiencia y cobertura. La siguiente tabla muestra la estructura de costos del sistema actual.

⁸ Transporte un enfoque integral. Izquierdo, Rafael. 1994

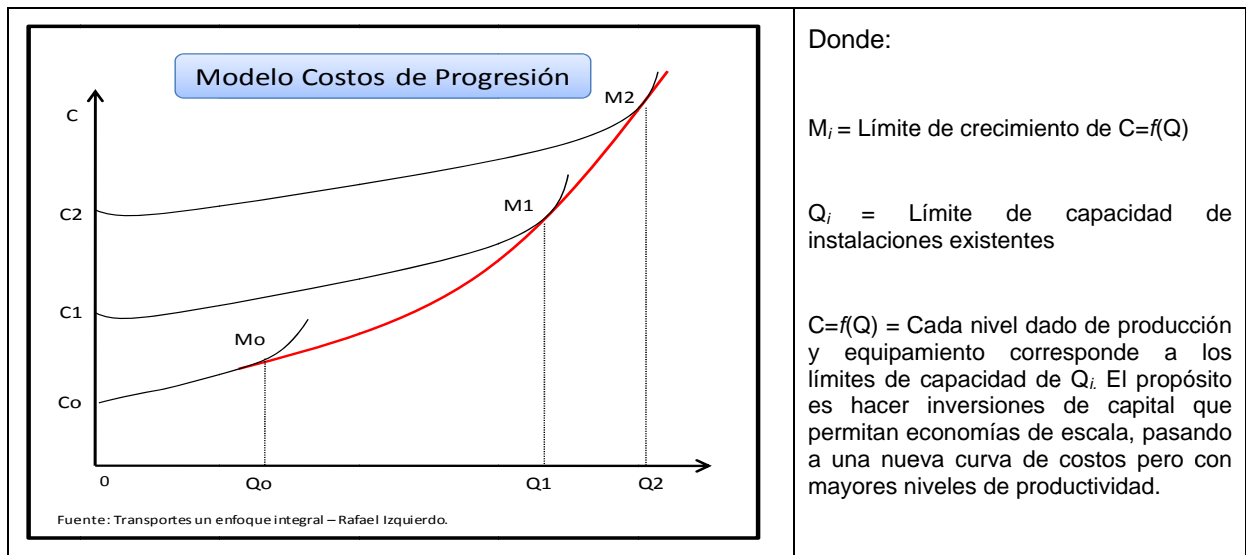
Tabla 5-1 Participación de costos fijos y variables en la estructura actual

PARTICIPACION ESTRUCTURA DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES 2.009		
Costos	Fijos	Variables
Troncal	45%	55%
Alimentación	35%	65%
TPC	31%	69%
Total Sistema	37%	63%

Fuente: TransMilenio. Secretaría Distrital de Movilidad

El modelo de costos que representa el escenario planteado anteriormente se denomina modelo de Costos de Progresión y demuestra que el nivel de costos se encuentra en función de los niveles de producción. En el siguiente gráfico se observa el comportamiento de este tipo de modelo.

Figura 5-2 Modelo de costos de progresión



Fuente: Transporte un enfoque integral. Izquierdo, Rafael. 1994

A partir de esta explicación se desarrolla el análisis de los costos de explotación de la flota así como del mantenimiento de las infraestructuras necesarias para su operación, partiendo del supuesto de un incremento de las inversiones de capital a partir del reordenamiento del transporte público y de la inclusión de un nuevo modo de transporte denominado metro.

5.2 METODOLOGÍA

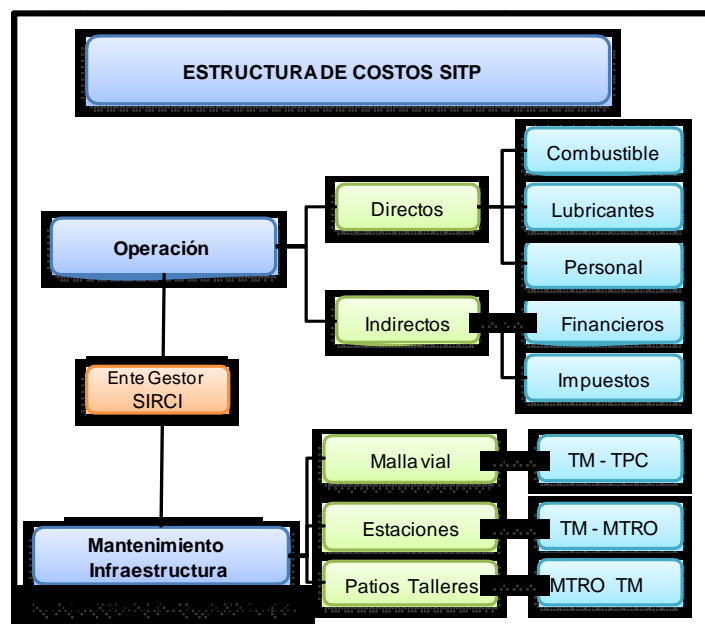
Para el análisis de costos se utiliza la concepción de diferentes escenarios de SITP a partir de la entrada del Metro y se aplica una metodología descriptiva de asociación, en donde entran en juego:

- la circulación de los modos; buses auxiliares, sistema tronco-alimentado y Metro,
- el mantenimiento de la malla vial,

- el mantenimiento de las estaciones, para el caso del modo Tronco-alimentado y Metro, y los costos de operar la flota de manera rutinaria, cabe señalar que este costo se encuentra incluido dentro del porcentaje de remuneración al ente gestor⁹,
- los costos del ente gestor y del SIRCI.

La estructura general de costos de operación y mantenimiento del SITP se puede expresar en la siguiente figura.

Figura 5-3 Estructura de costos SITP



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 COSTOS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE FLOTA DIRECTOS E INDIRECTOS

Se utiliza la metodología y valores aportados por la consultoría del SITP, en donde los costos de operación se encuentran en función de los *vehículos kilómetro*, que reporta la flota.

Los costos son desagregados¹⁰ por directos e indirectos así:

- **Costos directos:** personal, combustibles, lubricantes, llantas, repuestos, seguros vehículos, imp. Rodamiento, SOAT, depreciaciones, otros costos de operación.
- **Costos y gastos indirectos:** alquiler y mantenimiento de patios, centro de control, gastos fiduciarios, seguros contractuales, impuestos, depreciación patios, amortización preoperativos y flota no utilizada, gastos financieros y chatarrización de la flota no requerida.

La flota está dividida en los siguientes tipos de servicio y bus así:

- TransMilenio: articulado, bi-articulado, padrón dual.

⁹ Información suministrada por la consultoría SITP.

¹⁰ Estructuración Financiera del SITP. Capítulo 5-C

- Alimentación: padrón, busetón y microbús.
- Buses auxiliares: padrón, busetón, buseta y microbús.
- Metro, 40 trenes de 7 coches.

5.2.2 COSTOS POR USO DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Para el desarrollo de este ítem, se tienen en consideración los costos de mantenimiento de la malla vial, de las estaciones, patios y cocheras¹¹ utilizados por el transporte público. De acuerdo a la demanda proyectada por el modelo de transporte para los diferentes escenarios. Las fuentes de información consideradas son el Instituto de Desarrollo Urbano IDU y TransMilenio TM.

Mantenimiento malla vial Buses Auxiliares y sistema Tronco-alimentado.

Las variables que se manejan se refieren a: Precios de mantenimiento para pavimento flexible y rígido, longitud y ancho de vía demandada por cada uno de los modos para su operación.

Se ha clasificado la longitud de vía utilizada, según el modo y el ancho de calzada (promedio de 7 m) para los diferentes escenarios y para el área total demandada, a partir de la diferenciación del tipo de pavimento de la vía. El objeto de esta clasificación es determinar el área total en m² que requerirá ser mantenida para el correcto funcionamiento del sistema de transporte público.

Para la realización de esta clasificación se elaboran unas tablas por cada ruta, en el cual se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

1. Carga de información para cada ruta donde se especifica tipo de pavimento en el programa de Arc-Gis.
2. Montaje de la información de las Rutas de TP, desagregadas por TPC y TM Rojos y Verdes (líneas alimentadoras) donde se obtuvo la longitud total de cada una de ellas; cabe anotar que cada ruta tuvo que ser digitalizada independiente para calcular una longitud real.

A partir del desarrollo de los puntos 1 y 2 se realiza una interferencia de redes obteniendo los datos para calcular las longitudes y áreas que cada modo utiliza en su operación.

Con los datos de costos de mantenimiento de malla vial suministrados por el IDU, se realiza el cálculo de uso de malla del SITP en los componentes buses auxiliares, sistema troncal y alimentadores, partiendo de la premisa de una red vial calificada, en buen estado (verde). La siguiente tabla muestra las salidas generadas de este cálculo, para cada modo, diferenciando por modo.

Tabla 5-2 Ejemplo de tabla de clasificación de las vías

	MODO...	
	2.018	
Tipo de Pavimento	FLEXIBLE	RIGIDO
Costo de mantenimiento m2. (1)		
Área total m2		
Total costo mmto. \$		

Fuente: (1) IDU - Costo de mantenimiento rutinario. Cálculos Grupo Consultor

Fuente: Elaboración propia con base en datos de IDU

¹¹ Se refiere a estaciones, patios y cocheras de los modos existentes, no incluye los dedicados a Metro que son explicados en el P25.

Los costos utilizados para el cálculo fueron suministrados por el IDU, y son los utilizados para el año 2.009 de tal manera que para mantenimiento periódico de malla vial flexible el costo es de \$41.774m² y para malla vial rígida es de \$84.319m².

Esto precios incluyen; AIU 30% labores de gestión social y ambiental, plan de manejo de tráfico y desvíos e interventoría de la obra.

El análisis de los costos de mantenimiento de infraestructura para el modo Metro fue desarrollado en el P25, no obstante se resalta que la cifra presentada en este capítulo contempla el mantenimiento de la infraestructura, los gastos del personal y los aprovisionamientos.

Mantenimiento de estaciones TM

El desarrollo de la operación del servicio de TM, requiere una infraestructura funcionando en perfecto estado, por lo que se analiza el costo de mantenimiento de las estaciones, por ser este factor clave de éxito para el funcionamiento del sistema. Se tendrán en cuenta costos de: redes hidráulicas, eléctricas, puertas, tableros, servicios públicos, vigilancia entre otros.

Tabla 5-3 Ejemplo de tabla de costos de mantenimiento de estaciones TM

ITEM	VALOR
ASEO	
VIGILANCIA	
SERVICIOS PUBLICOS	
Agua	
Eléctricidad	
MANTENIMIENOT GRAL.	
TOTAL	

El ítem, **mantenimiento general**, incluye entre otros los costos:

Redes hidráulicas, eléctricas, iluminación, puertas, tableros de control, servicios públicos, vigilancia, pintura, estructura metálica, plataformas de aproximación, estribos, soldadura, pisos, señalización, techos y cubiertas entre otros.

El número de estaciones considerado va de la fase I a la fase III, las cuales suman en total 161, clasificadas en: sencillas, portales e intermedias, como se muestra en la tabla.

Tabla 5-4 tipos y números de estaciones TM

No. ESTACIONES TM POR TIPO	
Estaciones Sencillas FI	50
Estaciones Sencillas FII	52
Portales e Intermedias FI y FII	13
Estaciones Sencillas FIII	38
Portales e Intermedias FIII	8
TOTAL	161

Fuente: TransMilenio S.A.

El costo, generalizado, de mantenimiento de estaciones TM, se obtiene a partir del producto entre el valor total y el número de estaciones por tipo a 2.018.

5.3 CÁLCULO DE COSTOS

5.3.1 COSTOS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DIRECTOS E INDIRECTOS

A continuación se presentan los resultados de costos de operación del sistema para un período de un año. El análisis adopta los siguientes supuestos:

1. Costos, estimados a precios corrientes de 2.009.
2. Supone que la estructura proyectada a 2.018, se encuentra lista para entrar a operar hoy.
3. Se considera el recorrido total de los vehículos, incluyendo distancias “vacías” o “muertas” que los vehículos recorren en sus servicios diarios. De acuerdo al equipo técnico del SITP, el porcentaje de recorrido muerto en los diferentes modos es aproximadamente un 4.76% del recorrido comercial. Este porcentaje se aplica al total de vehículos kilometro de cada modo estimado por el modelo de transporte.
4. Las variaciones que se muestran en las tablas, corresponden a un escenario en donde el período actual es con metro y el anterior sin metro.
5. Los datos de costos para los diferentes tipos de vehículo fueron aportado por el equipo técnico del SITP y son los siguientes:

Tabla 5-5 Costos directos e indirectos 2018 por tipo de vehículo

Costos directos e indirectos 2.018			
Modo	\$/km Dtos.	\$/km Indtos.	\$/km Total
Padrón	2.128	317	2.445
Busetón	1.704	317	2.022
Buseta	1.544	317	1.861
Microbus	1.568	317	1.885
Articulado	3.177	317	3.494
Biarticulado	3.700	317	4.017

Fuente: Consultoría SIP-TransMilenio S.A.

Costo Buses Auxiliares

Como se dijo anteriormente la estructura de costos de operar y mantener la flota de buses auxiliares, consta de dos variables de análisis para la consultoría del Metro. La primera el costo de operación inicial, que es un dato entregado por la consultoría del SITP, y la segunda el número de Vh-Km, tomado de los resultados de la modelación del SITP a la entrada de la PLM, a partir del modelo de transporte.

La siguiente tabla muestra la cantidad de Vh-Km día recorridos por la flota de buses auxiliares, para los diferentes escenarios. Estos datos incluyen el porcentaje de distancias “vacías” o “muertas” que los vehículos recorren en sus servicios diarios, correspondiente al 4,76%.

Tabla 5-6 Indicadores operacionales por tipo de vehículo

Vehículos Km día Flota Buses Auxiliares 2.018			
Modo	Vh/Km PLM	Vh/Km SIN PLM	Variación
Microbus	357.006	396.790	-10%
Buseta	369.624	390.021	-5%
Busetón	978.200	1.014.021	-4%
Padrón	423.913	458.898	-8%
Totales	2.128.743	2.259.731	-6%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

Ahora bien, teniendo en cuenta el costo por kilómetro y la información de la tabla anterior se presenta el resultado del costo anual de operar la flota de buses auxiliares, se considera un total de 300 días laborables para un factor día mes de 25.

Tabla 5-7 Costo de la oferta anual de buses auxiliares al 2018

Costo Fota Buses Auxiliares 2.018			
Modo	PLM	SIN PLM	Variación
Microbus	201.866.322.339	224.361.782.397	-10%
Buseta	206.356.188.839	217.743.618.869	-5%
Busetón	593.300.224.083	615.026.565.316	-4%
Padrón	310.959.739.317	336.623.350.972	-8%
Totales	1.312.482.474.579	1.393.755.317.554	-6%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

El tamaño, estimado, de la flota que operaria a este costo, anual, es el siguiente:

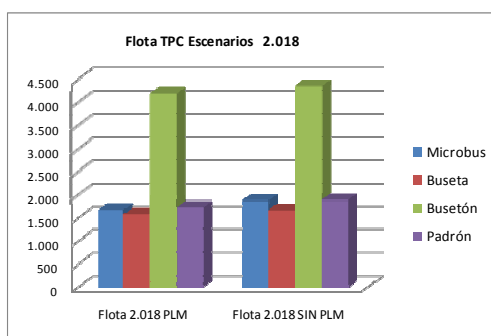
Tabla 5-8 Tamaño estimado de flota de buses auxiliares al 2018

Tamaño de Flota Buses Auxiliares			
Modo	Flota 2.018 PLM	Flota 2.018 SIN PLM	Variación
Microbus	1.679	1.869	-10%
Buseta	1.580	1.671	-5%
Busetón	4.192	4.358	-4%
Padrón	1.729	1.881	-8%
Totales	9.180	9.779	-6%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

A continuación se ilustra la distribución de la flota por tipo de vehículos.

Figura 5-4 Flota de buses auxiliares por tipo de vehículos



Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

Costo sistema Tronco-alimentado

La estructura de costos del sistema Tronco-alimentado, consta del siguiente tipo de vehículos: articulados, biarticulados y padrón para el servicio troncal y busetón, microbús y padrón para la alimentación, esa última alimentando al sistema masivo conformado por troncales TransMilenio y metro (en el caso del escenario con PLM). Los costos se calculan en función del vehículo kilómetro y el precio por kilómetro.

Tabla 5-9 Vehículos-Km por día 2018

Vehículos Km día Sistema Tronco-alimentado 2.018			
Modo	PLM	SIN PLM	Variación
Troncales	506.981	547.866	-7%
Articulado	430.035	458.458	-6%
Bi-articulado	71.667	78.094	-8%
Padrón	5.279	11.315	-53%
Alimentadores	316.342	299.698	6%
Microbus	2.642	2.524	5%
Busetón	53.453	56.131	-5%
Padrón	260.247	241.043	8%
Totales	823.323	847.564	-3%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

Los datos presentados en la tabla anterior incluyen el porcentaje de distancias “vacías” o “muertas” que los vehículos recorren en sus servicios diarios, correspondiente al 4,76%.

A continuación se observa el costo total anual de operar la flota del servicio Tronco-alimentado para los escenarios con y si PLM al 2.018.

Tabla 5-10 Costos de la oferta anual del sistema Tronco-alimentado 2018

Costos Folta Sistema Tronco-alimentado anual 2.018			
Modo	PLM	SIN PLM	Variación
Troncales	541.035.007.054	583.002.553.804	-7%
Articulado	450.790.234.040	480.584.966.477	-6%
Bi-articulado	86.372.482.916	94.117.451.462	-8%
Padrón	3.872.290.098	8.300.135.865	-53%
Alimentadores	224.817.529.493	212.288.119.323	6%
Microbus	1.493.883.179	1.427.095.791	5%
Busetón	32.420.334.263	34.044.451.423	-5%
Padrón	190.903.312.051	176.816.572.109	8%
Totales	765.852.536.546	795.290.673.127	-4%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

En términos de porcentaje de participación de costos por tipo de vehículo, se observa que en el escenario con PLM, la troncal representa el 71% y en el escenario sin PLM el 73%, mientras que los alimentadores son el 29% y 27% respectivamente, en la tabla se observan las participaciones.

Tabla 5-11 % Participación Costos de la flota del sistema Tronco-alimentado 2018

% Participación Costos Folta Sistema Tronco-alimentado 2.018		
Modo	PLM	SIN PLM
Troncales	71%	73,31%
Articulado	58,86%	60,43%
Bi-articulado	11,28%	11,83%
Padrón	0,51%	1,04%
Alimentadores	29%	27%
Microbus	0,20%	0,18%
Busetón	4,23%	4,28%
Padrón	24,93%	22,23%
Totales	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

La operación del sistema de Tronco-alimentado, para el escenario con PLM, tiene un costo de \$765.852.536.546 millones al año, con una flota total de 2.935 vehículos, en donde los troncales suman 1.527 y la flota de alimentación compuesta por padrones, busetón y microbús suma 1.408 vehículos. Por

otra parte el escenario sin PLM, representa un costo total de \$795.290.673.127 millones al año, y movilizan un tamaño de flota estimado de 3.002 vehículos entre troncal y alimentadores.

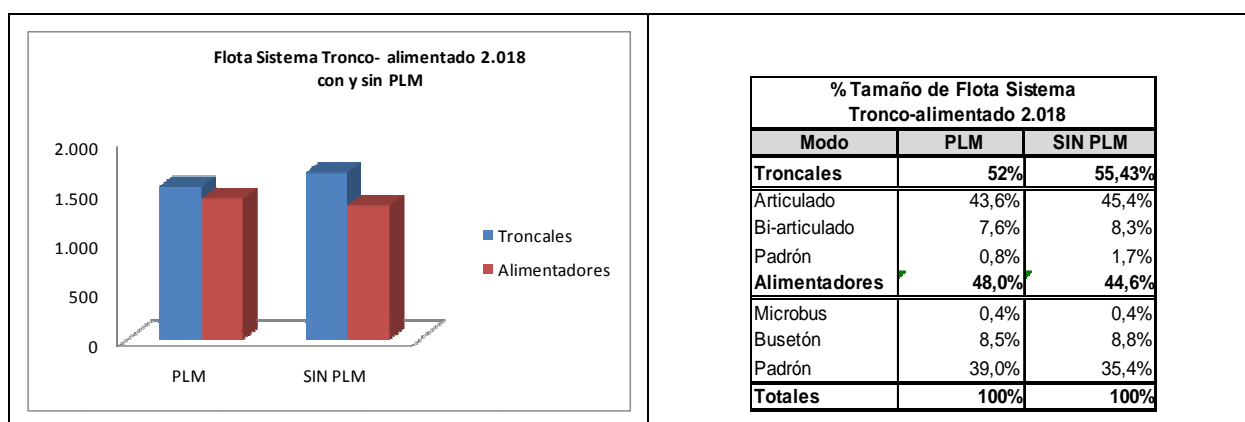
Tabla 5-12 Tamaño de la flota del sistema Tronco-alimentado 2018

Tamaño de Flota Sistema Tronco-alimentado 2.018			
Modo	PLM	SIN PLM	Variación
Troncales	1.527	1.664	-8%
Articulado	1.279	1.363	-6%
Bi-articulado	224	250	-10%
Padrón	24	51	-53%
Alimentadores	1.408	1.338	5%
Microbus	12	11	9%
Busetón	250	263	-5%
Padrón	1.146	1.064	8%
Totales	2.935	3.002	-2%

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

Gráficamente la participación del tamaño de la flota se observa como sigue:

Figura 5-5 Flota de Tronco-alimentado con y sin metro



Fuente: Elaboración propia con datos del modelo de transporte

El porcentaje de participación de flota troncal para el escenario con PLM es del 52%, mientras que en el escenario sin PLM representa el 55%, la flota de alimentadores por su parte representa el 48% y 45% respectivamente notándose más fuerte su participación en el escenario con PLM, resaltando la participación de los buses padrón que para el sistema de alimentación representan en ambos escenarios un promedio del 36% de la flota.

Consolidado Costos de Operación y Mantenimiento de Flota sistema tronco alimentado, buses auxiliares y metro.

El siguiente es el consolidado de los costos de operación y mantenimiento de la flota a precios de 2.009.

Tabla 5-13 Costos oferta anual en pesos a precios 2009

Costos Anuales Flota pesos a precios 2.009		
Escenario	2.018 CON PLM	2.018 SIN PLM
Troncal	541.035.007.054	583.002.553.804
Alimentadores	224.817.529.493	212.288.119.323
B. Auxiliares	1.312.482.474.579	1.393.755.317.554
Metro	313.443.242.756	0
Total	2.391.778.253.882	2.189.045.990.681

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que operar la flota en el escenario con metro tiene un impacto en incremento de costos del 9,6%. Presentando el modo metro una participación del 13%, los buses auxiliares 55%, alimentadores 9% y troncal 23% en el total de los costos para el escenario PLM.

Los costos del metro fueron calculados considerando los siguientes datos obtenidos del producto 25, y en donde se resalta lo siguiente: el costo de operación básico coche-Km de metro corresponde a \$4.401, sin embargo con el objetivo de hacer la comparación equilibrada entre los diferentes modos se incluye el valor de los costos financieros y amortizaciones y el total de coche-Km equivale entonces a \$9.354, adicionalmente se estima un total de 31,9 millones de coche-km por año. La siguiente tabla muestra los datos correspondientes a los costos por km. Adicionalmente se destaca que el sistema metro dentro del costo básico incluye los costos de mantenimiento de infraestructuras que anualmente se estima en \$8.718.000.000.

Tabla 5-14 Costos metro en pesos a precios 2009

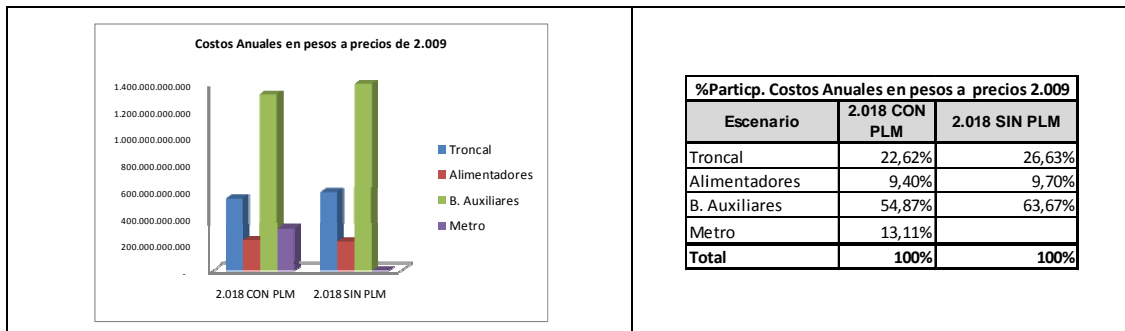
Costos directos e indirectos 2.018			
Modo	\$/km básicos	\$/km F y A(1)	\$/km Total
Metro	4.401	4.953	9.354

(1) Costo financiero y amortización de material rodante equivale a \$9354.

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente la participación de costos por tipo de servicio, para los diferentes escenarios es la siguiente:

Figura 5-6 Participación del coste según el tipo de servicio



Fuente: Elaboración propia

La participación de los costos del sistema de buses auxiliares representa más del 50% de los costos tanto si el sistema con PLM como sin ella. En general las participaciones son homogéneas para los dos escenarios. Por otra parte se resalta la participación de costos del metro que equivale al 13.1%. Para el escenario sin metro los modos que mayor participación ganan son buses auxiliares y troncal.

5.3.2 COSTOS POR USO DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Para el sistema metro, se recuerda que los costos de mantenimiento de infraestructura están incluidos dentro del costo de operación básico presentado en el apartado anterior.

Mantenimiento malla vial Buses Auxiliares y Tronco- alimentado.

Los resultados obtenidos para el mantenimiento de la malla vial son los siguientes:

Tabla 5-15 Costo anual de mantenimiento de la malla vial

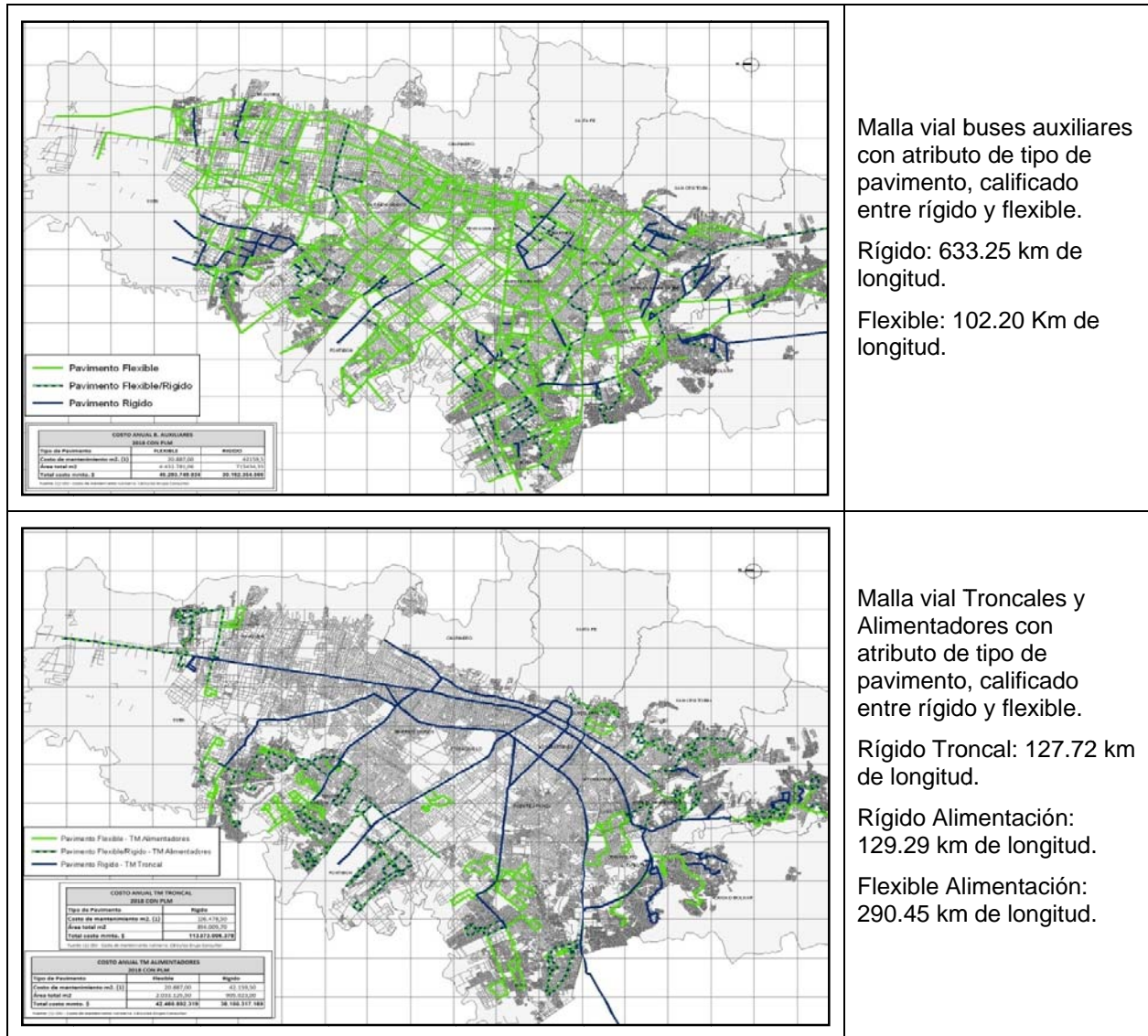
Costo Mantenimiento Malla Vial Anual		
Escenario	2.018 CON PLM	2.018 SIN PLM
Troncal	113.073.006.378	122.191.782.328
Alimentadores	80.621.209.487	76.379.415.930
B. Auxiliares	76.456.103.600	81.160.670.226
Total	270.150.319.465	279.731.868.485

Fuente: *Elaboración propia*

Para obtener el resultado (estimado) del escenario 2.018 con PLM se tomaron las longitudes de vía utilizadas por la troncal, alimentadores y buses auxiliares, se supuso un ancho de vía promedio de 7m. y se llegó a un área de medida de m² utilizado diferenciando el tipo de pavimento. Para el escenario sin PLM se aplicó al valor obtenido anteriormente la variación del uso de la red vial, dada por los vh/km recorridos. Los valores suministrados por el IDU, al corresponder a un mantenimiento de vía por dos años fueron divididos con el propósito de tener el valor anual.

La carga de información para cada ruta donde se especifica tipo de pavimento en el programa de Arc-Gis y el montaje de la información de las Rutas de TP, desagregadas por Buses Auxiliares, TM Rojos y Verdes muestra las longitudes encontradas en cada una de ellas y los resultados se visualizan en los planos adjuntos al final del presente documento y que se presentan de forma esquemática en las siguientes imágenes:

Figura 5-7 Longitudes por tipo de vía



Fuente: Elaboración propia

De manera desagregada se pueden observar los datos en las siguientes tablas.

Tabla 5-16 Costos anuales por tipo de vía

COSTO ANUAL TM TRONCAL 2018 CON PLM		
Tipo de Pavimento	Rigido	
Costo de mantenimiento m2. (1)	126.478,50	
Área total m2	894.009,70	
Total costo mmto. \$	113.073.006.378	

Fuente: (1) IDU - Costo de mantenimiento rutinario. Cálculos Grupo Consultor

COSTO ANUAL TM ALIMENTADORES 2018 CON PLM		
Tipo de Pavimento	Flexible	Rigido
Costo de mantenimiento m2. (1)	20.887,00	42.159,50
Área total m2	2.033.125,50	905.023,00
Total costo mmto. \$	42.465.892.319	38.155.317.169

Fuente: (1) IDU - Costo de mantenimiento rutinario. Cálculos Grupo Consultor

COSTO ANUAL B. AUXILIARES 2018 CON PLM		
Tipo de Pavimento	FLEXIBLE	RIGIDO
Costo de mantenimiento m2. (1)	20.887,00	42.159,50
Área total m2	4.432.781,06	715.434,35
Total costo mmto. \$	46.293.749.034	30.162.354.566

Fuente: (1) IDU - Costo de mantenimiento rutinario. Cálculos Grupo Consultor

Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento Estaciones TransMilenio

El costo del mantenimiento de las estaciones está dado por el número y los costos asociados al mantenimiento que como se dio anteriormente son: aseo, vigilancia, mantenimiento y servicios públicos. Los siguientes son los valores mensuales por tipo de estación.

Tabla 5-17 Costo mensual de estaciones al 2009

COSTO MENSUAL ESTACIONES TM (PESOS 2009)		
Tipo de Estación	Sencillas	Portales e Intermedias
Cantidad	140	21
Aseo	\$ 2.200.000,00	\$ 6.600.000,00
Vigilancia	\$ 2.200.000,00	\$ 16.700.000,00
Mantenimiento	\$ 6.200.000,00	\$ 18.500.000,00
Codensa	\$ 1.000.000,00	\$ 4.500.000,00
Acueducto	\$ 500.000,00	\$ 2.750.000,00
Basuras	\$ 120.000,00	\$ 880.000,00
ETB	NA	\$ 150.000,00
Internet	NA	\$ 150.000,00

Fuente: TransMilenio S.A.

Fuente: TransMilenio S.A.

El costo total del mantenimiento de las estaciones, entonces esta dado por los siguientes valores.

Tabla 5-18 Costo anual de mantenimiento de estaciones

Mantenimiento anual de estaciones TM		
Tipo de Estación	Sencillas	Portales
No. Estaciones	140	21
Costo anual	\$ 20.529.600.000	\$ 1.054.830.000
Total	\$ 21.584.430.000	

Fuente: Elaboración propia

Estos costos se toman tanto para el escenario con PLM como sin PLM. El costo de estaciones está incorporado dentro de los costos del ente gestor, el objetivo de este aparte es mostrar la participación de estos dentro del este rubro que equivale al 21%.

5.3.3 OTROS COSTOS DEL SISTEMA

La reorganización del sistema de transporte incluye los costos del SIRCI y los del Ente Gestor y la entrada en servicio del sistema metro, ocasionara una indemnización estimada por los vehículos que salen de circulación.

Sistema Integrado de Recaudo, Control e Información y Servicio al Usuario - SIRCI:

Dentro de los objetivos de SIRCI, se encuentran: controlar el sistema de transporte público de Buses de Bogotá en forma integrada e implementar un sistema tarifario integrado. Para el desarrollo de esta labores la consultoría del SITP, estima que el costo anual de este sistema es de \$235.000 millones de pesos, esto incluye centro de control, billeteaje, equipos, administración, recaudo (fase I,II y II TM) entre otros. Este costo aproximado se calculó para un escenario sin metro, por los tanto la consultoría del metro estima que a la entrada del sistema metro, el incremento en este valor puede estar alrededor de un 2,5% el cual se encuentra representado por torniquetes, sistemas de información y centro de control del metro. Este porcentaje es dado en razón al análisis de la experiencia tipo metro desarrolladas en el P12.

Ente Gestor

La consultoría del SITP, estima un costo de \$105.000 millones de pesos anuales, para los escenarios con y sin metro, incluye la administración de TransMilenio, planificación y control entre otras.

5.4 RESUMEN DE COSTOS

El consolidado de costos, estimados, de operación y mantenimiento del Sistema Integrado de Transporte Público SITP, para los escenarios con y sin PLM en el período 2018, muestra que el operar un sistema con metro incrementaría los costos en un 9,14% con respecto al escenario sin PLM. Este porcentaje está representado por los rubros de mantenimiento de vías de metro, la parte correspondiente a la remuneración de operador de este sistema e indemnización por salida de buses¹² a causa de la entrada en operación de la PLM, adicionalmente se contempla el 2,5% adicional del costo para el SIRCI.

¹² Estos costos se encuentran expresados de manera detallada en el Producto 30.

Tabla 5-19 Consolidado de costos anuales a precios de 2009

Costos Anuales Sistema en pesos a precios 2.009		
Escenario	2.018 CON PLM	2.018 SIN PLM
Flota	2.391.778.253.882	2.189.045.990.681
Mto. Malla V.	270.150.319.465	279.731.868.485
Remuneración Op.	313.322.547.872	249.857.544.489
Indemnización salida buses	17.201.452.173	
SIRCI	240.875.000.000	235.000.000.000
E. GESTOR	105.000.000.000	105.000.000.000
Total	3.338.327.573.391	3.058.635.403.655

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos muestra en términos absolutos la variación de costos por la entrada en servicio de la PLM. Se observa que la participación en costos correspondiente al tamaño de la flota es el rubro más representativo dentro de la canasta de costos.

En términos relativos podemos observar las participaciones de cada rubro contemplado en el desarrollo de la operación del SITP con y sin PLM.

Tabla 5-20 Participación porcentual de costos anuales a precios de 2009

Participación % Costos Anuales Sistema en pesos a precios 2.009		
Escenario	2.018 CON PLM	2.018 SIN PLM
Flota	71,65%	71,57%
Mto. Malla V.	8,09%	9,15%
Remuneración Op.	9,39%	8,17%
Indemnización salida buses	0,52%	0,00%
SIRCI	7,22%	7,68%
E. GESTOR	3,15%	3,43%
Total	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el impacto de la participación de la operación y mantenimiento de la flota, con un 72% para los dos escenarios. Por su parte la remuneración a los operadores es del 9,39% y 8,17% para los escenarios con y sin PLM, respectivamente.

6 CONCLUSIONES

La propuesta presentada por el GC de reestructuración de rutas y reordenación operacional se basa en un proyecto vivo de estructuración del SITP cuyos detalles operacionales se están consolidando y para lo cual no se dispone de información contrastada.

Cabe señalar que la implantación de una reordenación de rutas requiere una coordinación estrecha con los operadores, empleados y usuarios para evitar una vuelta atrás o un rechazo por falta de aceptación por las partes implicadas en el proceso. Además, no se puede implementar por anticipado reducciones de oferta en el servicio de autobuses sino esperar a que los usuarios vayan disminuyendo y cambiando itinerarios para adaptar entonces la oferta a las nuevas demandas.

Desde el punto de vista de la optimización de la integración física, una vez analizadas las estaciones y estudiada la posible implantación urbana de los andenes y accesos así como las conexiones inmediatas y futuras entre el metro (varias líneas) y los demás sistemas de transporte público, se deberá en las fases posteriores analizar la conveniencia de dotar cada estación con paradas y demás espacios de estacionamiento de taxis y vehículos privados (estacionamientos disuasorios).

En cuanto al tamaño de la flota del sistema tronco-alimentado, se encuentra que con la entrada de la PLM se necesitará 5% menos de flota. En este sentido la variación más alta en costos relacionada con los veh-Km la representa el modo troncal seguida por el auxiliar. Dentro del costo total del sistema tronco-alimentado la distribución es de 70-30 respectivamente, es decir el 70% corresponde a la operación de troncales y el 30% a la alimentación, dentro del 70% se destaca la participación de los articulados alrededor del 60% para ambos escenarios, por su parte el sistema alimentación destaca el uso del padrón con un promedio del 20%.

Por otra parte se observa que los costos del sistema de buses auxiliares están un 6% por debajo en el escenario con PLM. De la misma forma el tamaño de la flota para este escenario ha disminuido en un 6%, la disminución más notoria en el tamaño de la flota está dada por los microbuses que equivale al 10%.

El metro contribuye dentro del total de costos del sistema de operación de flota con el 13%, la mayor participación se la llevan los buses auxiliares con más del 50%.

Los costos de mantenimiento de malla vial disminuyen levemente con la entrada de la PLM, pero cabe la pena destacar que el mayor componente de este costo se lo lleva el sistema troncal, debido al tipo de pavimento y al costo incrementado de mantener vehículos con pesos superiores a los del sistema. El servicio troncal representa más del 40% de los costos para los dos escenarios.

Los costos de operación, evidencian que los costos de mantenimiento de malla vial, disminuyen con la entrada de la PLM debido, probablemente, a la incidencia del uso en vehículos kilometro ya que este se ve disminuido en el escenario PLM en un 5%. Lo anterior aunado a la disminución de vh-km tanto del sistema tronco-alimentado como de buses auxiliares a la entrada de la PLM.

La entrada en operación del Metro produce un incremento del 9% en el nivel general de costos de operación del sistema incluyendo el mantenimiento de malla vial, SIRCI y ente gestor, remuneración a los operadores e indemnizaciones por salida de vehículos, a precios de 2.009.