

# **CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA EN EL SISTEMA BRT DE BOGOTÁ**

**DIEGO ALEJANDRO ÁVILA CHARRY**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019**

# **CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA EN EL SISTEMA BRT DE BOGOTÁ**

**DIEGO ALEJANDRO ÁVILA CHARRY**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**DIRECTOR: Prof. Dr. Oscar Eduardo Díaz Olariaga**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del director de la Tesis** Prof. Dr. Oscar Eduardo Díaz Olariaga

---

**Firma del Jurado 1** Prof. Wilson Vargas

---

**Firma del Jurado 2**

**Bogotá, 19 de julio de 2019**

## CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE ANEXOS .....	vii
ABSTRACT .....	1
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
JUSTIFICACIÓN .....	3
1. OBJETIVOS.....	4
1.1 Objetivos Generales .....	4
1.2 Objetivos Específicos.....	4
2. MARCO GEOGRÁFICO .....	5
3. ANALISIS Y CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PUBLICO URBANO.....	6
3.1 Sistema de Transporte Publico.....	6
3.2 Clasificación de los sistemas de Transporte Publico .....	6
3.3 Transporte Público en América latina .....	7
3.4 Sistemas de Transporte BRT.....	7
3.4.1 Historia y antecedentes.....	7
3.4.2 Evolución del sistema BRT en América Latina.....	8
3.4.3 Características del sistema BRT .....	8
3.4.4 Ventajas del sistema BRT .....	9
3.4.5 Caso Transmilenio (Bogotá, Colombia).....	10
3.5 Servicios de BRT en Latino América .....	12
4. SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PUBLICO DE BOGOTÁ .....	16
4.1 Componente zonal urbano.....	18
4.2 componente Troncal .....	20
4.2.1 capacidad vehicular de operación en el sistema troncal .....	22
4.2.2 Características de las troncales en operación hasta el 2018 .....	24
5. CARACTERIZACIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE ....	26
5.1 Caracterización de variables.....	26
5.2 Administración de las bases de datos.....	28

6.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA EN LAS TRONCALES DE TRANSMILENIO ..	39
6.1	Modelo de 4 etapas .....	42
6.1.1	Modelo de generación de Viajes .....	43
6.1.2	Modelo de Distribución de Viajes .....	44
6.1.3	Modelo de selección modal .....	45
6.1.4	Modelo de asignación de demanda.....	46
6.2	Construcción del Modelo .....	47
6.2.1	Rutas troncales .....	47
6.2.2	Zonificación .....	48
6.2.3	Validación de la oferta y demanda .....	49
6.2.4	resultados del modelo .....	53
7.	conclusiones .....	61
8.	referencias .....	63
9.	anexos .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. localización de la red de troncales de Transmilenio (detalle Anexo 2 – B1 y B2).	5
Figura 2. Clasificación de sistemas de Transporte	6
Figura 3. Comparación de capacidad y velocidad entre sistemas guiados y no guiados	10
Figura 4. Mapa de sistema actual.	11
Figura 5. Esquema de Transporte público en Curitiba.	12
Figura 6. Mapa del Sistema Metropolitano de transporte en Quito	13
Figura 7. Líneas del BRT de Santiago de Chile	14
Figura 8. Zonas operación SITP (detalle Anexo 2 – B3).	17
Figura 9. esquema organizacional Transmilenio S.A.	18
Figura 10. validaciones en las líneas troncales por fase.	31
Figura 11. Distribución de la demanda mensual en el sistema	32
Figura 12. Distribución de la demanda según la troncal de operación.	33
Figura 13. Caracterizaciones de estaciones con mayor demanda.	34
Figura 14. Caracterización de Ingresos promedios en el sistema troncal en la semana	35
Figura 15. Caracterización de salidas promedio en el sistema troncal en la semana	36
Figura 16. Caracterización de ingresos y salidas en la troncal con mayor y menor demanda (Troncal Zona B al Norte, y Troncal Zona J al centro)	37
Figura 17. Localización Troncal de mayor y menor demanda (detalle Anexo 2 – B4).	37
Figura 18. Caracterización de ingresos y salidas en la estación con mayor y menor demanda.	38
Figura 19. Localización estación de mayor y menor demanda (detalle Anexo 2 – B5).	38
Figura 20. Curva de demanda Lineal, ecuación 1	39
Figura 21. función de la oferta	40
Figura 22. trayectoria de oferta y demanda.	41
Figura 23. propósito del total de viajes generados en la ciudad de Bogotá.	43
Figura 24. propósito del total de viajes generados en la ciudad de bogota en transporte público.	43
Figura 25. porcentaje de viajes originados por motivo según zona de operación de transporte.	44
Figura 26. porcentaje de viajes atraídos por motivo según zona de operación de transporte.	45
Figura 27. Distribución modal de acuerdo con los propósitos de viaje.	45

Figura 28. Troncales y estaciones en la red modelada, las estaciones corresponden a nodos y los enlaces entre estaciones son los arcos para el modelo (detalle Anexo 2 – B6).....	48
Figura 29. Relación de ZAT y las troncales del sistema BRT (detalle Anexo 2 – B7). ....	49
Figura 30. Estimación de la oferta según número de buses por troncal y observaciones en campo. ....	50
Figura 31. Oferta teórica y demanda horaria en un día entre semana.....	51
Figura 32. Distribución de la Oferta en las estaciones y terminales del sistema troncal. (detalle Anexo 2 – B8).....	52
Figura 33. Distribución de la Oferta en las estaciones y terminales del sistema troncal. (detalle Anexo 2 – B8).....	52
Figura 34. Enlace de bases de datos en Transcad.....	53
Figura 34. Enlace de bases de datos en Transcad.....	54
Figura 34. Enlace de bases de datos en Transcad.....	55

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características básicas y atributos de un BRT .....	9
Tabla 2. Descripción de la Flota por Fases de Transmilenio en el 2018.....	11
Tabla 3. Descripción de vehículos del componente zonal .....	19
Tabla 4. Capacidad operacional y distribución del componente zonal por tipo de Bus.....	20
Tabla 5. Resumen de Fases de Transmilenio en el Plan Maestro de Movilidad del 2006.....	21
Tabla 6. Flota vinculada hasta el 2018 en la operación troncal y alimentadora del SITP.....	22
Tabla 7. Características de los vehículos operando en Troncales.....	23
Tabla 8. Caracterización de troncales.....	24
Tabla 9. Diccionario de datos y variables .....	27
Tabla 10. Comparación de la demanda promedio de un día típico y un lunes típico en 2017 (detalle Anexo 2 – B9 y B10). .....	56
Tabla 11. Demanda en la operación del sábado y el domingo (detalle Anexo 2 – B11 y B12). .....	57
Tabla 12. Comparación de validaciones de ingreso y salida para un lunes promedio (detalle Anexo 2 – B13 y B14). .....	58
Tabla 13. Comparación de validaciones de ingreso y salida para un miércoles promedio (detalle Anexo 2 – B15 y B16). .....	58
Tabla 14. Comparación de la demanda en un día típico y un lunes (detalle Anexo 2 – B17 y B18). .....	59
Tabla 15. Comparación de la demanda en un día típico y un lunes (detalle Anexo 2 – B19 y B20). .....	60

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Bases de Datos de Validaciones organizadas para los propósitos de la investigación. ....	66
Anexo 2. Mapas y Modelos. ....	67
Anexo 3. Oficio de adquisición de la Base de Datos de Transmilenio.....	90

## **ABSTRACT**

Today, some trends, such as population growth have been the primary concern regarding transportation and city planning. Therefore, it is considered of great interest to know, characterize, and evaluate the demand in the public transport network. These analyses will be carried out through processing the databases of the system, the statistics of the data of the trunk component in every day of the year 2017, in the support provided by Transmilenio SA to develop research.

The use of geographic database and statistical tools allows the research to establish causal relationships between the demand captured by the system and the geographical characteristics of the city, the operational changes of the order or other externalities of the system through of digital tools such as TransCad, ArcGis, E-View or R.

## **RESUMEN**

Hoy día algunas tendencias como el aumento de la población han sido la principal preocupación respecto a la planeación de transporte y ciudad. Por ello se considera de gran interés conocer, caracterizar y evaluar la demanda en la red del transporte público, estos análisis se realizarán a través de un tratamiento y procesamiento de las bases de datos de uso al sistema en este trabajo de grado se analizan las bases de datos del componente troncal en todos los días del año 2017, en una base suministrada según oficio 2018EE6668 (Anexo 3) por Transmilenio S.A con el fin de desarrollar investigación. En este trabajo, se utilizarán herramientas de procesamiento de bases de datos geográficas y herramientas estadísticas que permitirán establecer relaciones de causalidad entre la demanda captada por el sistema y las características geográficas de la ciudad, los cambios operativos del sistema u otras externalidades del sistema por medio de herramientas digitales como TransCad, ArcGis, E-View o R.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las ciudades presentan preocupación debido a los graves problemas de congestión, como solución, durante las últimas décadas se han puesto en ejecución sistemas de transporte masivo denominados BRT (Bus de Tránsito Rápido), siendo un sistema, que proporciona movilidad urbana rápida, cómoda y con un costo-beneficio favorable a través de la provisión de infraestructura segregada de uso exclusivo, operaciones rápidas y frecuentes(Lee, Miller, and Skinner 2007).

El modelo implementado en varios países especialmente Brasil y Colombia, y en otras partes del mundo como China, India, España, Estados Unidos, Canadá y México. En Bogotá el sistema fue introducido desde el 2001 como solución a los problemas del transporte público.

El sistema BRT en Bogotá presenta un problema de oferta, frente al crecimiento exponencial de la demanda dadas las condiciones de migración y crecimiento en la ciudad. Esto afecta el ritmo de vida de los habitantes de la ciudad, elevando costos de movilidad, generando problemas ambientales y de salud(Ardila Gómez 2005). Por estas razones se considera necesario realizar un análisis de la demanda actual del sistema BRT en Bogotá. Y así sugerir alternativas que optimicen el funcionamiento del sistema y la calidad del servicio.

En los próximos capítulos se desarrolla aun análisis sobre las bases de datos de las demandas del BRT en Bogotá para el 2017, mediante un análisis teórico en el primer y segundo capítulo se estudia el modelo operacional y los servicios ofertados por la empresa Transmilenio, con el conocimiento suficiente se puede hacer la caracterización de datos y selección de tendencias más demostrativas con el fin de comparar y evaluar los escenarios más extremos de operación, en este caso corresponde a septiembre, para terminar se desarrolla un análisis de los modelos de demanda estudiando el modelo de 4 etapas con el cual se puede conocer la generación, distribución de viajes, selección modal y asignación, permitiendo inferir donde se localizan la mayoría de hogares y la mayoría de las zonas de trabajo. Esto al final se concluye con unos modelos que buscan mostrar las diferencias operacionales del BRT y algunas falencias que pueden ser mejoradas.

## **JUSTIFICACIÓN**

El sistema BRT de la ciudad de Bogotá presenta serios problemas de congestión y/o saturación, y en algunos casos rozando el colapso, lo que incide directamente en la calidad del servicio.

La creación de un sistema de transporte colectivo que preste un buen servicio y sea eficaz, se convierte en un elemento indispensable para conseguir la movilidad sostenible brindando seguridad al usuario dentro del transporte facilitando la posibilidad de llegar a cualquier lugar dentro de la ciudad y traiga como consecuencia el acceso a oportunidades de empleos y servicios.

Finalmente, el transporte público es el pilar que dirige la conducta y estilo de toda sociedad, transformándose este en el medio más eficaz porque lograr cumplir ciertas características tales como invadir menos espacio, mitiga los niveles de contaminación ambiental, consume menos energía y reduce de los accidentes, ofreciéndole a los usuarios y habitantes de la ciudad un mejor estilo de vida, tranquilo, confiable, y seguro.

Por ello se considera de gran interés conocer, caracterizar y evaluar la demanda, en toda la red, para proponer soluciones, o al menos alternativas, que mejoren (u optimicen) el funcionamiento del sistema y la calidad del servicio.

# **1. OBJETIVOS**

## **1.1 Objetivos Generales**

- Caracterizar la demanda de pasajeros del sistema BRT de la ciudad de Bogotá.

## **1.2 Objetivos Específicos**

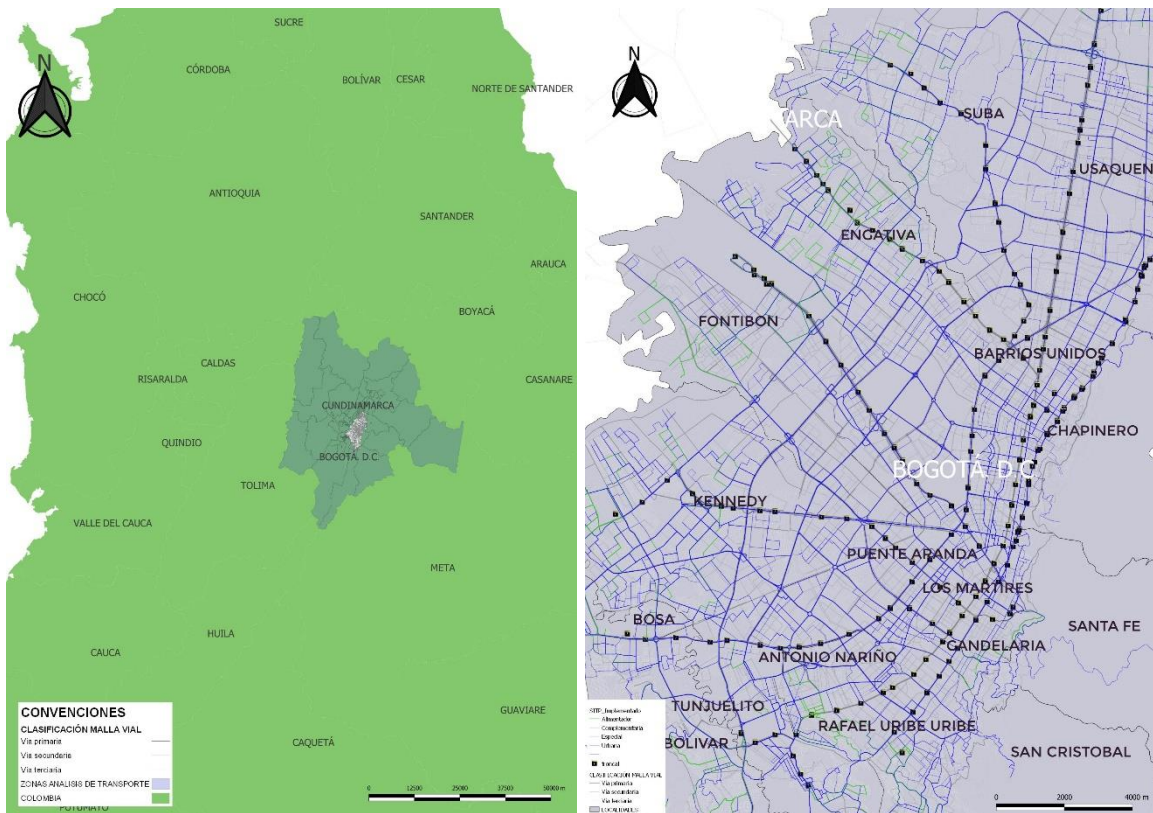
- Análisis, presentación y caracterización (geo-referencial) de la toda la red del sistema BRT de la ciudad de Bogotá.
- Análisis, comprensión, tratamiento y depuración de la BBDD de demanda de toda la red del sistema BRT (año 2017).
- Análisis estadístico de la demanda de pasajeros de toda la red.

## 2. MARCO GEOGRÁFICO

Este marco geográfico se desarrolla con el fin de presentar el modelo de BRT Bus de Transito Rápido, el cual hace parte del sistema de transporte público de Bogotá y Soacha. Su plan inicial contemplaba la expansión a los próximos 20 años con más de 5 fases(Transmilenio S.A 2018), hoy la ciudad cuenta con 3 fases.

La ciudad de Bogotá está situada en la sabana, sobre el altiplano Cundiboyacense de la cordillera Oriental de los Andes a una altitud de 2.650 y en sus puntos más altos hasta 4.050 msnm. La población del distrito Capital según cifras del DANE del censo realizado en 2018 es de 7 150 000 de habitantes(DANE 2016), la Figura 1 muestra la red de troncales de Transmilenio.

Figura 1. Localización de la red de troncales de Transmilenio (detalle Anexo 2 – B1 y B2).



Fuente: elaboración propia con datos tomados de librerías de datos abiertos de Bogotá

### 3. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

En el siguiente capítulo se desarrolla la caracterización y un análisis de distintos sistemas de transporte público urbano con el fin de comprender los componentes de operación y necesidades que deben tenerse en cuenta al momento de desarrollar un análisis de demanda.

#### 3.1 Sistema de Transporte Público

Un sistema de transporte corresponde a un grupo de instalaciones fijas (estaciones y portales), vehículos de movimiento y un sistema de control que permiten movilizar o transportar personas y bienes, para satisfacer necesidades humanas (Moyer 2009).

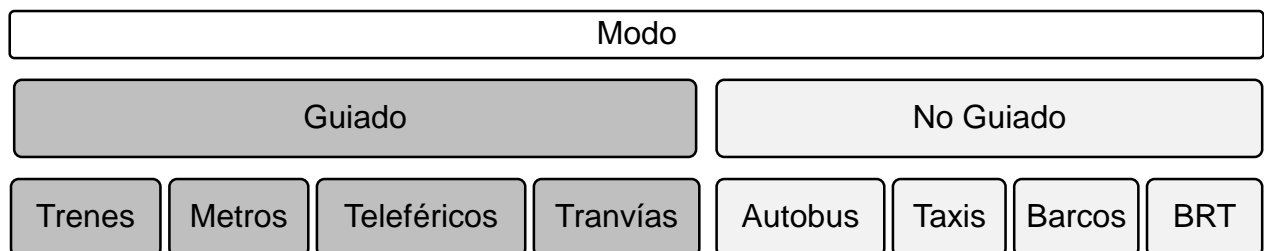
La necesidad de que el transporte público ofrezca la mejor calidad de servicio en términos de costo, confort y tiempo lleva a la adopción de tecnologías innovadoras que ayuden a desarrollar operaciones eficientes.

#### 3.2 Clasificación de los sistemas de Transporte Público

Los sistemas de transporte público se clasifican en dos modos, el sistema de transporte público guiado es donde el material rodante se desplaza encauzado por rieles o guías y el sistema de transporte no guiado, donde el material rodante se desplaza libremente sin encauzarse por rieles o guías como muestra la

Figura 2.

Figura 2. Clasificación de sistemas de Transporte



Fuente: Elaboración propia.

La dependencia de los modos motorizados para la realización de movimientos funge como el valor de cambio, en lugar del valor de uso que debería tener por excelencia (González 2015), lo cual da cabida a dos clases de transporte según la

relación de propiedad que pueda tener el usuario con el medio: el privado, adquirido por personas particulares o empresas y cuyo uso queda restringido a sus dueños y el público, cuyos pasajeros no son los propietarios, siendo servidos por terceros. Este último, como parte del conjunto de la movilidad urbana, queda definido como un sistema de medios para llevar personas de un lugar de la ciudad a otro, este servicio según el caso es suministrado por empresas públicas y privadas.

### **3.3 Transporte Público en América latina**

En América Latina ha existido una relación estrecha entre urbanización y transporte público a diferencia de otras regiones del mundo. En el curso del siglo XX, se han superpuesto diversas tipologías de ciudades, cada una estrechamente ligada con un sistema de movilidad determinante en cuanto a orientar, acompañar e inclusive frenar la extensión de las ciudades (Rohani, Wijeyesekera, and Karim 2013). Sin embargo, la mala estructuración y administración de los sistemas de transporte público han ocasionado impactos negativos tanto en el ambiente como en la población, tales como: congestión en las vías, altos consumos de energía, contaminación acústica, atmosférica, problemas de desarrollo urbano, y accidentes.

### **3.4 Sistemas de Transporte BRT**

El BRT es un sistema basado en buses de alta capacidad, que proporciona movilidad urbana rápida, cómoda y con un costo-beneficio favorable a través de la provisión de infraestructura segregada de uso exclusivo, operaciones rápidas y frecuentes, y excelencia en el mercadeo y servicio al usuario (Moyer 2009).

#### **3.4.1 Historia y antecedentes**

El fundamento del sistema BRT se le concede a Estados Unidos, desde del año 1938, en el que se colocaron vías existentes de ferrocarriles para la puesta en funcionamiento de utilización exclusiva para autobuses; desde su éxito varias ciudades de los Estados Unidos implantaron este sistema para disminuir las acumulaciones vehiculares que se presentaban en sus corredores. A pesar de ello, no fue sino hasta los años 60 que se estableció la exclusividad de una vía para el transporte público con el uso de autobuses.

Desde el año 1974, en Brasil, en la ciudad de Curitiba, se tomaron en cuenta muchas características del transporte ferroviario de alta calidad para establecer los principales conceptos para su implementación, con esto empieza el desarrollo moderno del sistema de transporte BRT.

### **3.4.2 Evolución del sistema BRT en América Latina**

El sistema BRT hizo su aparición regional en 1972 en la ciudad de Curitiba, Brasil, tiempo después por la construcción del primer ramal de la ciudad de Quito en 1995. Desde 2000, la instalación y operación de estos sistemas ha registrado una gran expansión regional en ciudades como Bogotá, Sao Paulo, Ciudad de México, Pereira, Guayaquil, Lima y entre otros, los modelos de BRT se caracterizan por:

- Utilización de buses de gran capacidad.
- Acceso al servicio en estaciones dedicadas con nuevos sistemas de pago.
- Control centralizado.
- Redistribución de las secciones viales

### **3.4.3 Características del sistema BRT**

Los sistemas BRT integran canales exclusivos de movilización, establecimiento de estaciones que conecten a otros modos de transporte disponible en la ciudad, brindando un servicio eficiente al usuario, tarifas únicas de bajo costo, organización mediante el sistema de control en ruta y establecimiento de la tecnología para brindar un mejor servicio; estas características logran definir el tipo de sistema que requiera una determinada ciudad con base a su disponibilidad de espacio y tecnología que pueda brindar.

La planeación de un sistema de transporte público corresponde a un estudio de mercado que contempla la investigación de tendencias sociales, tecnológicas, económicas, ambientales y políticas. En términos operacionales el estudio de las variables anteriores permitirá un sistema que supla las necesidades de una ciudad brindando la mejor infraestructura, vehículos, servicios y vea al viajero más como un usuario que como un simple pasajero. La Tabla 1 presenta características y atributos de un BRT, según la cooperativa del programa de investigación.

Tabla 1. Características básicas y atributos de un BRT

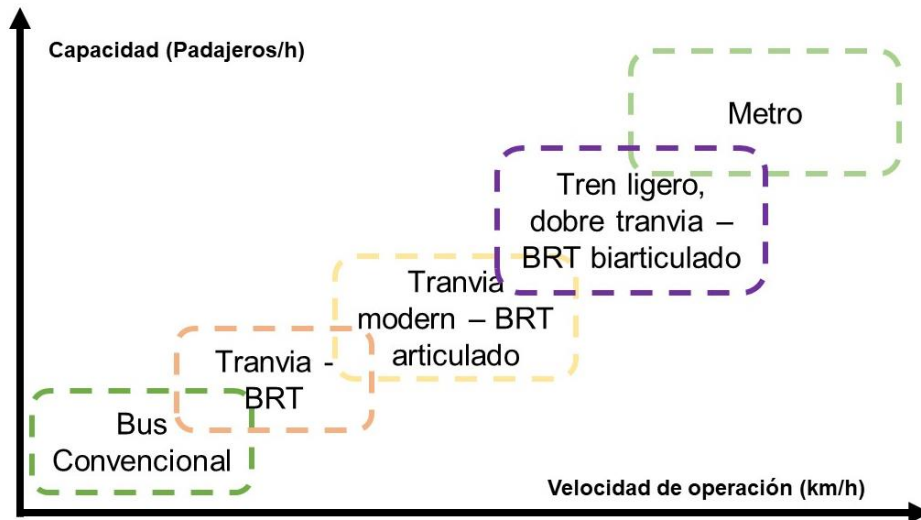
Característica	Descripción
Ejecución de camino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formas de funcionamiento: Carriles exclusivos para buses</li> <li>• Tratamiento del pavimento distintivo</li> </ul>
Estaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de Subir y bajar</li> <li>• Comercializaciones constantes con la aparición de vehículos de BRT                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta calidad, servicios atractivos y funcionales</li> </ul> </li> </ul>
Vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de abordaje (a nivel de plataforma)</li> <li>• Múltiples puertas de acceso y descenso                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta capacidad</li> </ul> </li> <li>• Comodidades interiores agradables                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Silencioso</li> </ul> </li> <li>• Emisiones bajas o nula</li> </ul>
Servicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comodidades interiores agradables</li> <li>• Afluentes de cabecera costos (10 min) menos</li> <li>• Amplia distancia de la estación de parada</li> </ul>
La estructura de rutas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposición de la ruta simple</li> <li>• Transferencias convenientes</li> <li>• Ubicación de las estaciones en coordinación con los planes de uso</li> </ul>
Peajes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasajes accesibles</li> <li>• Énfasis en las tarifas prepago</li> </ul>
Sistemas de ITS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología ITS</li> <li>• Funciones de orientación automatizadas para la operación y precisión</li> </ul>

Fuente: Transit Cooperative Research Program, Project A-23 (2001)

#### 3.4.4 Ventajas del sistema BRT

Los sistemas generalizados de los sistemas BRT en algún punto se traducen a los costos de construcción, pues está en rangos donde casi transporta la misma capacidad que sistemas guiados como tranvías u algunos metros de baja capacidad.

Figura 3. Comparación de capacidad y velocidad entre sistemas guiados y no guiados



Fuente: adaptado de (Wang 2013)

Independencia de la congestión que se presenta en las calzadas de tráfico mixto, por tener una vía segregada. Ese hecho incide en dos aspectos;

- Primero en la fiabilidad en los tiempos por no depender de la congestión, lo que lleva a que la planificación de los horarios pueda ser mucho más precisa (que para un sistema de autobuses tradicionales).
- Segundo, en menores tiempos de viaje, por el hecho de poder circular sin la interferencia del tráfico.

### 3.4.5 Caso Transmilenio (Bogotá, Colombia)

El sistema de transporte público de la ciudad de Bogotá cuenta con el BRT más extenso del mundo. Inaugurado en el año 2000, la operación llevo una planeación en la cual se dividió la capital de Colombia en 13 zonas con empresas operadoras distintas. La totalidad de la red tiene una longitud de 775 kilómetros. Está compuesta de 12 vías troncales de 112 kilómetros y 106 vías alimentadoras de 663 kilómetros, este sistema desarrolla más o menos el 53% de los viajes diarios en la ciudad (Alcaldía mayor de Bogotá and Secretaría Distrital de Movilidad 2015).

El sistema cuenta con una flota por fase descrita en la Tabla 2. Esta flota moviliza casi dos millones cuatrocientos mil pasajeros diarios (2,400,000 pax/día) (Transmilenio S.A 2018).

Tabla 2. Descripción de la Flota por Fases de Transmilenio en el 2018

FASE	ALIMENTADO R 50	ALIMENTADO R 80	ARTICULAD O	BIARTICULAD O	PADRÓ N DUAL	TOTA L
I			763	10		773
II		69	552	41		662
III	72	704	119	301	261	1457
TOTA L	72	773	1434	352	261	2892

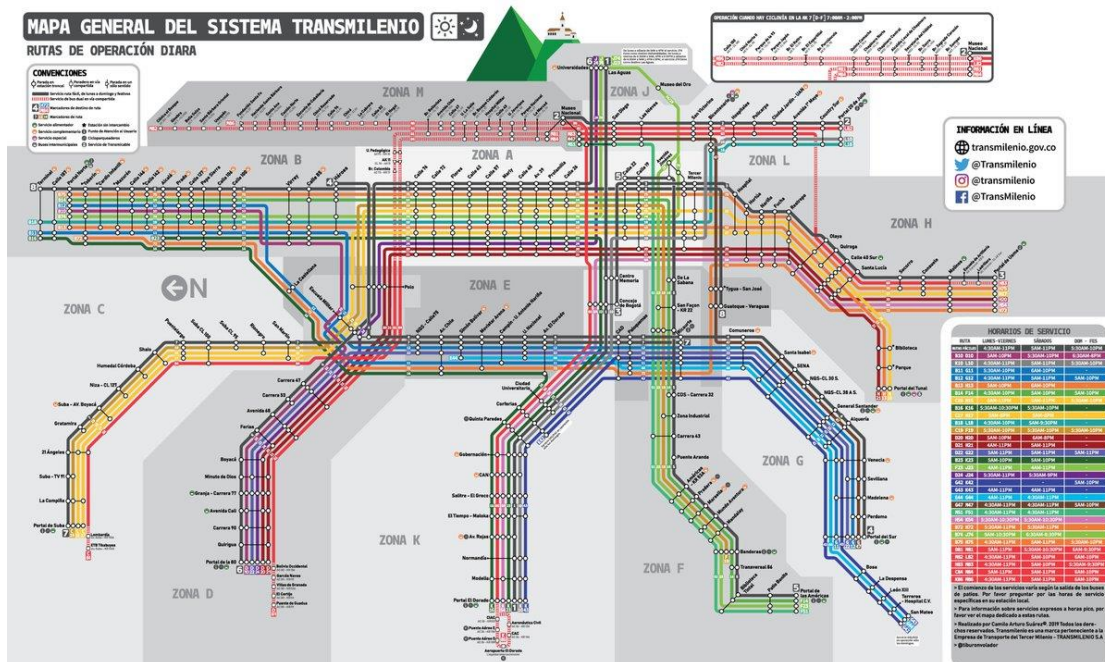
Fuente: Informe gestión de Transmilenio 2018

El balance estadístico en los primeros ocho (8) años de servicio es el siguiente

- Estaciones en Operación: 147
- Velocidad promedio flota troncal: 26.5 Km/hora.
- Kilómetros recorridos flota troncal: 280.000 millones de Km.
- Rutas alimentadoras: 75 Rutas
- Barrios alimentados 302 Barrios

Operacionalmente el sistema troncal de Transmilenio opera como se observa en la Figura 4, corresponde a un mapa elaborado por un usuario (Transmilenio S.A 2018).

Figura 4. Mapa de sistema actual.



Fuente: Suarez, Camilo <https://twitter.com/tiburvolador> 2019

### 3.5 Servicios de BRT en Latino América

A continuación, se presentan experiencias internacionales de distintos Sistemas de Transporte Público en Latino América.

#### A. Curitiba, Brasil

Población en la ciudad: 1,879,355

Hab. Densidad de Población: 4.111,9 hab/km<sup>2</sup>

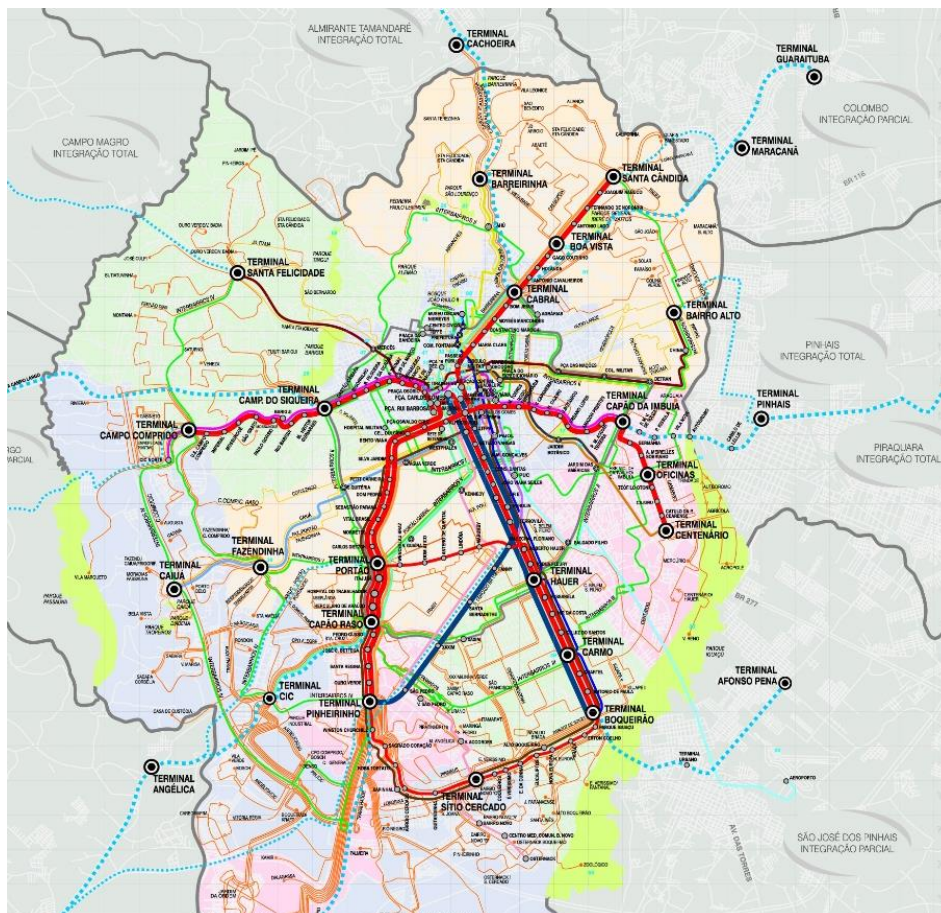
Año inicio de operación de BRT: 1974

Líneas BRT Troncales: 8

Longitud total de la red: 72 km

Media de Pasajeros transportados al día en 2018: 1,365, 615

Figura 5. Esquema de Transporte público en Curitiba.



Fuente: [www.urbs.curitiba.pr.gov.br/](http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/) 2018

El sistema BRT de la ciudad de Curitiba es conocido mundialmente, actualmente opera como un modelo sobre la Red Integrada de Transporte (RIT), de tarifa plana e integrada, fue instaurada en la década de 1970 en Curitiba y puso a esta ciudad a la vanguardia en materia de movilidad sustentable (Calderón-Maya, Campos-Alanís, and Zamora-Colín 2013).

## B. ECUADOR, QUITO

Población en la ciudad: 2, 151,994 hab.

Densidad de Población: 5.563 hab/km<sup>2</sup>

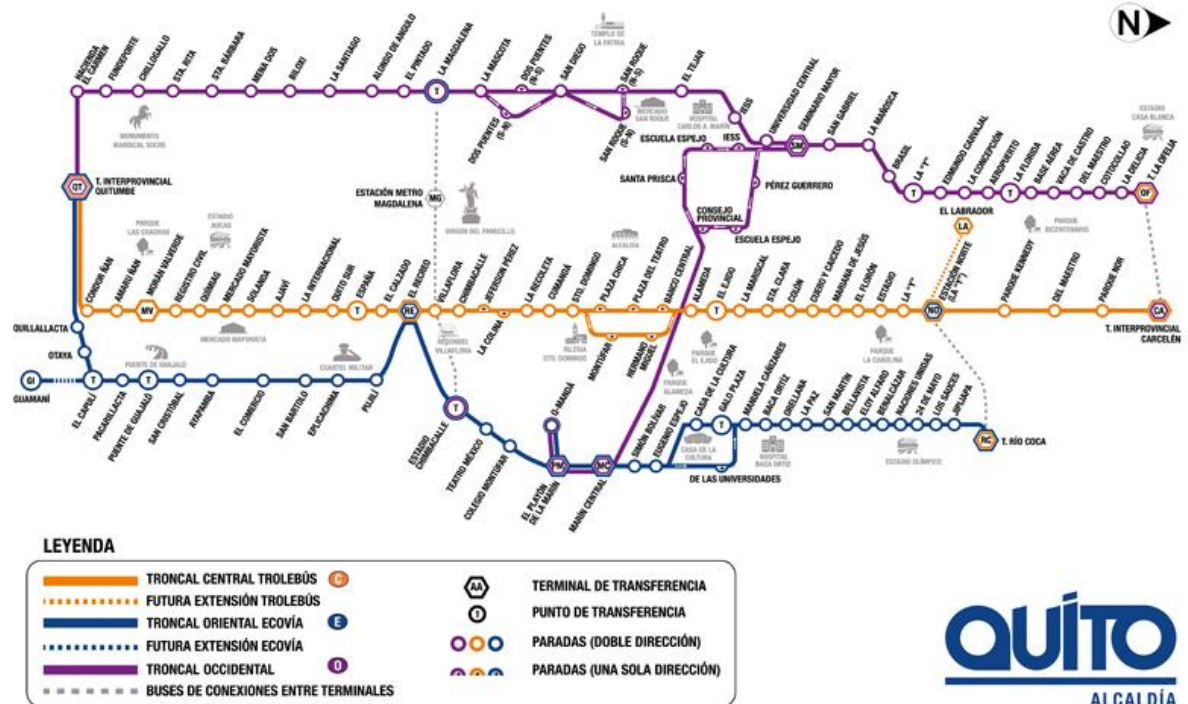
Año inicio de operación de BRT: 1995

Líneas BRT: 4

Longitud total de la red: 83,8 km

Media de Pasajeros transportados al día en 2017: 745000

Figura 6. Mapa del Sistema Metropolitano de transporte en Quito



Fuente: Informe Gestión Quito, 2012

El Metrobús-Q en la ciudad capital de Ecuador, Quito. Inspirado en el BRT de la ciudad brasileña de Curitiba, está compuesta por 5 corredores principales de 83,8

kilómetros de longitud y más de cuarenta vías alimentadoras (Pinto, Frank, and Alcivar 2015). El Metrobús quiteño tiene una tarifa plana no integrada, pero con beneficios para menores de edad y mayores de 65 años.

### **C. SANTIAGO DE CHILE**

Población: 4,977,637

Hab. Densidad de Población: 8,464 hab/km<sup>2</sup>

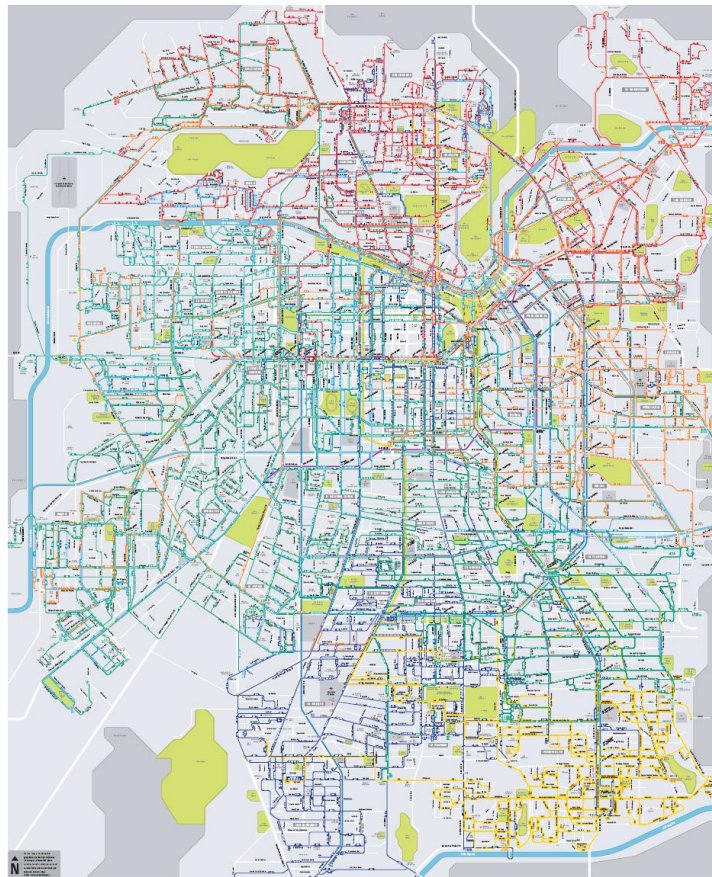
Año inicio de operación de BRT: 2006

Líneas BRT Troncales: 55

Longitud total de la red: 90.15 km

Media de Pasajeros transportados al día en 2017: 4,473,000

Figura 7. Líneas del BRT de Santiago de Chile



*Fuente: Transantiago, 2018*

Transantiago tiene, entre sus vías troncales y alimentadoras, una extensión de más de 600 kilómetros. Cuenta con 5 vías troncales de BRT y complementa las 5 líneas de metro de 103 kilómetros. Para la planificación del Transantiago se dividió la ciudad de Santiago de Chile en diez áreas que cuentan con servicios locales y alimentadores (Rossetti et al. 2018). Los servicios de cada área fueron adjudicados a un operador que está cargo de su explotación.

## **4. SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PUBLICO DE BOGOTÁ**

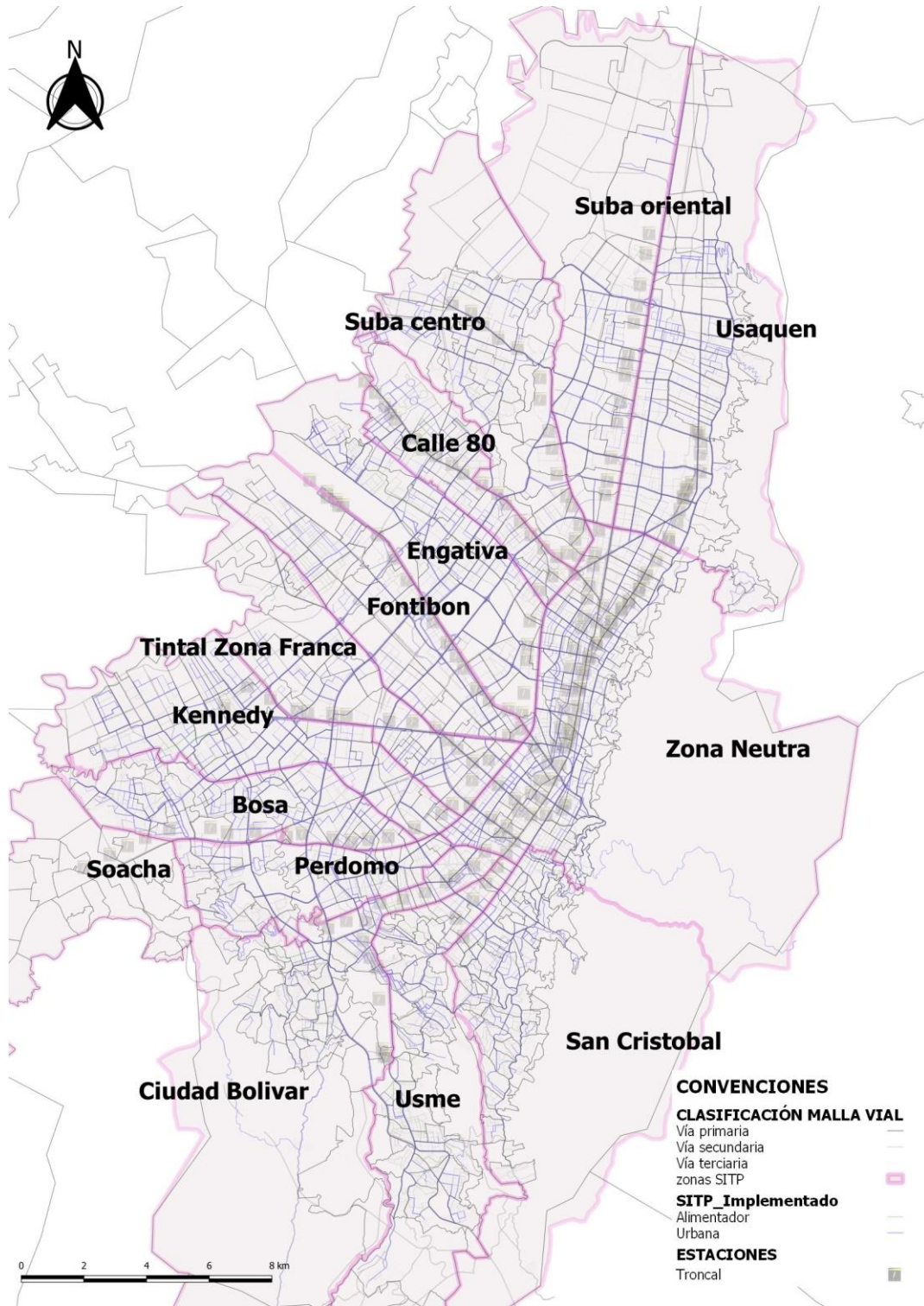
El acuerdo 004 de 1999 autoriza al alcalde mayor en representación del Distrito capital para participar, juntamente con otras entidades de orden Distrital, en la constitución de la Empresa de Transporte del Tercer Milenio – Transmilenio S.A, bajo esta forma Transmilenio S.A tiene una personería Jurídica, autónoma, administrativa, financiera, presupuestal y patrimonio propio (Ministerio de Transporte 2002).

El Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá D. C., se estructura con base en las estipulaciones del Plan Maestro de Movilidad y bajo las condiciones previstas en la regulación del transporte masivo, sus normas reglamentarias, modificatorias y el Decreto 309 de 2009, por el cual se adopta (Transmilenio S.A 2013).

Transmilenio S.A. actúa como ente gestor del Sistema Integrado de Transporte Público, tiene a su cargo la planeación estructural del Sistema y la definición del régimen técnico que regula la operación, gestión y control de la operación troncal y alimentadora y la supervisión de todas las zonas del sistema. Este modelo de gestión y programación de la operación del Sistema se orientará al uso eficiente de la flota, a la prestación del servicio público de transporte en condiciones de eficiencia, calidad y seguridad.

Para la operación del SITP, la ciudad de Bogotá se ha dividido geográficamente en veinte zonas de las cuales: trece estarán a cargo de los operadores zonales del SITP ver Figura 8 los cuales serán responsables por el suministro de transporte intrazonal e interzonal, garantizando cobertura, accesibilidad, calidad y regularidad del servicio, seis zonas adjudicadas para la operación no exclusiva del servicio de alimentación y una zona neutra que corresponde al centro expandido de la ciudad, la cual no es adjudicada a ningún operador.

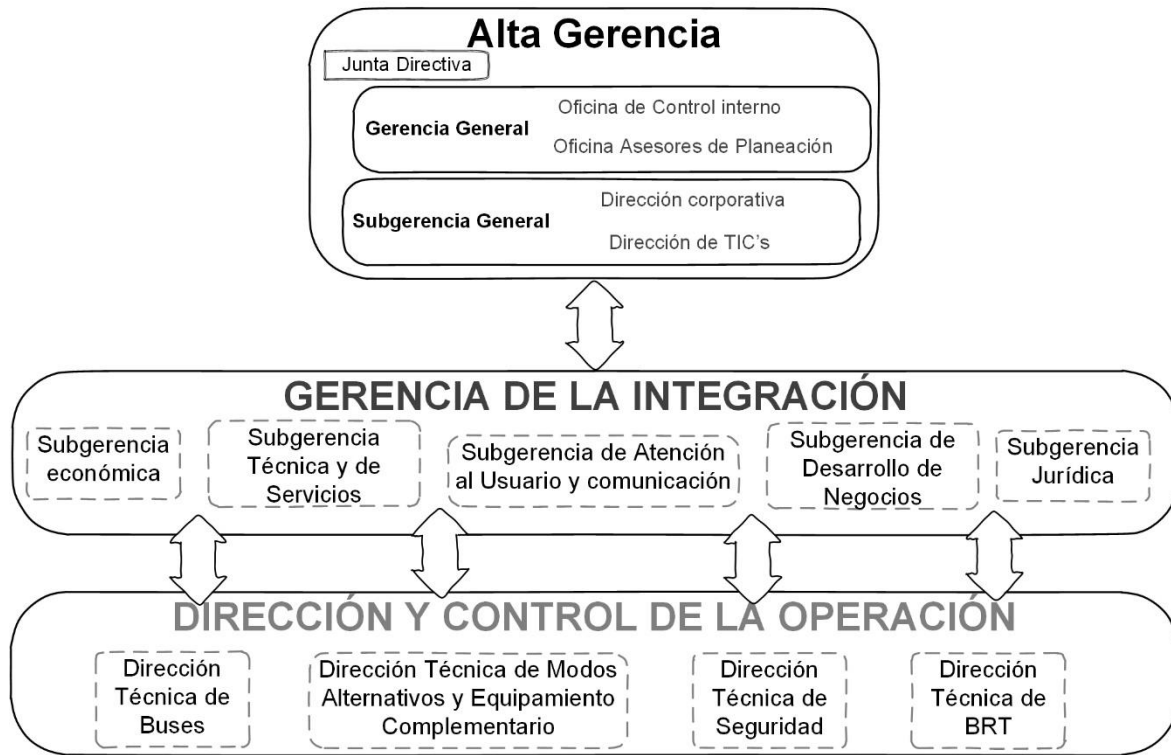
Figura 8. Zonas operación SITP (detalle Anexo 2 – B3).



Fuente: Elaboración propia con Datos Transmilenio S.A

Atendiendo lo establecido en 1999 se han desarrollado distintas modificaciones en los modelos administrativos y organizacionales de Transmilenio S.A la Figura 9 presenta la estructura organizacional de acuerdo con el Acuerdo 07 y 08 de 2017.

Figura 9. Esquema organizacional Transmilenio S.A



Fuente: adaptado de Informe de Gestión Transmilenio 2018.

El SITP está basado en una red de rutas jerarquizadas, conformada por rutas Troncales, Urbanas, Alimentadoras, Complementarias y especiales, en donde las rutas troncales tienen la característica de ser el eje estructurante del sistema, atendiendo corredores de alta demanda, a continuación, se describen las generalidades operacionales del Componente zonal, Troncal y alimentador del Sistema.

#### 4.1 Componente zonal urbano




El componente zonal del SITP está a cargo de operadores privados quienes celebraron contratos de concesión adjudicados en procesos licitatorios, el número de zonas es una consecuencia directa de los ejes estructurantes de las Troncales de BRT, dado que dichos corredores corresponden a los ejes de cada una de las zonas descritas en la Figura 8.

Es responsabilidad de los concesionarios de operación proveer los vehículos que se requieran para la atención de los servicios que le solicite el sistema. La vinculación de los vehículos al sistema, los concesionarios de operación deben poner a disposición de TRANSMILENIO S.A. o de quien este designe.

Los vehículos deben ser evaluados y una vez aprobados, éstos son registrados en la base de datos que administra TRANSMILENIO S.A. y se entrega a cada uno un Certificado de Vinculación al Servicio (CVS) debidamente numerado, La obtención del CVS será requisito indispensable para operar y remunerar la actividad que desarrolle el concesionario de operación a través de cada vehículo autorizado (Transmilenio S.A 2013).

La Tabla 3 describe la tipología de buses y características generales de los vehículos vinculados al componente Zonal del SITP.

Tabla 3. Descripción de vehículos del componente zonal

80-120 Pax	50 – 40 Pax	19 – 30 Pax
		

Fuente: Transmilenio S.A

A continuación, se describe una serie de requerimientos generales para la operación de vehículos (Transmilenio S.A 2013), se debe tener en cuenta que existe una serie de requerimientos específicos como dimensiones de sillas, altura de vehículos y demás detalles que no son caso de análisis en el presente proyecto.

- Debe ser un vehículo tipo bus de un solo cuerpo.
- Los buses nuevos para incorporar deberán ser último modelo.
- La fecha de referencia para determinar el último modelo del vehículo deberá ser igual o posterior a la fecha del pedido de la flota emitido por TMSA.
- Debe tener la potencia, torque y relación de transmisión que le permita en condiciones de plena carga alcanzar una velocidad de 40 Km/h en un tiempo

inferior a 22 segundos, en condiciones de terreno plano en la ciudad de Bogotá.

- Vehículo de un solo cuerpo, cumplir con lo previsto en la última versión de la NTC 5701.
- Tecnologías Euro IV en adelante. Se tendrá en cuenta que Transmilenio S.A es el encargado de aprobar los vehículos en operación y tiene libertad para solicitar mejores tecnologías, último requerimiento es la solicitud de 590 vehículos eléctricos para operar el componente zonal.

El SITP actualmente cuenta con la distribución porcentual de buses según la Tabla 4, de un total 8500 buses que operan en el componente zonal (Transmilenio S.A 2018).

Tabla 4. Capacidad operacional y distribución del componente zonal por tipo de Bus

<b>OPERADORES</b>	<b>BUS (19)</b>	<b>BUS (40)</b>	<b>BUS (50)</b>	<b>BUS (80)</b>
CONSORCIO EXPRESS	1%	5%	14%	5%
COOBUS	0%	0%	1%	0%
EGOBUS	0%	0%	1%	0%
ESTE ES MI BUS	2%	2%	4%	3%
ETIB	3%	1%	9%	4%
GMOVIL	1%	2%	5%	2%
MASIVO CAPITAL	1%	3%	11%	3%
SUMA	1%	1%	3%	3%
TRANZIT	0%	1%	6%	1%
<b>TOTAL</b>	<b>10.6%</b>	<b>14.7%</b>	<b>55.1%</b>	<b>19.6%</b>

*Fuente: Estudio Oferta SITP 2018*

De la tabla anterior se infiere que los operadores consorcio express, Masivo Capital y ETIB cuentan con gran parte de la operación zonal de la ciudad, además se puede ver que el vehículo tipo para operar en el sector urbano corresponde a Buses con capacidad para 50 pasajeros.

#### **4.2 Componente Troncal**

La operación del componente troncal del SITP de Bogotá a cargo de la dirección de BRT en Transmilenio S.A, ha representado la reorientación en la forma de operar y pensar el transporte público para ciudades colombianas en el caso específico la de Bogotá. Desde 1999 se presentó como la oportunidad de

renovación tecnológica y un cambio cultural en la forma de movilidad de los ciudadanos.

La ejecución del sistema corresponde a una operación concesionada entre la ciudad y distintas empresas privadas donde se les permite la explotación económica de ciertos corredores e infraestructuras, de este modo la ciudad por medio del Instituto de Desarrollo Urbano se ocupa del mantenimiento vial, estaciones y portales, mientras que Transmilenio S.A. está a cargo de la administración de la operación (Gavilan 2016).

Actualmente Transmilenio opera en su fase III lo que representa grandes atrasos en temas de cobertura según el planteamiento en el plan maestro de movilidad como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de Fases de Transmilenio en el Plan Maestro de Movilidad del 2006

FASE	TRONCALES	LONGITUD	CARACTERÍSTICAS
I (1999-2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calle 80</li> <li>• Avenida Caracas</li> <li>• Autopista Norte</li> </ul>	42 Km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 490 buses</li> <li>• 4 zonas alimentadoras</li> <li>• 750 mil pax/día</li> </ul>
II (2003 –2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calle 13 – Américas</li> <li>• Avenida Suba</li> <li>• Avenida NQS</li> </ul>	42 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 594 buses</li> <li>• 4 zonas alimentadoras</li> <li>• 957 mil pax/día</li> </ul>
III (2007 – 2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calle 26</li> <li>• Carrera 10</li> </ul>	18.2 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1200 buses</li> <li>• 15 zonas alimentadoras</li> <li>• 2 millones pax/día</li> </ul>
III - 2 (2007 – 2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Av. Boyacá</li> <li>• Carrera 7</li> </ul>	28.9 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carrera 7 opera en carriles mixtos y buses padrón dual</li> <li>• AV Boyacá no opera</li> </ul>
IV (2012 – 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avenida 68</li> <li>• Calle 13</li> <li>• Av. Ciudad de Cali</li> <li>• Av. 1 de Mayo</li> </ul>	46.8 km	No Opera
V (2016 – 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NQS 2 (Cl. 92 – Cl. 170)</li> <li>• Av. Villavicencio</li> <li>• Calle 170</li> <li>• Calle 6</li> </ul>	45.6 km	
VI (2020 – 2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CFS</li> <li>• Av. De los Cerros</li> </ul>	40.9 km	No Opera






FASE	TRONCALES	LONGITUD	CARACTERÍSTICAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracas 2</li> </ul>		
VII (2024 – 2027)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calle 63</li> <li>• Calle 200</li> <li>• Av. Ciudad de Cali</li> <li>• Autopista Norte 2</li> </ul>	39.6 km	
VIII (2028 – 2031)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ALO</li> <li>• Conectantes Restantes</li> </ul>	86.3 km	






Fuente: Plan Maestro de Movilidad para la ciudad de Bogotá 2006

#### 4.2.1 Capacidad vehicular de operación en el sistema troncal

En términos operacionales como se mencionó anteriormente el sistema opera con 2892 vehículos entre Alimentadores, Articulados y biarticulados, la Tabla 6 describe la operación por operador, troncal y tipo de bus, en la operación hasta el 2018.

Tabla 6. Flota vinculada hasta el 2018 en la operación troncal y alimentadora del SITP.


FASE - EMPRESA OPERADORA	 (50)	 (80)				TOTAL
FASE I			763	10		773
Ciudad Móvil S. A			177	10		187
Express del Futuro S. A			191			191
Metrobus S. A			141			141
Si 99 S. A			254			254
FASE II		69	552	41		662
Alcapital Fase II S. A		69				69
Conexión móvil S.A.S			161	41		202
Somos K S. A			171			171
Transmasivo S. A			220			220
FASE III	72	704	119	301	261	1457
Consortio Express S.A.S – San Cristóbal	20	76	48	134	79	357




FASE - EMPRESA OPERADORA	 (50)	 (80)				TOTAL
Consortio Express S.A.S – Usaquén		49	34	83	128	294
Este es mi Bus S.A.S – Calle 80		72				72
Este es mi Bus S.A.S – Tintal Zona Franca		20				20
ETIB S.A.S – Bosa		101				101
GMovil S.A.S – Engativá	19	46	37	84	54	240
Masivo Capital S.A.S – Kennedy		130				140
Masivo Capital S.A.S – Suba Oriental		20				20
SUMA S.A.S – Ciudad Bolívar	2	103				105
Tranzit S.A.S – Usme	21	87				108
<b>TOTAL</b>	<b>72</b>	<b>773</b>	<b>1434</b>	<b>352</b>	<b>261</b>	<b>2892</b>

Fuente: Dirección técnica de BRT

En la Tabla 7 se describen las características generales y capacidades de los vehículos que operan en las troncales del sistema.

Tabla 7. Características de los vehículos operando en Troncales.

TIPO VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
	Biarticulado: Estos buses tienen dos fuelles y tres cuerpos con una longitud de 28,45 metros de largo. Cuentan con una capacidad de 250 personas, 62 sentadas y 188 de pie. Una particularidad es que los fabricantes de buses tienen este modelo en específico para Bogotá y actualmente BYD presentó el primer modelo 100% eléctrico (National Transport Commission 2005).

TIPO VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
	<b>Articulado:</b> Los vehículos articulados cuentan con una articulación en el medio, miden 18 m de largo. Tienen una capacidad total de 160 personas, 48 sentadas y 112 de pie.
	<b>Padrón Dual:</b> Los vehículos padrones o duales operan en la Carrera 7 y Carrera 10 tienen la versatilidad operar en las estaciones de troncal a nivel y en vías normales con el nivel de los andenes en la ciudad, de largo miden 12, y tienen una capacidad de 90 personas de estas 20 van sentadas.
	<b>Alimentador:</b> Estos vehículos tienen como principal función conectar a los barrios o zonas cercanas a los portales. Estos buses cuentan con tres puertas miden 12m de largo. Tienen una capacidad máxima de 90 personas, 35 de ellas sentadas.

Fuente: Dirección técnica de BRT

#### 4.2.2 Características de las troncales en operación hasta el 2018

Como se ha evidenciado la operación de Transmilenio responde a ciertas necesidades de ciudad e infraestructura, por lo que cada operador debe optimizar la operación teniendo en cuenta los términos contractuales de las concesiones que Transmilenio S.A ofrece y vigila, en la Tabla 8 se identifica la troncal con el número de estaciones y tipo de vehículos operando.

Tabla 8. Caracterización de troncales

TRONCAL	ESTACIONES	TIPO VEHÍCULO
Línea A Caracas	14 estaciones	Articulados y Biarticulados
Línea B Autonorte	17 estaciones	Articulados y Biarticulados
Línea C Suba	14 estaciones más 2 estaciones operación dual	Duales, Articulados y Biarticulados
Línea D Calle 80	13 estaciones más 5 estaciones operación dual	Duales, Articulados y Biarticulados
Línea E NQS Central	14 estaciones	Articulados y Biarticulados

<b>TRONCAL</b>	<b>ESTACIONES</b>	<b>TIPO VEHÍCULO</b>
<b>Línea F Américas:</b>	16 estaciones	Articulados y Biarticulados
<b>Línea G NQS Sur:</b>	17 estaciones incluyen Soacha	Articulados y Biarticulados
<b>Línea H Caracas Sur</b>	15 estaciones, esta troncal cuenta con dos portales Portal USME (operación dual más 5 estaciones) y Portal TUNAL (Operación de primera línea de Cable)	Duales, Articulados y Biarticulados
<b>Línea J Eje Ambiental</b>	4 estaciones	Duales, Articulados y Biarticulados
<b>Línea K Calle 26:</b>	15 estaciones más 6 estaciones operación dual incluye operación Aeropuerto Internacional El Dorado	Duales, Articulados y Biarticulados
<b>Línea L Carrera Décima</b>	11 estaciones	Duales, Articulados y Biarticulados
<b>Línea M Carrera Séptima</b>	18 estaciones	Duales
<b>Líneas Alimentadoras:</b>	106 líneas que cubren 608 km en los portales o cabeceras de operación.	Alimentadores

*Fuente: Mapa de operación Transmilenio S.A*

## 5. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Durante el 2018 el director del presente proyecto, Oscar Eduardo Díaz, tuvo acceso a las bases de datos de validación de ingresos y salidas en las estaciones y portales que componen el sistema, con los datos diarios de todo el 2017 se desarrolla un análisis y estructuración de las bases de datos, identificando variables y tipologías para conocer la información disponible y las posibles estadísticas que se puedan desarrollar.

En el caso de Transmilenio la captura de información se hace de manera automatizada por medio de las tarjetas de acceso al sistema, con el conteo de validaciones por usuario o tarjeta. Los datos del 2017 representan una muestra importante ya que fue el último año donde operaron dos empresas de recaudo, Angelcom y Tu-llave. Para el 2018 Tu-llave se establece como el único administrador del recaudo en Bogotá con el fin de integrar la tarificación y el recaudo como uno en el SITP.

A continuación, se caracterizan las variables y las bases de datos suministradas.

### 5.1 Caracterización de variables

Las bases de datos caracterizadas en general contemplan tres tipos de variables, texto que se refiere a nombres y descripciones características y numéricas que serán precios por validación, fechas, y números enteros, las bases de datos que se revisaron corresponden a dos tipos una son validaciones por tipo de recaudo y validaciones generales.

- **Validaciones por tipo:** identificando Angelcom y Tu-llave, en este caso solo se obtuvo información del mes de enero.
- **Validaciones generales:** se identifica el tipo de validación, la troncal, estación y zona de la estación donde accede, esta base cuenta con datos de validaciones cada 15 minutos durante el día operacional, se tienen 24 bases de datos que corresponden a los 12 meses de ingresos y 12 meses de salidas.

En la Tabla 9 se describen las bases de datos y variables que la componen.

Tabla 9. Diccionario de datos y variables

Validación Ingresos	Variable	Contenidos	Descripción
<b>VALIDACIONES POR TIPO</b>			
Fecha Validación	Fecha	Fechas	Fecha de validación
Línea	Texto	Línea A, Línea B, Línea C, Línea D	Líneas troncales operando hasta fase 3
Estación	Texto	Nombre estación	Nombre de la estación
Acceso de Estación	Texto	Accesos por estación	descripción de accesos en la estación, si es plataforma, peatonal, acceso de discapacitados y demás
Tipo BCA	texto	Alimentación, en bici, Normal, desalimentación	tipo de ingreso, alimentación, desalimentación, bici o a pie
Perfil	texto	tu llave, Angelcom, adulto mayor, apoyo ciudadano	tipo de usuario
Nombre de Perfil	texto	Tu llave, Angelcom, av. Villas, discapacidad, adulto	tipos de servicios y alianzas, bancos, Sena, etc
Valor Validaciones	Entero	Total, de validaciones	costo de las validaciones en COP
NroValidaciones	Entero	Total, validaciones en número de usuarios	número de usuarios validando
Grupo Dashboard	Texto	Básica, Adulto, Discapacidad, Adulto Mayor, Usuario Frecuente, Apoyo Ciudadano, Convenio AC, Capital Monedero	textos y convenios
Línea en Dashboard	Texto	Línea A, Línea B, Línea C, Línea D	Líneas troncales operando hasta fase 3
Emisor_Perfil	texto	tullave, angelcom	empresa recaudadora
Código Estación	entero	código por línea o portal	identificador de línea y portales
Fase	Texto	Fase 1, Fase 2, Fase 3	Fase de implementación Transmilenio
Dispositivos Especiales	texto	Alimentación, Peatonal, Desalimentación, Intermunicipal	dispositivos según acción de ingreso
Nombre Estación	Texto	Nombre estación	Nombre de la estación
<b>VALIDACIONES GENERALES</b>			
Fase	Texto	Fase 1, Fase 2, Fase 3	Fase de implementación Transmilenio
Línea	Texto	Línea A, Línea B, Línea C, Línea D	Líneas troncales operando hasta fase 3
Estación	Texto	Nombre estación	Nombre de la estación
Acceso de Estación	Texto	Accesos por estación	Descripción de accesos en la estación, si es plataforma, peatonal, acceso de discapacitados y demás

Validación Ingresos	Variable	Contenidos	Descripción
Intervalo	Tiempo	desarrollo de 24 hr	periodos de operación
Fecha	Fecha	fechas	Fecha de validación
Numero de validaciones	Entero	numero de validaciones	suma de validaciones

*Fuente: Elaboración propia*

Las variables anteriores son usadas para entender la operación troncal el Anexo 1 presenta el resumen de las bases de datos suministradas por Transmilenio S.A

Sobre los datos analizados se encontró que cada base de ingreso y salida cuenta con 1090 campos de captura de información, esto quiere decir que al año se contaron 13080, entre los puntos de captura y los días de captura de información corresponden a 39.240 campos con información de estaciones, puntos de acceso y datos de viaje, por mes. En el año corresponde a 470.880 datos.

Sobre los números de acceso, se encuentra que de las 149 estaciones incluyente portales, el sistema cuenta con 545 puntos de acceso, de estos 117 son exclusivos peatonales, sumados a 258 que tienen facilidades para personas de movilidad reducida.

Para el análisis de las bases de datos se usaron tablas dinámicas de Excel, las que permitieron una administración más fluida de la información previo a su digitalización en los sistemas geográficos.

Algunos componentes gráficos de “R” estudio para estadísticas y modelos con ggplot, qqplot2, son herramientas que permitieron seleccionar la mejor forma de presentar e interpretar los datos.

## **5.2 Administración de las bases de datos**

Para la administración de bases de datos se debe considerar una homogenización de los datos en este caso se reciben unas bases por parte de Transmilenio con 5.984.204 registros los cuales tienen formatos distintos y se presenta la información en algún caso sin ningún tipo de estructura, por esta razón se debe hacer una estructuración y definir un esquema para los propósitos de este proyecto puedan elaborarse análisis más congruentes y con resultados precisos.

Los datos analizados en total fueron entradas contando fechas, números de validaciones, estaciones y demás características descritas anteriormente, las bases de datos fueron entregadas en 24 archivos de Excel, pero luego de la revisión y depuración de la información necesaria para este proyecto se dejó un solo archivo de Excel presentado en el Anexo 1 correspondiendo a la arquitectura de datos y los campos expuestos en la tabla anterior. Se debe aclarar que las 24 hojas contenían datos segregados y que la acción de revisar y depurar las bases fue:

- Definir el mismo nombre de estación en todos los casos,
- Suministrar la misma descripción de las estaciones
- Se encontró que al menos 5 meses no contaban con información horaria por lo que dificulta el uso de los ingresos horarios como variable de análisis.
- Se encontró que solo la hoja del mes de enero cuenta con una descripción del tipo de recaudo y perfil tienen las validaciones en el sistema.

Finalmente, con el fin de facilitar y hacer más fluido el procesamiento de datos se decide el uso de R, Excel y Q-Gis para el análisis estadístico y el análisis geográfico.

A continuación, se presenta una serie de análisis con el fin de identificar variables y estadísticas para la operación del sistema troncal en el 2017.

Según la información suministrada en el 2017 en el sistema troncal se registraron 676,764,626.0 ingresos y 690,000,000 salidas en las 149 estaciones del sistema troncal, la

Figura 10 es un resumen de las validaciones de entradas y salidas en toda la red troncal por fases, se destacan las líneas de la Autopista Norte y Suba como las más concurridas del sistema.

A continuación, se presentan algunas líneas del código en R, incluyendo las librerías usadas y algunos análisis previos a los resultados finales, se debe considerar que R estudio es la herramienta que permite el uso de las librerías mencionadas a continuación.

```
##ANALISIS DE LA DEMANDA  
RESUMEN_DEMANDA <- read.csv("H:/TRABAJOS ACTUALES/2. INVESTIGAR/6. DIEGO
```

```

AVILA/2. MAPAS E INFORMACION TRATADA/Demanda 2017/RESUMEN_DEMANDA.csv")
View(RESUMEN_DEMANDA)
library(ggplot2)
RESUMEN_DEMANDA <- read.csv("H:/TRABAJOS ACTUALES/2. INVESTIGAR/6. DIEGO
AVILA/2. MAPAS E INFORMACION TRATADA/Demanda 2017/RESUMEN_DEMANDA.csv",
stringsAsFactors = FALSE )
RESUMEN_DEMANDA$ENERO_ING <- as.numeric(RESUMEN_DEMANDA$ENERO_ING)
> qplot(LINEA, ENERO_ING, data=FASE)
Error in ggplot(data, mapping, environment = caller_env) :
  object 'FASE' not found
> RESUMEN_DEMANDA$FASE <- as.factor(RESUMEN_DEMANDA$FASE)
> qplot(FASE, LINEA, data=ENERO_ING)
Error in ggplot(data, mapping, environment = caller_env) :
  object 'ENERO_ING' not found
> qplot(ENERO_ING, LINEA, data)
Error: `mapping` must be created by `aes()`
> ?qplot
> qplot(mpg, wt, data = mtcars)
> library (ggplot2)
> str(mpg)
Classes 'tbl_df', 'tbl' and 'data.frame':      234 obs. of  11 variables:
 $ manufacturer: chr  "audi" "audi" "audi" "audi" ...
 $ model       : chr  "a4" "a4" "a4" "a4" ...
 $ displ      : num  1.8 1.8 2.2 2.8 2.8 3.1 1.8 1.8 2 ...
 $ year       : int  1999 1999 2008 2008 1999 1999 2008 1999 1999 2008 ...
 $ cyl        : int  4 4 4 4 6 6 6 4 4 4 ...
 $ trans      : chr  "auto(l5)" "manual(m5)" "manual(m6)" "auto(av)" ...
 $ drv        : chr  "f" "f" "f" "f" ...
 $ cty        : int  18 21 20 21 16 18 18 18 16 20 ...
 $ hwy        : int  29 29 31 30 26 26 27 26 25 28 ...
 $ fl         : chr  "p" "p" "p" "p" ...
 $ class      : chr  "compact" "compact" "compact" "compact" ...
g+geom_point(aes(color=FASE),size=4,alpha=1/3)+facet_grid(~FASE)+labs(x="VALIDACION
ES",z="TRONCALES")+theme_bw()
> ?fonts
\
ggplot(RESUMEN_DEMANDA,aes(x=LINEA, fill=TOTAL))+
  theme_bw()+
  facet_wrap(~FASE)+
  geom_bar()+
  labs(y="Numero de Registros", title="fase y emisores")

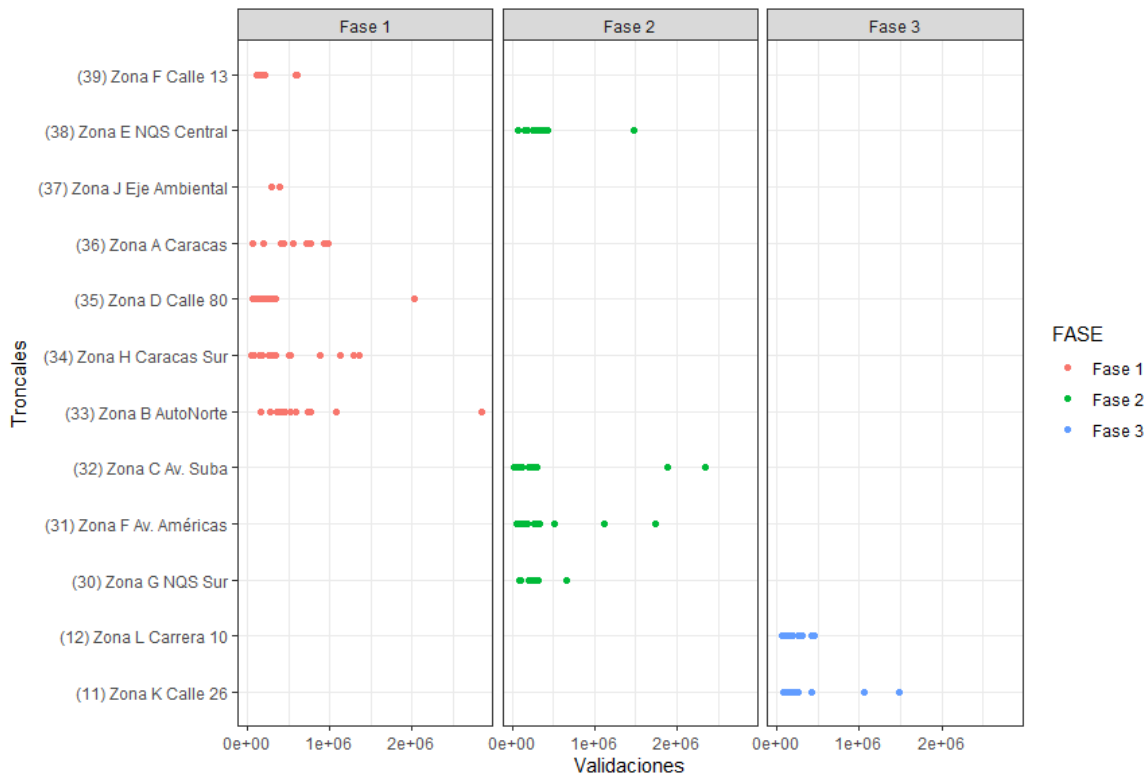
```

```

ggplot(RESUMEN_DEMANDA,aes(x=LINEA, fill=TOTAL))+
+ theme_bw()+
+ facet_wrap(~FASE)+
+ geom_bar()+
+ labs(y="Numero de Registros", title="fase y emisores")
> ggplot(RESUMEN_DEMANDA,aes(x=FASE, fill=TOTAL))+
+ theme_bw()+
+ facet_wrap(~FASE)+
+ geom_bar()+
+ labs(y="Numero de Registros", title="fase y emisores")
> ggplot(RESUMEN_DEMANDA,aes(x=LINEA, fill=TOTAL))+
+ theme_bw()+
+ facet_wrap(~FASE)+
+ geom_bar(aes(x=LINEA))+
+ labs(y="Numero de Registros", title="fase y emisores")

```

Figura 10. Validaciones en las líneas troncales por fase



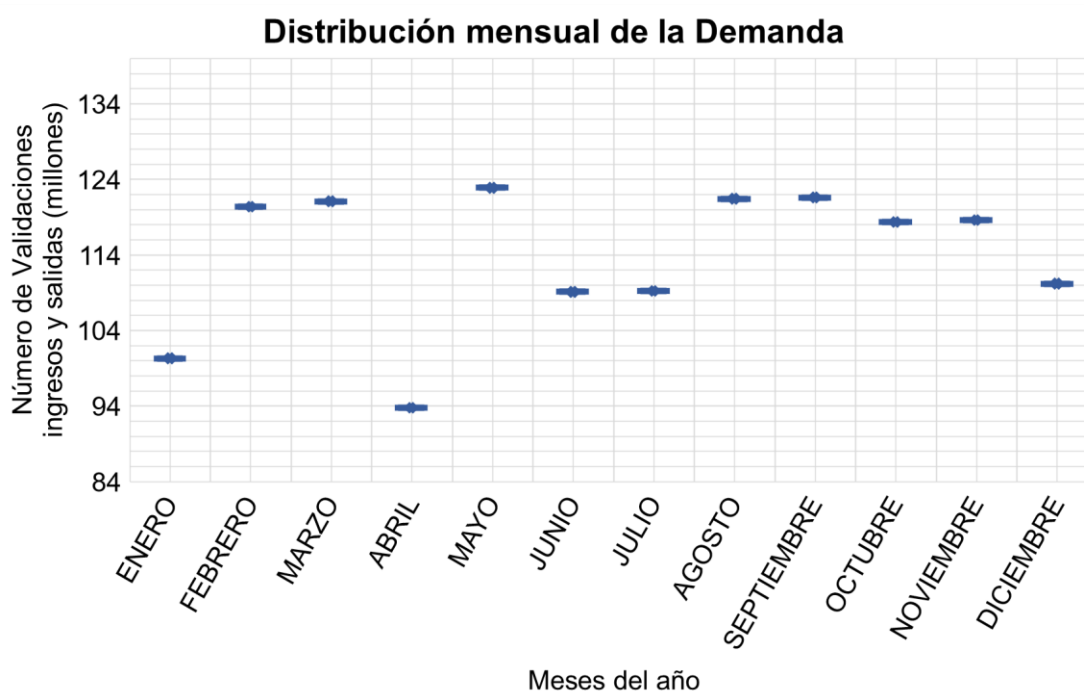
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

En los registros analizados se identificó que durante el 2017 la demanda de usuarios en el sistema es estable durante todo el año, como muestra la Figura 11.

sin embargo, se debe considerar que existen estacionalidades en la ciudad, es decir que, dado a condiciones externas como eventos, y condiciones climáticas el sistema se comporta de manera distinta, en la gráfica se identifican 3 puntos estacionales, que corresponden al mes de:

- Abril: semana santa.
- Junio y Julio: Vacaciones de colegios y Universidades.
- Diciembre y enero: vacaciones de Navidad y fin de año.

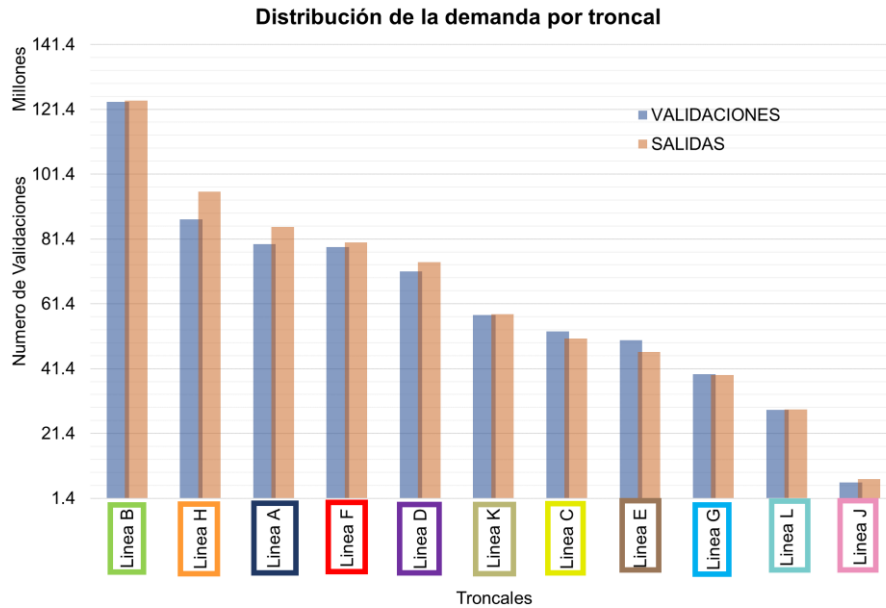
Figura 11. Distribución de la demanda mensual en el sistema



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

Descrito el periodo con mayor demanda en el sistema en la, en la Figura 12 se identifica la troncal con mayor actividad durante el 2017, corresponde a la línea B sin embargo la línea H (zona sur), línea A (Zona Centro) y línea F (zona Occidental) también generan una demanda importante.

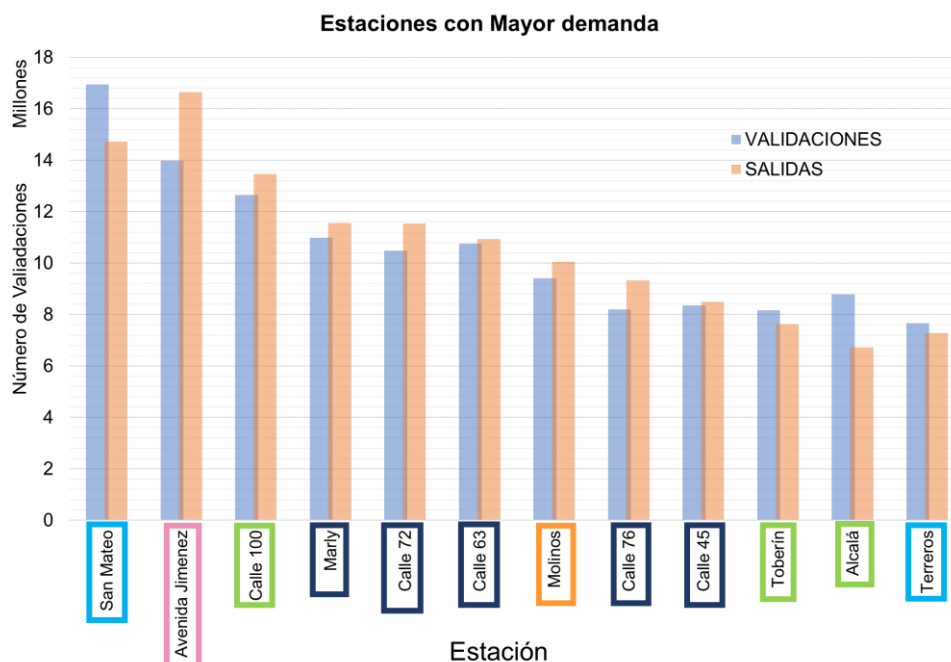
Figura 12. Distribución de la demanda según la troncal de operación



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

A pesar de que la troncal de la zona norte es la más demandada la estación con mayor número de validaciones es San Mateo en la línea G en el sector sur de la ciudad, seguida de la estación Avenida Jiménez en la zona centro, no obstante, tres estaciones del troncal norte están dentro de las que más cubrieron viajes siendo Calle 100, Toberín y Alcalá. En la Figura 13, se observa que las estaciones de la zona centro en la troncal de la Avenida Caracas o línea A tienen mayor representación pues 5 estaciones cubrieron alrededor de 60 millones de viajes en el 2017.

Figura 13. Caracterizaciones de estaciones con mayor demanda



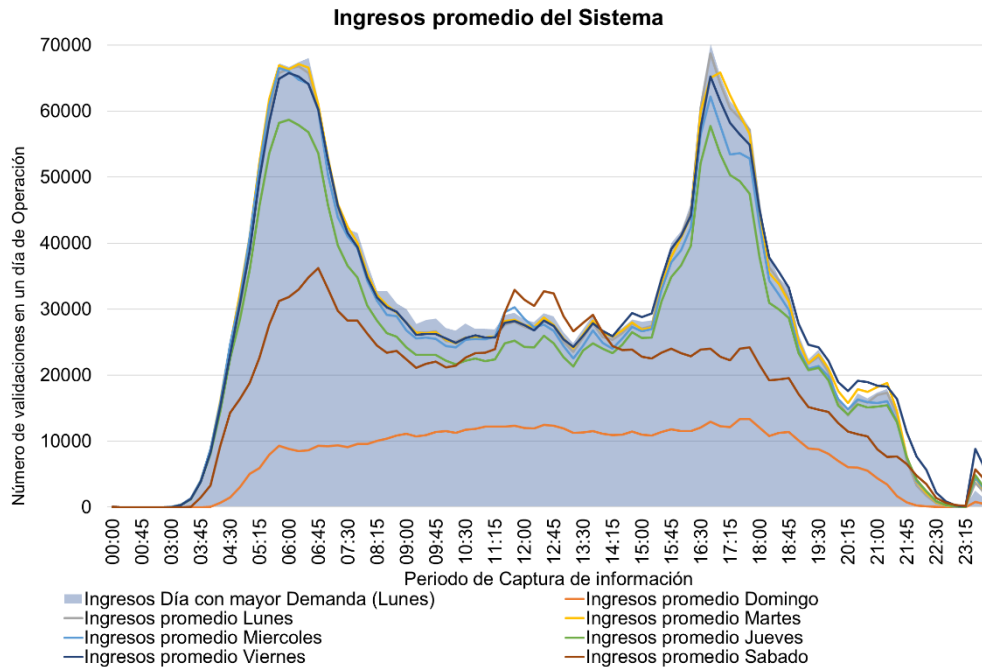
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

En cuanto al horario y distribución de viajes se tiene en cuenta que el sistema inicia operaciones de lunes a viernes a las cuatro de la mañana el cierre operacional es a las once de la noche cuando inicia ruta los últimos servicios en sus respectivas cabeceras, el fin de semana se divide en sábado, y domingo y festivo, para el caso del sábado la operación inicia a las cinco de la mañana y se cierra a las once de la noche, los domingos y festivos el servicios inician a las cinco y media de la mañana y se cierra a las diez de la noche, en promedio el periodo operacional es de veintiún horas diarias (Transmilenio S.A 2019).

Sobre los datos de validación se analizó el mes con mayor estabilidad correspondiendo a septiembre, se consideró así porque en el 2017 este mes no tuvo festivos y se puede ver la operación en condiciones normales de las troncales, la Figura 14 muestra las validaciones de ingreso a toda la red del sistema, para el análisis se identificó que el lunes 4 de septiembre fue el día con mayor demanda, este sirve para comparar con los promedios diarios del resto del

mes, allí se nota que los días entre semana tienen un comportamiento muy similar, mientras que los sábados y domingos la demanda disminuye y la distribución cambia totalmente.

Figura 14. Caracterización de Ingresos promedios en el sistema troncal en la semana



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

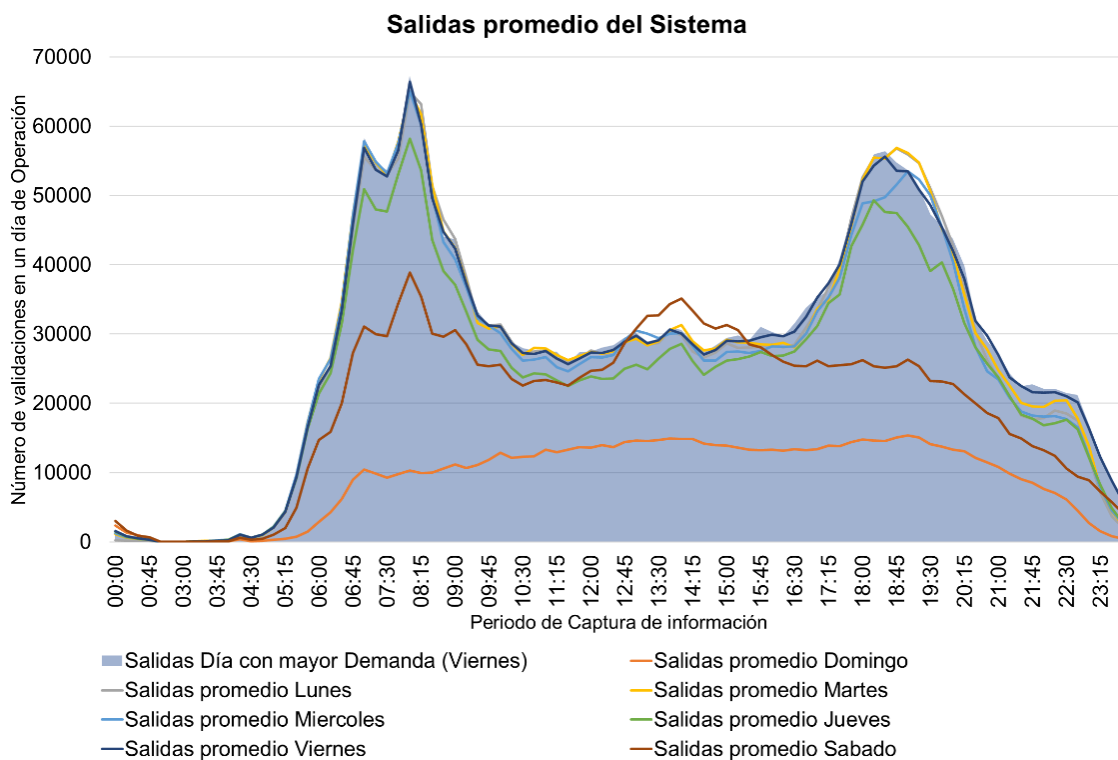
Para el caso de las salidas se identificó el viernes 1 de septiembre como el día con mayores validaciones de salidas, inicialmente se puede pensar que existe un error en la toma de datos y las validaciones ya que se esperaría que ingrese la misma gente que sale en el sistema en un mismo día, sin embargo, son tres factores que afectan esta variable:

- La integración del sistema y la operación en la Carrera 7ma con buses duales impide contar todas las salidas, ya que existen registros de entrada, pero no hay una herramienta para validar la salida.
- La evidencia de la problemática de evasores en el sistema e impide conocer con claridad cuantas personas ingresaron y esto desvía la cuenta pues en algunos casos existen viajes que validan la salida, pero no se validó el ingreso, para el 2017 con las bases recibidas se puede estimar que el 2% de las validaciones las personas evaden o entran irregularmente al sistema, más o menos 13 millones de viajes.

- El tercer factor corresponde a los errores en la administración de datos y pérdida durante la depuración y relación de bases de datos.

La Figura 15 presenta el comportamiento semanal y horario de las troncales en las estaciones del sistema para el mes de septiembre en el 2017.

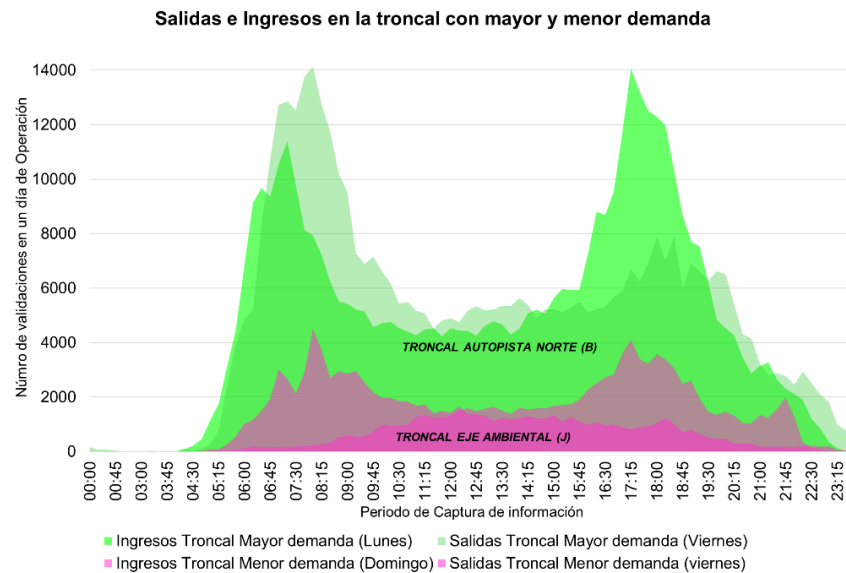
Figura 15. Caracterización de salidas promedio en el sistema troncal en la semana



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

Dentro de los registros analizados es posible caracterizar en detalle la troncal con mayor y menor demanda en este caso se encontró que la troncal norte representa el mayor número de ingresos y salidas durante el 2017, la Figura 16 muestra que el lunes es el día con mayor ingresos y el viernes con más salidas, esto también da una imagen de la ciudad pues se puede deducir donde se encuentran el mayor número de zonas de recreación y o trabajo en Bogotá, por otro lado se encontró que la troncal con menor demanda es la zona centro sin embargo los días con mayor demanda son los domingos y viernes esto también se debe a que en la zona centro se encuentran los lugares de recreación y turismo más importantes para la ciudad.

Figura 16. Caracterización de ingresos y salidas en la troncal con mayor y menor demanda (Troncal Zona B al Norte, y Troncal Zona J al centro)



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A.

La Figura 17 muestra las troncales mencionadas en la figura anterior.

Figura 17. Localización Troncal de mayor y menor demanda (detalle Anexo 2 – B4).

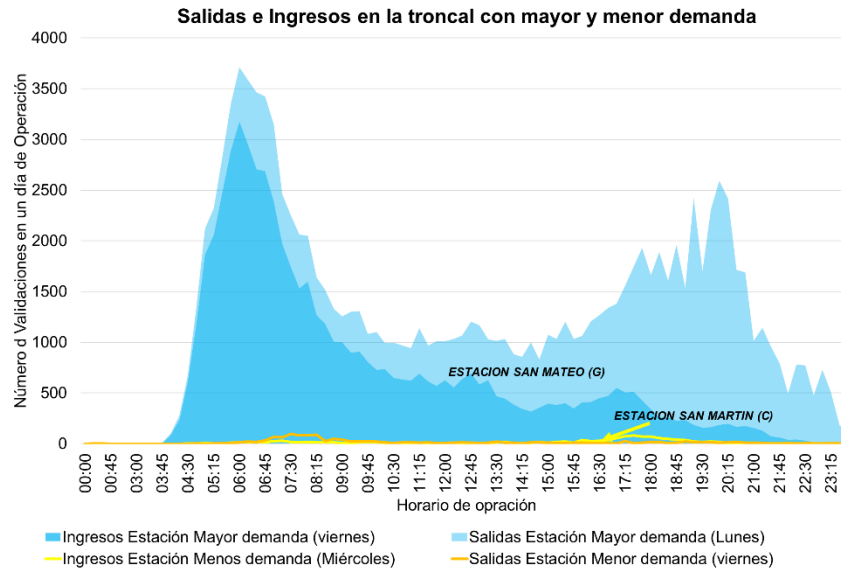


Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A.

Se encontró que la estación con mayor demanda se encuentra en la troncal sur en el municipio de Soacha, esta es la estación San Mateo, la cual en el día y hora

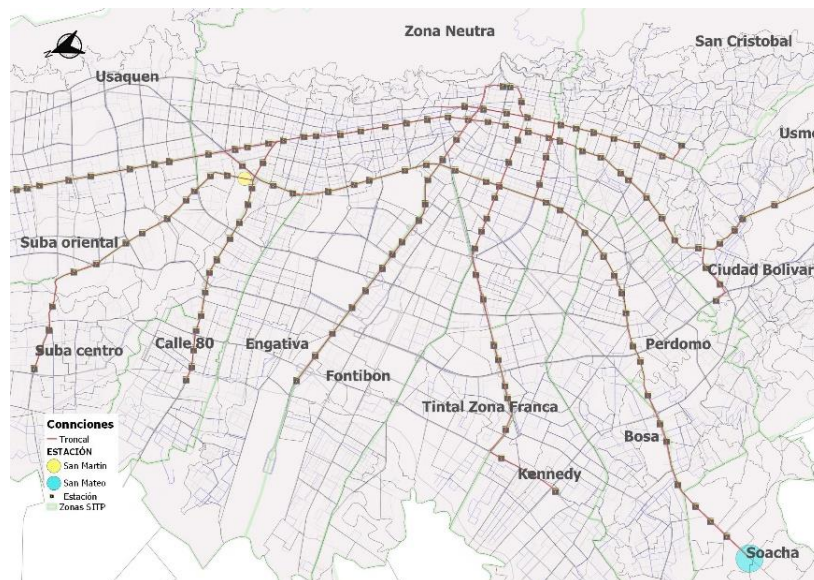
más ocupado ingresan más o menos 3500 personas, por otro lado la estación San Martín en la troncal suba al noroccidente de la ciudad es la estación con menor número de usuarios, en el 2017 en su día y hora más ocupado ingresaron menos de 500 personas, la Figura 18 se muestra la operación horaria del día más ocupado.

Figura 18. Caracterización de ingresos y salidas en la estación con mayor y menor demanda.



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

Figura 19. Localización estación de mayor y menor demanda (detalle Anexo 2 – B5).



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

## 6. ANÁLISIS DE LA DEMANDA EN LAS TRONCALES DE TRANSMILENIO

La demanda es un concepto adoptado de los estudios económicos en la producción de bienes y servicios, para el caso generalizado se habla de demanda a la interacción de distintas variables que tienen que ver con servicios, costos y oferta. En el caso del transporte la función de demanda muestra el número de pasajeros que desean, necesitan o usan un servicio en este caso sistemas de transporte público.

La demanda varía de acuerdo con ciertas condiciones y factores como, gusto, utilidad, número de usuarios entre otros, de acuerdo con las variables analizadas pueden ser representadas como función del tiempo y el precio, representados por la ecuación 1 (Islas, Rivera, and Torres 2002).

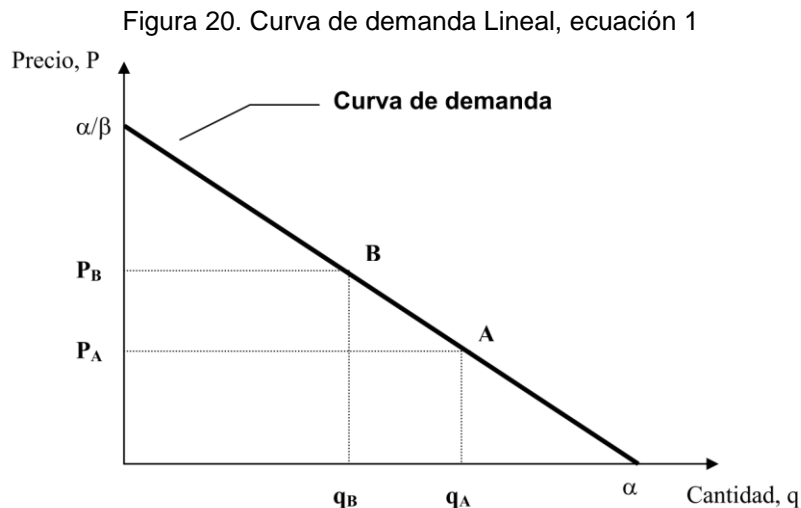
$$Q(p) = a - bp \quad (1)$$

*Q = Demanda,*

*P = precio*

*a y b = constantes*

La ecuación anterior representa la curva de demanda en un comportamiento lineal como muestra la Figura 20.



Fuente: Estudios de demanda de Transporte, México 2015

Los sistemas de transporte se analizan con funciones derivadas de otra función o necesidad, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos los servicios de

transporte público no son demandados por sus características si no por su utilidad.

En complemento a los análisis de demanda se presenta la oferta que es función de la cantidad de bienes y servicios que se producen o se administran para suplir la demanda estos con un costo predeterminado. En el caso de transporte la función contempla la cantidad de vehículos por kilómetro, y tarifa, en muchos casos estos fluctúan respondiendo a factores como precios de insumos y tecnologías, para calcular la oferta en su forma más básica se puede emplear la Ecuación 2.

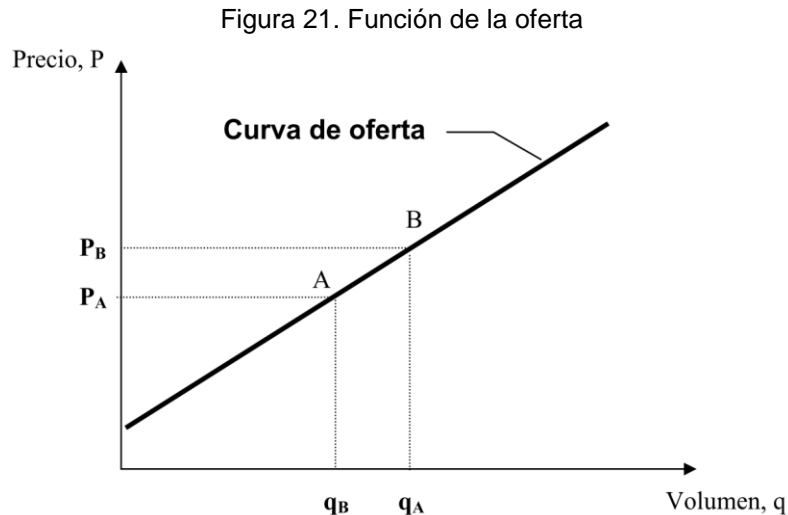
$$O(p) = c - dp \quad (2)$$

*O=Oferta*

*P = precio*

*c y d = constantes*

La ecuación representa en la Figura 21, un comportamiento lineal de la curva de oferta en cierto bien o servicio.

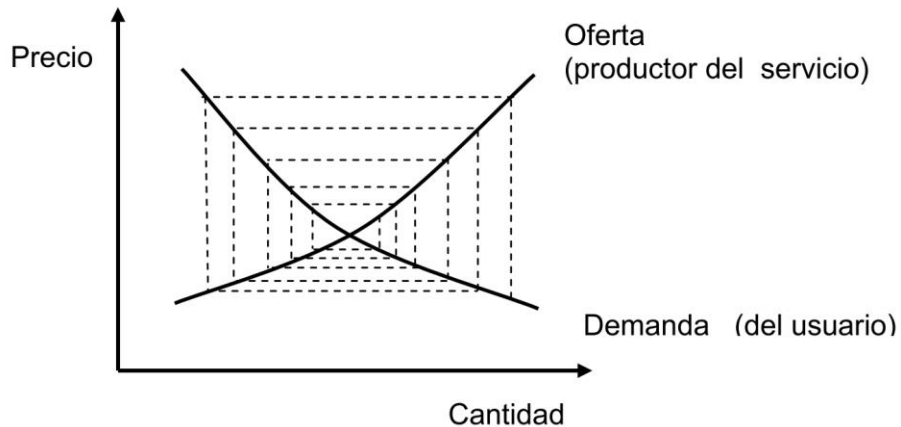


Fuente: Estudios de demanda de Transporte, México 2015

Cuando se habla de oferta y demanda en el mercado, se busca un punto de equilibrio, este corresponde al punto cuando la demanda y la oferta son iguales. El punto de equilibrio demuestra un comportamiento regular y en términos de servicio para el caso de los sistemas de transporte público es buena, porque cuando esto se cumple se asegura que la oferta de servicio cumple y tiene la

capacidad de responder a la demanda. Cuando el punto de equilibrio no se alcanza es probable que la demanda sea mayor a la oferta y exista saturación por una oferta ineficiente, por el otro lado si la demanda es menor, puede parecer un exceso de oferta, y en algunos casos representa pérdidas para la operación, la Figura 22, muestra la trayectoria esperada entre las curvas de oferta y demanda.

Figura 22. Trayectoria de oferta y demanda.



Fuente: Estudios de demanda de Transporte, México 2015

Hoy en día el Modelo de 4 etapas es la metodología más usada para estimar y analizar la demanda en los sistemas de transporte, en la ciudad de Bogotá en busca de atender las necesidades del transporte y generar una planeación que responda a las necesidades de movilidad se han desarrollado varias series de modelos según proyectos como el Metro, modelos de autopistas urbanas, modelos para parqueo y demás, a continuación se enlistan algunos de los modelos elaborados donde se tiene en cuenta toda la ciudad.

- **Modelo Unificado (2007-2010):** modelo de asignación de vehículo privado, transporte público y carga. 824 zonas.
- **Modelo Metro (SENER, 2010):** modelo de cuatro etapas que incorpora generación, atracción, distribución, selección modal y pivote. 824 zonas.
- **Revisión del Modelo de Transporte de Cuatro Etapas (Steer Davies Gleave, 2011):** consolida modelos Unificado y Metro en una herramienta. 863 zonas.
- **Encuesta de Movilidad (SDG,2011):** calibración del modelo de asignación con nueva zonificación y matrices resultantes de la encuesta. 945 zonas.

- **Red Metro ligero (SDG, 2013):** calibración del modelo de asignación de transporte público con los resultados del ejercicio de preferencias declaradas (valor del tiempo por estrato, coeficientes de funciones de costo, constantes modales).
- **Estimación de Demanda para la Primera Línea de Metro (Steer Davies Gleave para el Consorcio L1, 2013):** modelo de generación y modelos de asignación.
- **Modelo de Cuatro Etapas para el proyecto de Cobros por Congestión (Steer Davies Gleave, 2013-2014):** calibración de modelos de generación, atracción, selección modal y asignación de vehículo privado y transporte público a partir de la información de la Encuesta de Movilidad 2011.
- **Proyecto de Asociación Público-Privada “Bogotá Eléktrika” (Steer Davies Gleave para BOGOTA ELEKTRIKA SAS, 2014):** Actualización modelo de redes de transporte público.

Como se mencionó la ciudad cuenta con modelos de demanda acomodados a cada proyecto y según el nivel y área de aferencia. No obstante, el proyecto actual tiene como objetivo verificar el comportamiento de la demanda en un punto específico el caso de la operación de Transmilenio en el 2017, a continuación, se describe el modelo de cuatro etapas y los resultados tras los análisis desarrollados.

### **6.1 Modelo de 4 etapas**

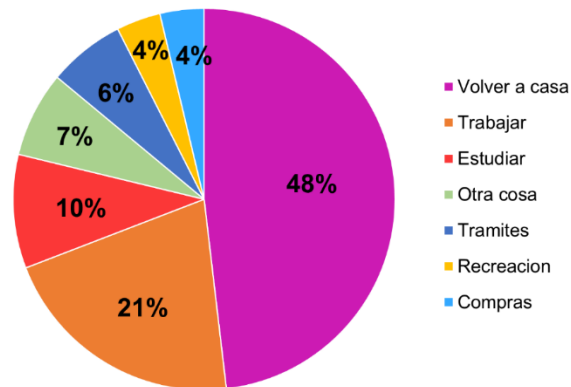
El modelo de cuatro etapas para este proyecto se desarrollará como un proceso de análisis y planificación de transporte que asocia la información disponible para verificar los movimientos de usuarios dentro de la red troncal del sistema BRT de Bogotá (Transmilenio S.A and Alcaldía Mayor de Bogotá 2017).

El modelo de cuatro etapas parte de una hipótesis en la cual se deduce que los usuarios realizan secuencialmente un conjunto de elecciones que caracterizan sus viajes, estas elecciones muestran la relación de generación y distribución por modos de transporte y rutas donde se considera un conjunto de submodelos que reflejan etapas de la demanda y la oferta (Uniyal 2017). A continuación, se describen las etapas que componen el modelo.

### 6.1.1 Modelo de generación de Viajes

El modelo de generación de viajes busca responder porque se desarrollan los viajes y su distribución en la red. Para completar esta información se revisa la información publicada en la encuesta de movilidad de Bogotá, donde se identifican los propósitos de viajes por localidad, en la encuesta de movilidad se identificó que diariamente se realizan 17 millones de viajes distribuidos en los propósitos presentados en la Figura 23.

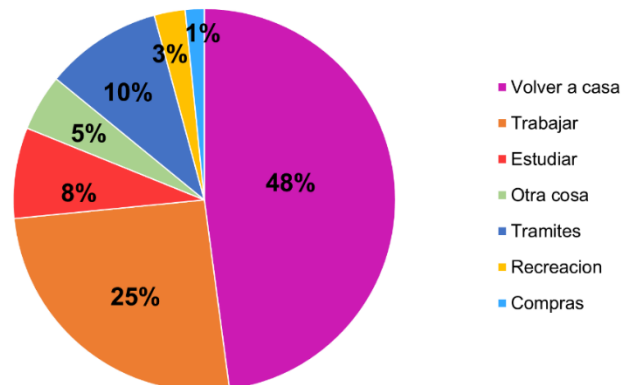
Figura 23. Propósito del total de viajes generados en la ciudad de Bogotá.



Fuente: encuesta de Movilidad 2015

Considerando el análisis de los datos es sobre la demanda troncal en la Figura 24, se identifica que la mayoría de los usuarios del sistema lo usan con viajes para volver a casa, ir a trabajar o estudiar, nada distinto al comportamiento general de la ciudad, esto se debe a que este es el modo más usado con alrededor de 3 millones de usuarios diarios.

Figura 24. Propósito del total de viajes generados en la ciudad de Bogotá en transporte público.



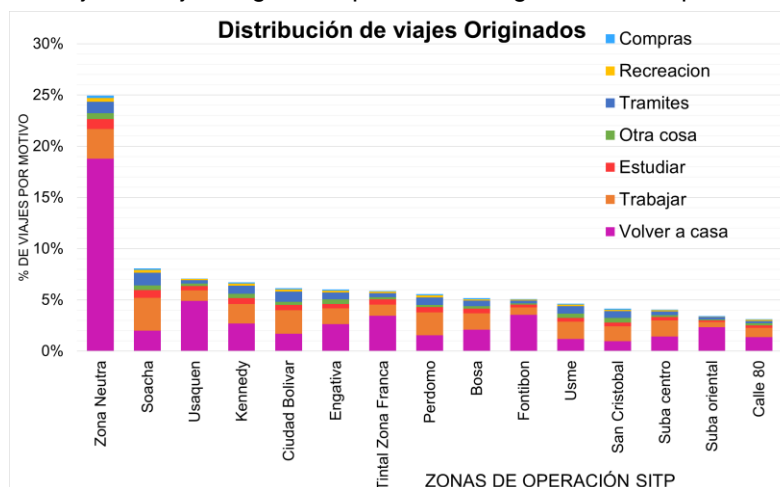
Fuente: encuesta de Movilidad 2015

### 6.1.2 Modelo de Distribución de Viajes

Una vez se identifican los propósitos de viaje se desarrolla un análisis de distribución de orígenes y destinos en la red, en este caso se busca identificar zonas de mayor atracción y generación de viajes, esto escalado a las zonas de Análisis de transporte ZAT y las zonas de operación como se identifica en la Figura 8.

Sobre el estudio desarrollado se encontró que la mayoría de los viajes atraídos y generados son en la zona central de la ciudad que corresponde a la zona neutro, allí se encuentra la mayoría de los viajes originados y tienen como motivo volver a casa, seguido por los viajes basados en el trabajo y el estudio, sin embargo, la Figura 25, también ayuda a ver el esquema de ciudad que corresponde a un centro urbano densificado.

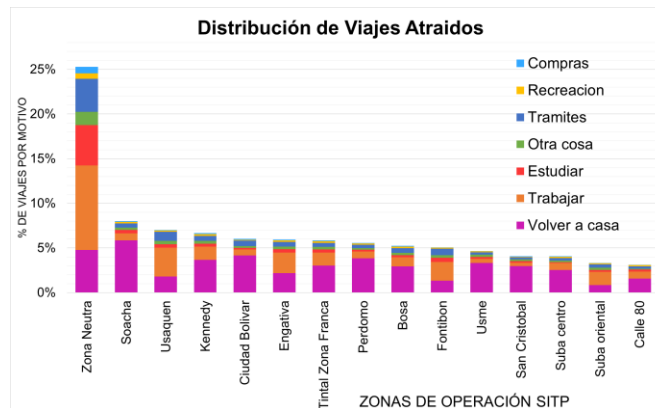
Figura 25. Porcentaje de viajes originados por motivo según zona de operación de transporte.



Fuente: encuesta de Movilidad 2015

El análisis se complementa identificando el comportamiento de los viajes atraídos o destinos, en la Figura 26 se evidencia que la zona neutro es quien genera mayor atracción, esto consecuencia de la red vial y de infraestructura de la ciudad, que a largo plazo genera las problemáticas hoy evidenciadas pues es al ser el sector con mayor demanda y desarrollo urbano, los viajes atraídos corresponden en su mayoría a actividades de trabajo, estudio y tramites.

Figura 26. Porcentaje de viajes atraídos por motivo según zona de operación de transporte.



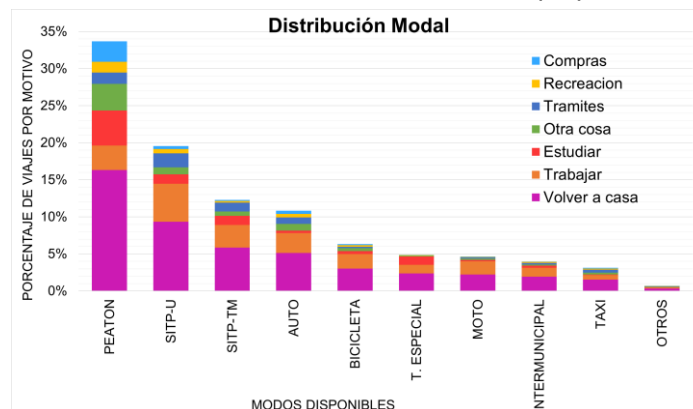
Fuente: encuesta de Movilidad 2015

### 6.1.3 Modelo de selección modal

La distribución modal es un parámetro importante para tener en cuenta en la planeación generalizada del transporte, ya que esta ayuda a responder cuanto debe ser la oferta, aquí se desarrolló una observación de la distribución modal general de la ciudad y luego se analiza el sistema troncal que es el modo más usado después del peatonal.

Diferente a muchas capitales alrededor del mundo se podría decir que Bogotá muestra una movilidad sustentable donde la mayoría de sus viajes son realizados a pie y sistemas de transporte público, sin embargo la oferta es mínima para la demanda que hoy debería suplir la ciudad, en la Figura 27 se observa la distribución modal donde se resalta el uso del transporte público para el desarrollo de todas los propósitos de los habitantes.

Figura 27. Distribución modal de acuerdo con los propósitos de viaje.



Fuente: encuesta de Movilidad 2015

Se debe observar la distribución modal de la ciudad para entender la magnitud de la red troncal de la ciudad, y además aclarar que existen alternativas en modos de transporte, como ya se ha mencionado por la troncal de Transmilenio se mueven diariamente entre 2 a 3 millones de pasajeros casi el 13% de los viajes como se ve en la gráfica anterior. La aclaración de modos es porque en la asignación de viajes se desarrollarán modelos de análisis basados únicamente en variables conocidas del Sistema y la red troncal dejando de lado la red de buses urbanos, taxis y movimientos en auto privado y reduciendo las alternativas de moverse (encuesta de Movilidad, 2015).

#### **6.1.4 Modelo de asignación de demanda**

La asignación del modelo se basa en la red troncal de buses articulados y biarticulados, en este caso se verifican los tiempos de viaje y la capacidad se la red según la ofertada y demandada, el modelo de asignación de demanda parte de una matriz de ingresos y salidas, con el cual se asigna la demanda de acuerdo con la disponibilidad de oferta de transporte.

El modelo adoptado considera el tiempo de espera y la flexibilidad del usuario para seleccionar rutas, atendiendo que la operación brinda en algunos casos más de un bus para 2 troncales o portales. La idea de analizar la demanda es recomendar ciertas estrategias que minimicen los tiempos de viaje y ayuden en los costos generalizados del transporte que se analizan con la ecuación 3 que corresponde al costo generalizado de viaje (CGV) se identifica las variables del modelo usadas (Transmilenio S.A and Alcaldía Mayor de Bogotá 2017).

$$CGV = TV + pw * t_{espera} + pc * t_{caminata} + ptrans + pt * ta \quad (3)$$

Donde:

- TV = Tiempo de viaje dentro del vehículo de transporte público
- Pw= Paso del tiempo de caminata
- Tespera = Tiempo de espera
- Pc=Peso del tiempo de la caminata
- Tcaminata = tiempo de caminata
- Ptrans = peso del transbordo
- Pt = Factor para convertir la tarifa en minutos
- Ta= tarifa total del viaje

La función de costo generalizado de viaje (GGV) permite evaluar el cambio en la utilidad de viajar. Los principales factores que hacen parte de esta evaluación son el tiempo y el costo de viaje (van de Vooren 2004).

## **6.2 Construcción del Modelo**

El modelo de la demanda desarrollado tiene en cuenta la red operativa del sistema troncal para el 2017, como se ha mencionado los alcances de este trabajo de grado sugieren una comprensión de los estudios de transporte y no pretenden la construcción de un modelo de demanda de ciudad. La red de transporte público de referencia fue revisada, validada y actualizada en sus características físicas y operativas en términos de la as siguientes variables:

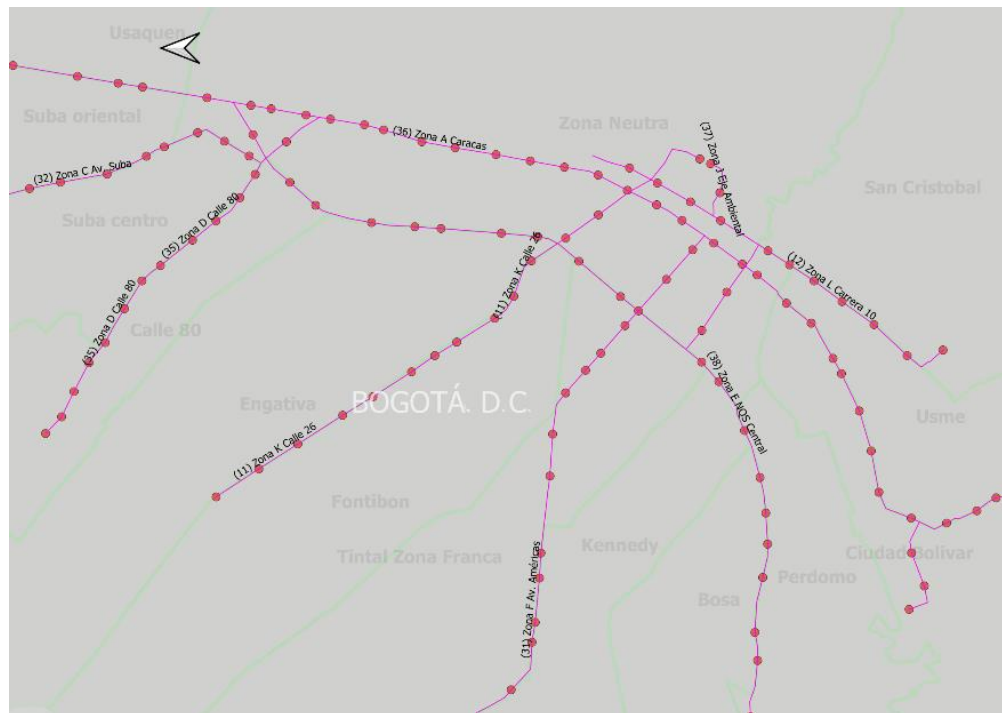
- i. Longitud del tramo o vía
- ii. Sentidos de circulación y conexiones en intersecciones Relación
- iii. Base de validaciones y salidas

Se obtuvo una red compuesta por, 149 nodos regulares y 180 enlaces direccionales, el esquema tarifario considerado para efectos de la modelación corresponde a \$2,200.00 una validación y \$200.00 transferencias.

### **6.2.1 Rutas troncales**

Como se ha descrito anteriormente el análisis es sobre las fases 1, 2 y 3 del sistema BRT en Bogotá, esta oferta de servicios incluye las troncales; Avenida Caracas, Autopista Norte, Avenida Suba, Calle 80, Avenida NQS, Avenida de Las Américas, Eje Ambiental, Calle 26, Carrera 10 como muestra la Figura 28.

Figura 28. Troncales y estaciones en la red modelada, las estaciones corresponden a nodos y los enlaces entre estaciones son los arcos para el modelo (detalle Anexo 2 – B6).



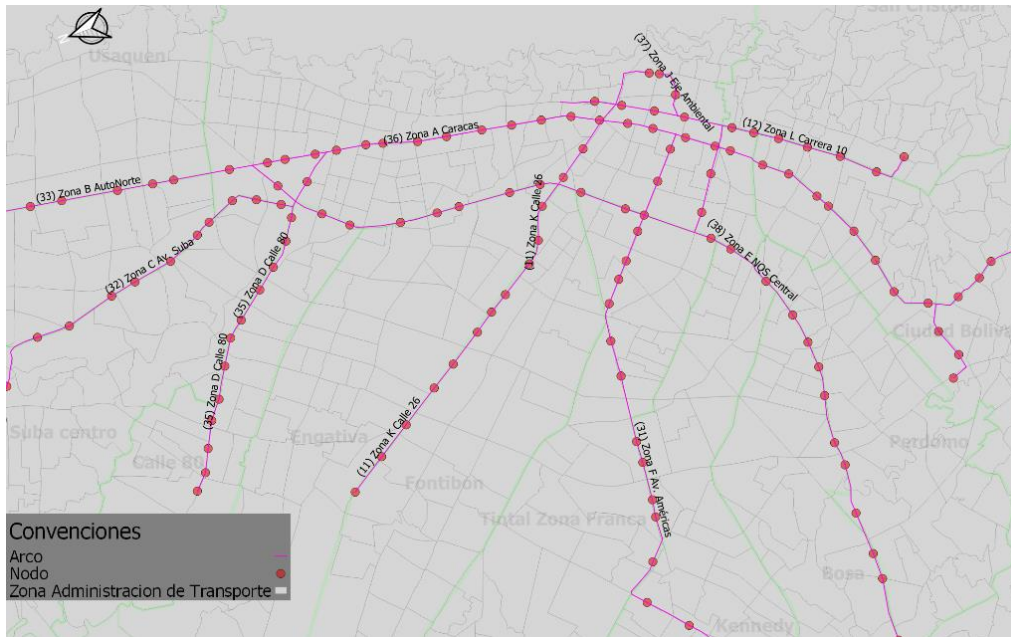
Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2 Zonificación

Como se ha mencionado la demanda de transporte se organiza usando el concepto de zonas de análisis de transporte (ZAT). Para cada zona se producen estimativos del número de viajes que se generan y atraen en cada zona (Transmilenio S.A and Alcaldía Mayor de Bogotá 2017). La representación de la actividad que ocurre dentro de cada zona se hace a través de un elemento geográfico (punto) denominado centroide. Este se localiza dentro de la zona y representa gráficamente el lugar donde inicia y termina un viaje. Los centroides representan los puntos de origen y destino para la asignación de la demanda de transporte.

A pesar de que el presente análisis se desarrolla sobre la red troncal, es pertinente conocer las ZAT e identificar la relación de esta con la planeación y la demanda del sistema troncal como muestra la Figura 29. Las ZAT se usaron para definir los propósitos y modos de viaje, atendiendo los informes de la encuesta de movilidad del 2015.

Figura 29. Relación de ZAT y las troncales del sistema BRT (detalle Anexo 2 – B7).



Fuente: Elaboración propia con información de Transmilenio S.A

### 6.2.3 Validación de la oferta y demanda

El proceso de validación de oferta demanda corresponde a un análisis de los de usuarios que validan ingresos y salidas en las estaciones del sistema, esto genera una serie de información que permite ser interpretada como la combinación de dos elementos y permiten generar una matriz de viajes y un patrón de selección de rutas por los viajeros en la red vial. Estos dos elementos están linealmente relacionados con los volúmenes de tráfico, este caso de estudio se desarrolla sobre información tomada en sitio reduciendo la incertidumbre sobre los datos modelados.

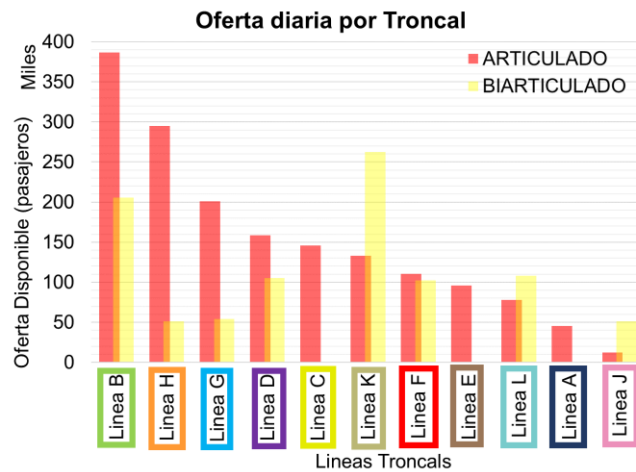
Para el desarrollo del proyecto se determinó que los análisis validos corresponden a los casos extremos es decir, los periodos con mayor demanda, pues son los casos donde el sistema troncal debe responder y asegurar un buen nivel de servicio, razón por la que se definió el mes de septiembre como el periodo más estable de acuerdo a la evaluación de estacionalidad (Ver Figura 11) en los capítulos anteriores. También se estableció una evaluación según los días de la semana teniendo en cuenta que para el caso de Transmilenio existen tres días operacionales, los días típicos de lunes a viernes, el sábado y los domingos y festivos.

Continuando con el análisis del sistema se desarrolló un análisis sobre la oferta en el sistema, para este caso se desarrollaron unas visitas de campo en cada troncal, identificando ciertas tendencias en tiempos de espera y frecuencia de los buses. A continuación, se describen las características operacionales de un día típico, esto se hace con el fin de verificar que la oferta sea acorde a la demanda en las condiciones que mayor capacidad demandan.

Para definir las características de operación y oferta del sistema se desarrollaron unas visitas de campo a las troncales, además se complementa con información publicada en Google Maps y Moovit, así se determinó que:

- 118 rutas operan entre semana, 92 rutas con frecuencias de 5 minutos y 26 con frecuencias de 8 minutos.
- La oferta de buses es de 1434 articulados y 362 biarticulados, con las frecuencias observadas se encontró que 1373 articulados y 292 biarticulados pueden cubrir la demanda, no obstante, se deben considerar, toda serie de imprevistos por lo que es coherente la flota extra, en la Figura 30 se observa la oferta disponible por troncal y tipo de bus.

Figura 30. Estimación de la oferta según número de buses por troncal y observaciones en campo.

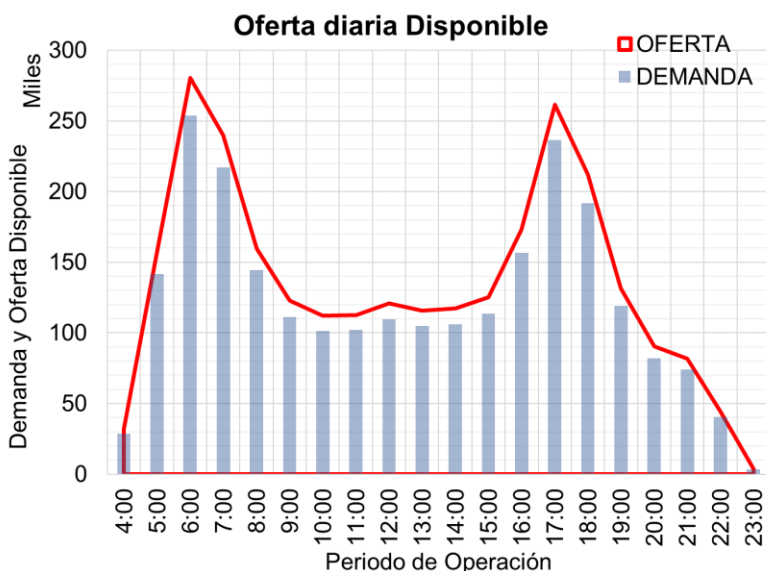


Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

- La velocidad operacional es de veintitrés kilómetros por hora (23 km/h), tener en cuenta que esta velocidad es el promedio teniendo en cuenta tiempos de espera en intersecciones y paradas para abordaje de los buses.

- En promedio cada ruta tiene asignadas catorce (14) paradas (Transmilenio S.A 2019).
- Cada bus troncal recorre un promedio de dieciocho kilómetros (18 km) por recorrido.
- El promedio de recorrido entre la estación de origen (cabecera) y estación destino es de 81 minutos (Transmilenio S.A 2019).
- Los buses asignados a cada ruta y cada troncal recorren en promedio 9 veces al día la troncal asignada.
- La capacidad de operación para el 2017 era de 2,601,360 pasajeros diarios.
- La demanda promedio para el 2017 correspondió a 2,450,000 pasajeros día.
- La capacidad horaria del sistema es en promedio de 292,000 pasajeros hora, la demanda de pasajero en la hora de máxima demanda corresponde al periodo entre las 6:15 y las 7:15 de la mañana donde se contó el ingreso de 260,000 usuarios en todas las troncales como muestra la Figura 31.

Figura 31. Oferta teórica y demanda horaria en un día entre semana

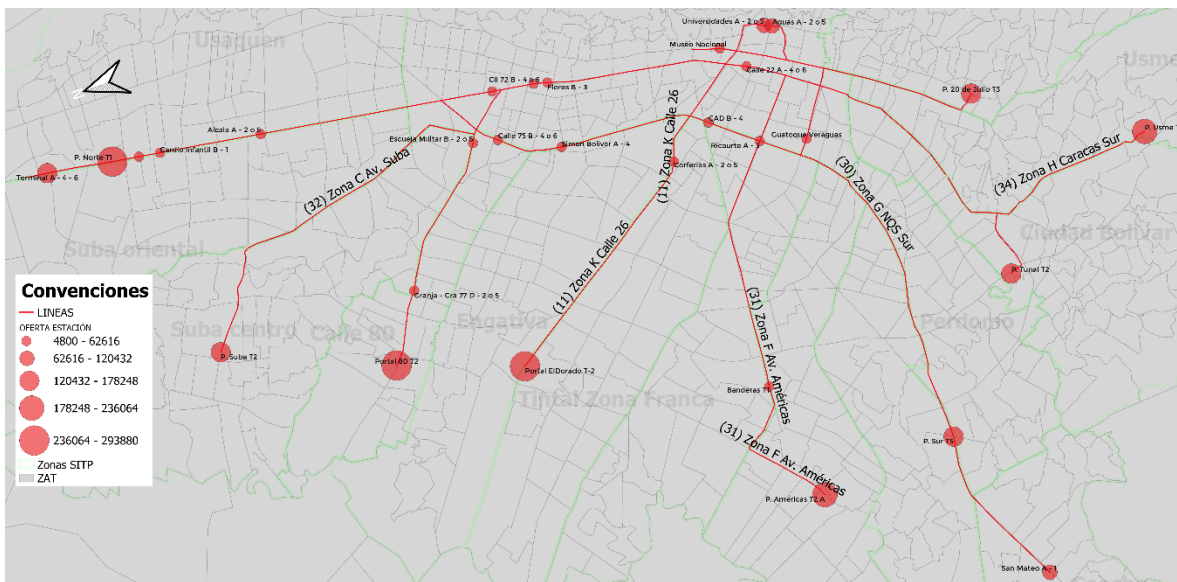


Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

Complemento del estudio en la Figura 32 se identifica la oferta disponible para la operación diaria del sistema troncal, allí se presentan las cabeceras que corresponden a los portales o terminales del sistema, y las estaciones intermedias con mayor demanda, en las cuales se dispone oferta para suplir la demanda en

estos lugares, los cuales corresponden en su mayoría a las estaciones identificadas en el capítulo anterior en la Figura 13.

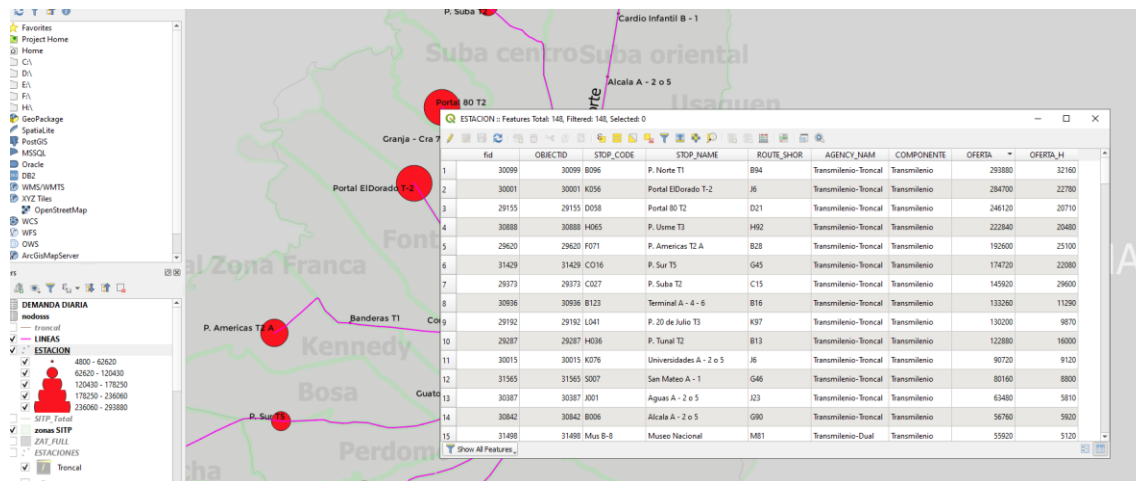
Figura 32. Distribución de la Oferta en las estaciones y terminales del sistema troncal. (Detalle Anexo 2 – B8).



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

El mapa anterior corresponde a un resumen de la oferta analizada en la Figura 30, como se observa en la Figura 33, la tabla de atributos contempla la oferta, horaria y diaria, con una variación similar, y además se presenta el resto de los campos que enlazan la información al SIG.

Figura 33. Distribución de la Oferta en las estaciones y terminales del sistema troncal. (Detalle Anexo 2 – B8).



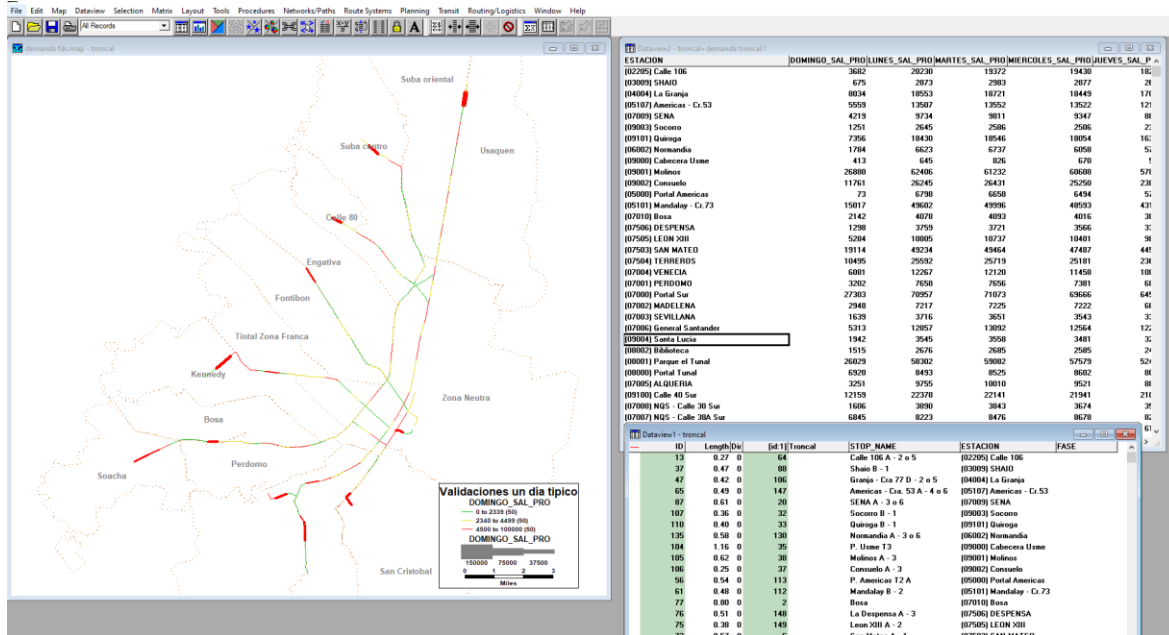
Fuente: Elaboración propia

## 6.2.4 Resultados del modelo

Una vez validada la oferta y la demanda se realiza una serie de análisis buscando entender el comportamiento de las troncales, esto tiene como fin verificar la capacidad y los valores de validación de ingresos y salidas para mejorar la planeación y verificar la calidad del servicio para los usuarios.

Transcad permite una serie de herramientas geográficas para la visualización de datos, en este caso se hizo un análisis temático sobre los datos observados, como se mencionó anteriormente se elaboraron nodos y arcos a los cuales se les asignaron los campos de nombre y volúmenes o número de viajes, como muestra la Figura 34.

Figura 34. Enlace de bases de datos en Transcad.



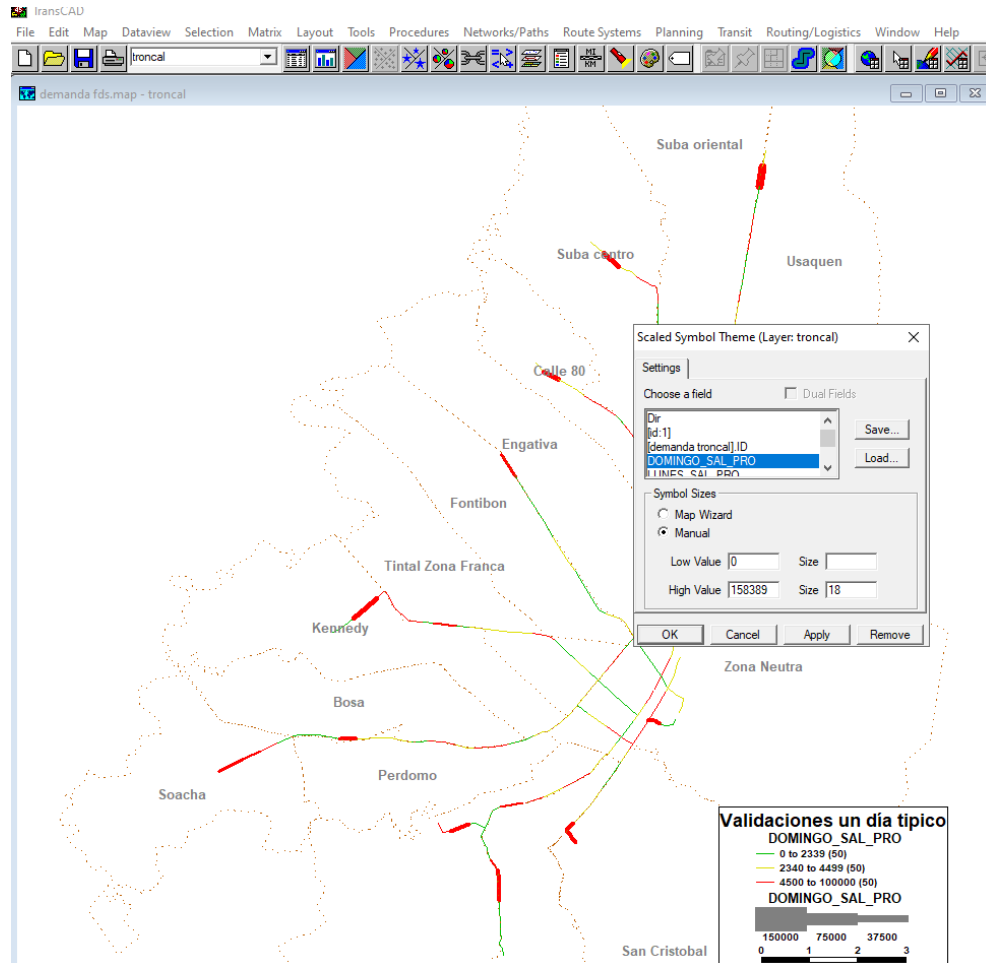
Fuente: Elaboración propia

Sobre el gráfico anterior es importante tener en cuenta que los enlaces de datos deben ser claros pues en algunos casos la transición de dato .CVS a .bin<sup>1</sup> cambia la ubicación geográfica arrojando resultados erróneos, para el caso de los modelos presentados los campos de enlace corresponden a la estación, con el cual se aseguró la combinación de datos alfanumérica perfecta.

<sup>1</sup> **CVS:** comma separated values, valores con datos separados por comas, método para guardar bases de datos en texto. **.bin:** es la conversión de grandes cantidades de datos a números simples de fácil lectura por el software en este caso Transcad

Por otro lado, se debe considerar la mejor forma de presentar los datos y evitar la mezcla de los resultados para el caso de la Figura 35, se identifica el tamaño de los datos y la correspondencia entre sí.

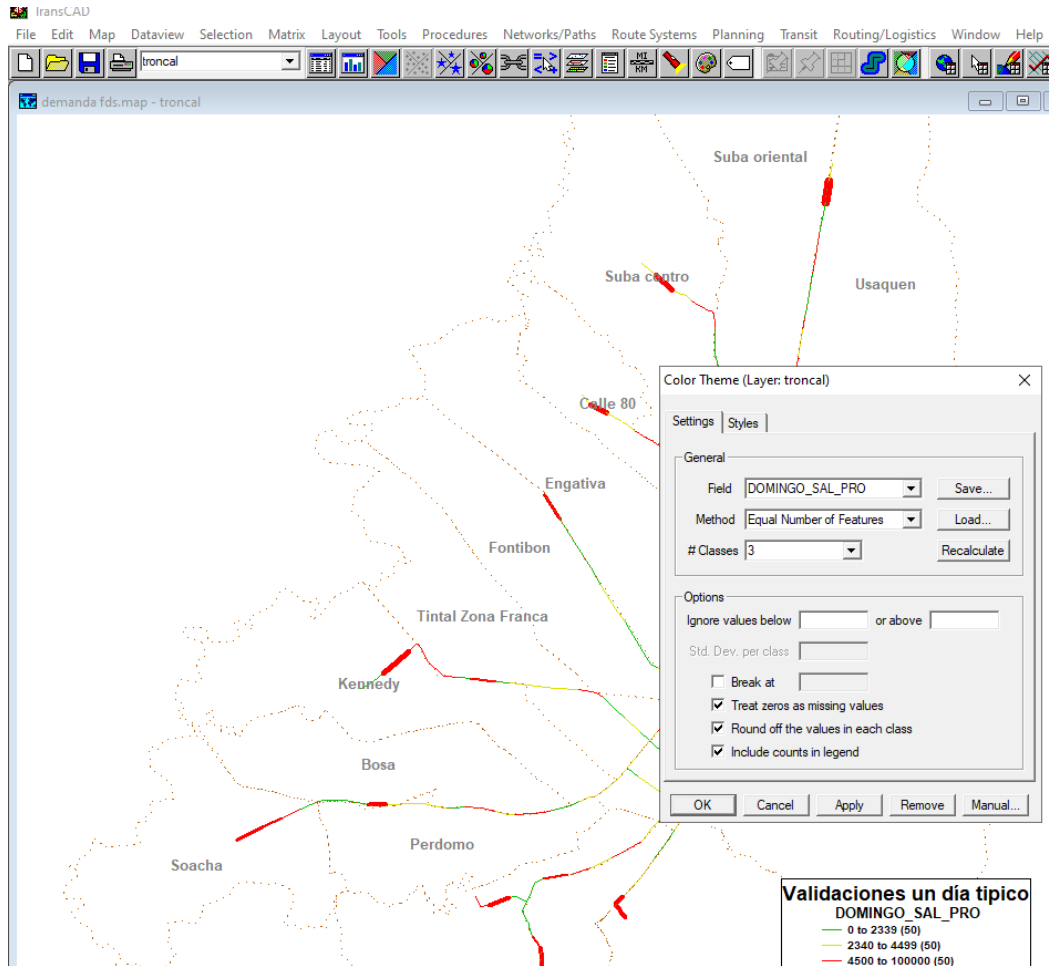
Figura 35. Determinar tamaño y escala de los datos en Transcad.



Fuente: Elaboración propia

Con el fin de ser claro con los impactos a mostrar en el modelo geográfico se determinan clasificar las demandas en tres rangos de colores, verde para demandas bajas, amarillo en demandas medias y rojo para altas demandas, esto también lo deja ver el tamaño del arco que cambia de acuerdo a la escala presentada, y este con un rango entre 18 y 1.500.000 de viajes. Los análisis de este capítulo son la combinación del enlace de datos y la revisión de modelos con el fin de mostrar los datos con mayor brecha.

Figura 36. Definir rangos de color en transcad.

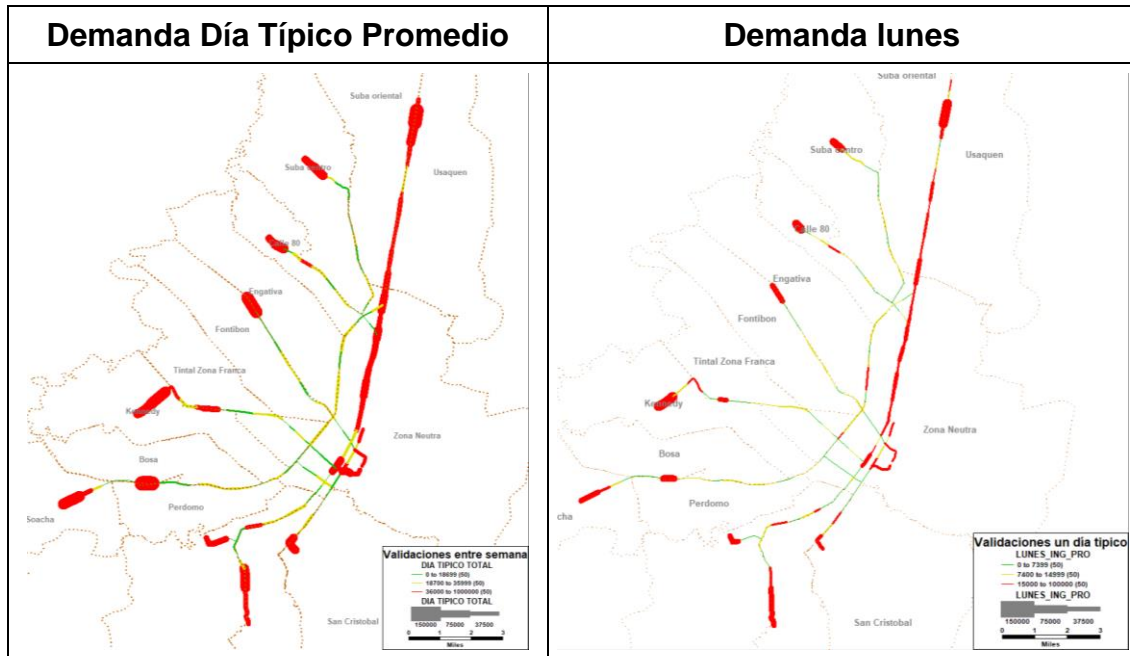


Fuente: Elaboración propia

En un primer análisis se comparó la demanda de un día típico promedio y la del lunes, en la Tabla 10, se puede verificar que a pesar de que el lunes es un día típico, la demanda promedio es mayor, esto es debido a que días como los martes o viernes se presentan mayores volúmenes en el sistema, se debe recordar que los datos modelados corresponden al mes de septiembre de 2017, el cual no tuvo festivos.

Como se ha mencionado anteriormente la demanda se ve afectada por los usos del suelo y la distribución de ciudad, como se observa la zona norte y centro demandan el mayor número de viajes pues corresponden a la zona de la ciudad con mayor número de oficinas, centros de estudio y entidades institucionales.

Tabla 10. Comparación de la demanda promedio de un día típico y un lunes típico en 2017 (detalle Anexo 2 – B9 y B10).



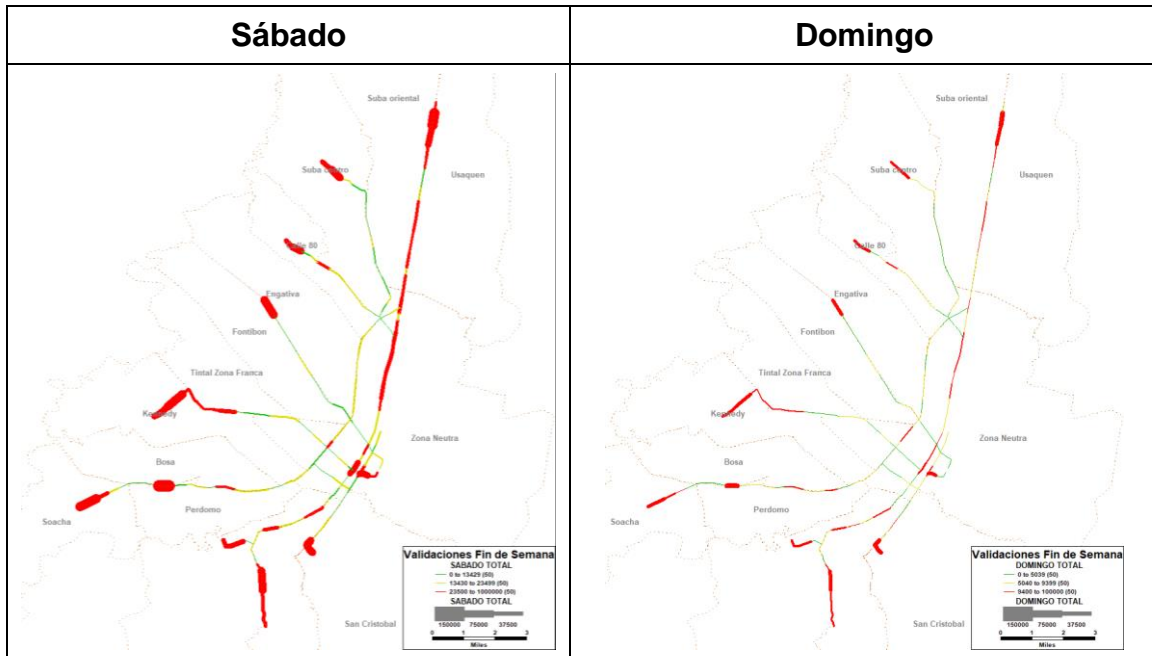
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

El sistema Transmilenio tiene una planeación de operación distinta para los días entre semana y los fines de semana, sin embargo, la operación de fin de semana se divide atendiendo las necesidades de los usuarios.

Como se puede observar en la Tabla 11, los sábados se presenta una operación distinta al domingo y al día típico, esto es debido a que los sábados para gran parte de los trabajadores es un día laboral. Este día también se dispone para actividades de recreación y académicas, como se identifican los puntos centrales son los más demandados.

Por otro lado los domingos a pesar del número reducido de viajes presentan otra dinámica de viajes, y se ve que las zonas más ocupadas son el centro donde se ubican las principales atracciones turísticas de la ciudad, pero también el portal 20 de julio, el sector del parque el tunal, y la zona de la calle 13 en mundo aventura y la biblioteca el Tintal en la troncal de las Américas, esto sugiere el uso y aprovechamiento del sistema no solo como un modo para ir a trabajar sino para desarrollar actividades de recreación y cultura.

Tabla 11. Demanda en la operación del sábado y el domingo (detalle Anexo 2 – B11 y B12).



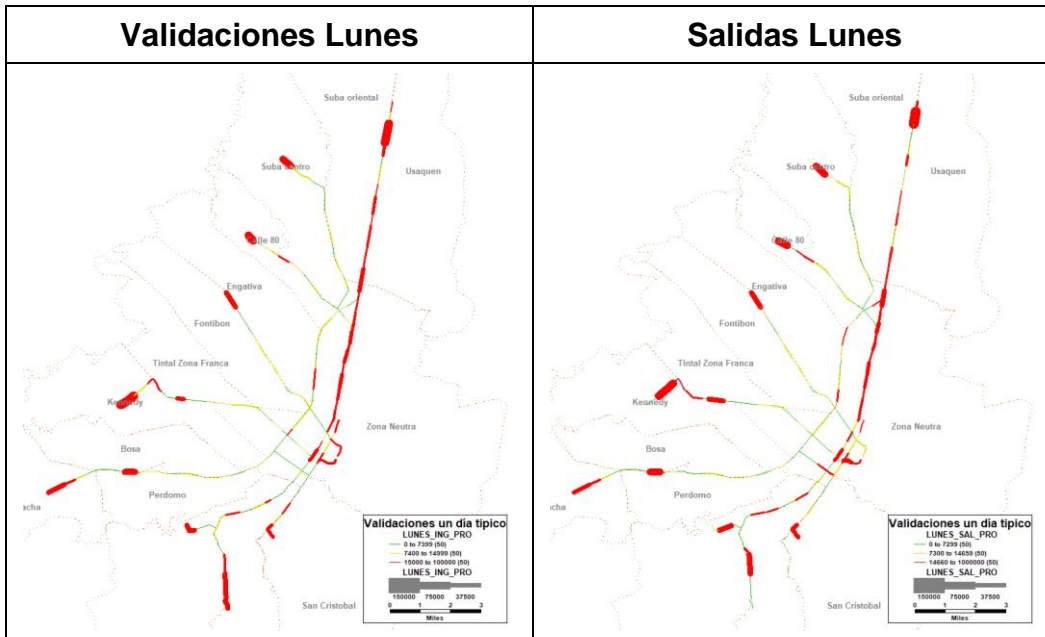
Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

En complemento a los análisis anteriores, se modelaron las validaciones de ingreso y salida en el sistema, esto en planeación sirve para definir qué puntos o zonas del sistema presentan mayor variación entre entradas y salidas, los cuales corresponderán a zonas que son susceptibles a traspasos en el sistema sin pago.

En el desarrollo de la calibración y depuración de datos para el análisis de demanda en el 2017, uno de los factores de calibración de las matrices corresponde al análisis de ingresos y salidas, pues se espera que en el sistema salga lo mismo que entro, pero este no es el caso al momento de calibrar las matrices actuales de Transmilenio.

El principal factor es el tema de los evasores de pasajes, otro es la discrepancia en la identificación de pagos en las registradoras dada la problemática de pasajes ilegales presentados en el 2017 (John Carón 2019), esta última sugiere que Transmilenio requiere nuevas tecnologías de recaudo y seguimiento en el sistema con el fin de establecer mejores algoritmos de seguridad y también ajustar sus matrices de viajes con información de confianza.

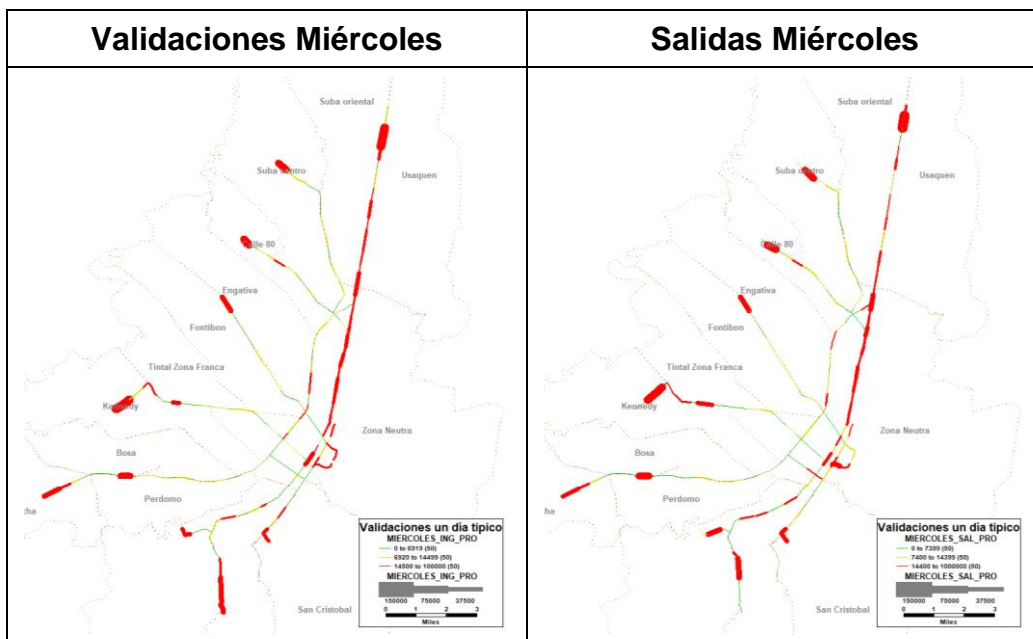
Tabla 12. Comparación de validaciones de ingreso y salida para un lunes promedio (detalle Anexo 2 – B13 y B14).



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

El comportamiento troncal entre el lunes y el miércoles no presentan diferencias como la Tabla 13 muestra.

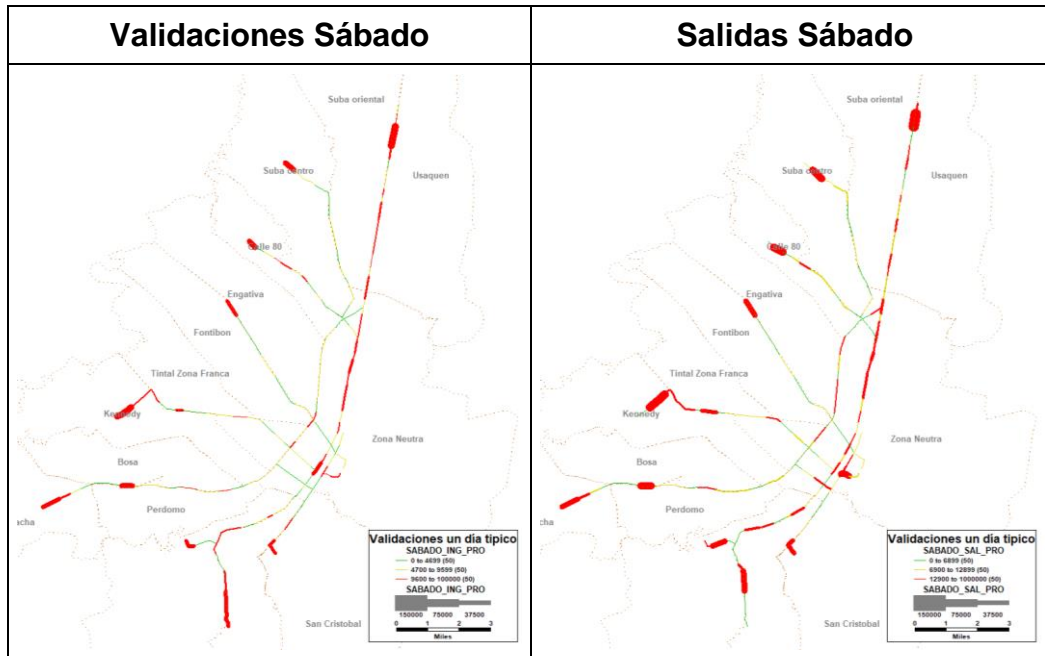
Tabla 13. Comparación de validaciones de ingreso y salida para un miércoles promedio (detalle Anexo 2 – B15 y B16).



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

Respecto a la movilidad del sábado en la troncal se identifica un comportamiento parecido al de los días típicos en entradas y salidas, no obstante, como se mira en la Tabla 14, es muy evidente la salida sobre todo en la troncal de la NQS y la Avenida Caracas.

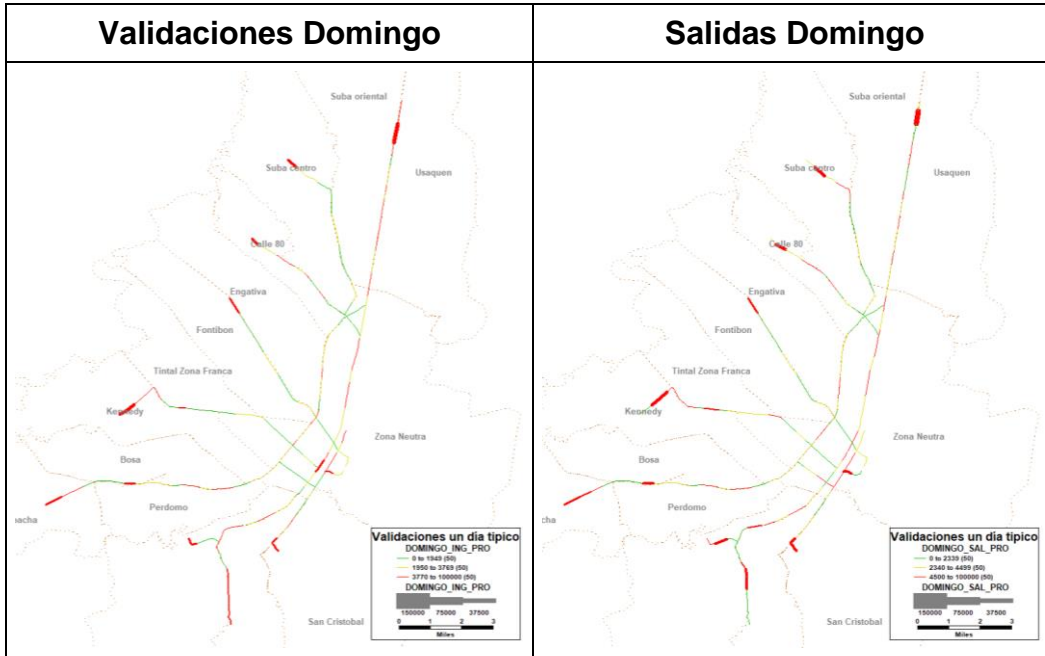
Tabla 14. Comparación de la demanda en un día típico y un lunes (detalle Anexo 2 – B17 y B18).



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

Como ya se ha mencionado los días típicos para Transmilenio representan una demanda de casi 2.5 millones de viajes, los sábados se identificó una demanda de 1.5 millones y para los domingos se presenta una demanda de casi 800 mil viajes, el día domingo al ser el día donde los usuarios tienen menor deseo de viaje como muestra la Tabla 15, las diferencias entre entradas y salidas no son muy evidentes.

Tabla 15. Comparación de la demanda en un día típico y un lunes (detalle Anexo 2 – B19 y B20).



Fuente: Elaboración propia a partir de Bases de Datos de Transmilenio S.A

## 7. CONCLUSIONES

- Diferente a muchas capitales alrededor del mundo se podría decir que Bogotá muestra una movilidad sustentable donde la mayoría de sus viajes son realizados a pie y sistemas de transporte público, dejando el auto privado como la cuarta opción de movilidad, no obstante, esto también es efecto del desarrollo económico y el PIB en cuestiones macroeconómicas. A pesar de las problemáticas actuales del SITP es importante mejorar los niveles de servicio y la infraestructura del transporte público por medio de la adopción de nuevas tecnologías y una inclusión de la ciudadanía en la planeación del sistema, pues es claro que las ciudades en países desarrollados buscan una distribución modal como la de Bogotá.
- En este estudio se identificó que la oferta teórica es suficiente para la demanda actual del sistema, sin embargo, en la práctica no sucede, esto corresponde a que los modelos desarrollados son teóricos, y no se contemplan externalidades sobre la operación normal del sistema, es decir que a las variables analizadas se les deberá incluir las demoras en las intersecciones, las demoras en estación y las colas generadas, problemas técnicos en patio y taller, entre otros.
- El estudio permitió identificar algunas problemáticas en la planeación y operación del sistema troncal, pues se sugiere la reducción del número de rutas troncales, actualmente hay una operación de 118 rutas, estas operan al menos durante 6 horas al día, las 3 horas punta en la mañana y las tres horas punta de la tarde, generando que las vías de operación se congestionen.
- Es evidente la problemática de evasores en el sistema, en los análisis se pudo identificar que entre semana las diferencias entre ingresos y salidas es del 2% y los fines de semana llega hasta el 10%, en los modelos se puede identificar cuáles son las zonas más afectadas por esta situación.
- Se identificó que la mayoría de los viajes atraídos son en la zona centro y norte de la ciudad, esto evidencia la necesidad de una nueva infraestructura para cubrir esta zona. Metro de Bogotá y Transmilenio Carrera 7 son las soluciones que sugiere la alcaldía y la secretaria distrital de movilidad.

- A pesar de que el centro de la ciudad tiene una alta atracción de los viajes, es evidente que los puntos extremos como Usme, El Tunal y Soacha y las Américas, son grandes generadores de viajes y alternativas como la troncal de la Av. Boyacá y la Av. 68 son más acordes a solucionar la problemática de distribución de la demanda.
- Es válido resaltar que desde el 2018 Transmilenio ha desarrollado cambios operacionales en aras de mejorar los niveles de servicio, esto parte del resultado de tener una única empresa de recaudo Tú llave, sin embargo, se evidencia problemáticas en abrir los datos para investigadores y desarrolladores, se sugiere una revisión a la ley de transparencia para la generación de datos digitales abiertos por parte de Transmilenio S.A.
- El esquema operacional de la ciudad de Bogotá tiene un potencial para la operación multimodal con el carro privado con modelos de parqueo y transferencia al transporte público (Park&ride), se sugiere que las próximas ampliaciones de portales y estaciones tengan en cuenta estos parámetros para brindar a los usuarios de vehículo privado alternativas para andar en la ciudad en transporte público.
- Se sugiere seguir trabajando y reforzar la combinación de modos como la bicicleta pública, bicitaxis y bici parqueaderos con el fin de cubrir la última milla de los viajes.
- Hoy en día los países en desarrollo y sobre todo en Latinoamérica, presentan una tendencia a reducir los viajes en sistemas de transporte público e incrementar la movilidad en auto privado derivado de algunos crecimientos económicos positivos. El caso de Bogotá es particular, pues a pesar de que se ve afectado por la tendencia descrita, el usuario está trasladándose a la moto o a la bicicleta, y en menor cantidad al vehículo privado, sin embargo, esto abre las puertas a la reflexión sobre que se puede hacer para mejorar el sistema en términos de opciones y servicios para los usuarios.

## 8. REFERENCIAS

- Alcaldía mayor de Bogotá and Secretaría Distrital de Movilidad. 2015. *Encuesta de Movilidad 2015*. Retrieved (<https://drive.google.com/file/d/0ByNoeWkPXuHpakpSeFVOdnBsQ3c/view>).
- Ardila Gómez, Arturo. 2005. "Transporte Público En Bogotá." *REvista de Ingeniería* (Universidad de los Andes):15. Retrieved (<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121014218014%0ACómo>).
- Calderón-Maya, Juan Roberto, Héctor Campos-Alanís, and Uriel Zamora-Colín. 2013. "Bus Rapid Transit (BRT) En Ciudades de América Latina, Los Casos de Bogotá (Colombia) y Curitiba (Brasil)." *Quivera. Revista de Estudios Territoriales* 15(2013–1):101–18.
- DANE. 2016. *IPC 2016*. Bogotá D.C. Retrieved (<http://www.dane.gov.co/index.php/indices-de-precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>).
- Gavilan, Andres. 2016. "Evaluación de La Tarifa Técnica y Efectos En Los Operadores Para El Modelo de Alimentación En Dos Portales de Transmilenio." *Congreso Latino Americano de Transporte Publico Urbano* 15. Retrieved (<http://opc.clatpu2016.congresoselis.info/?page=programaExtendido>).
- Gonzalez, Maria Paula. 2015. "OPTIMIZACIÓN DE LA CANTIDAD Y UBICACIÓN DE CARGADORES FLASH EN EL SISTEMA BRT ELÉCTRICO." Universidad de los Andes.
- Islas, Víctor M., César Rivera, and Guillermo Torres. 2002. *Estudio de La Demanda de Transporte*. Ciudad de Mexico. Retrieved (<http://trid.trb.org/view.aspx?id=937993>).
- John Carón. 2019. "Colados En TransMilenio: Al Día Evaden El Pago 384.000 Personas. - Bogotá - ELTIEMPO.COM." 1–10. Retrieved (<https://www.eltiempo.com/bogota/colados-en-transmilenio-al-dia-evaden-el-pago-384-000-personas-360324>).
- Lee, David a., Debra L. Miller, and Robert E. Skinner. 2007. *TCRP Report 118: Bus Rapid Transit Practitioner's Guide*.
- Ministerio de Transporte. 2002. *Conpes 3167 Política Para Mejorar El Servicio de Transporte Público Urbano de Pasajeros*. Bogotá D.C.
- Moyer, Michael. 2009. "Bus Rapid Transit." *Scientific American* 301(6):53–53. Retrieved (<http://www.nature.com/doi/10.1038/scientificamerican1209-53>).
- National Transport Commission. 2005. *Bus Operator Handbook*. Australia.

- Pinto, Nataly, Fuentes Frank, and David Alcivar. 2015. "La Situación de La Bicicleta En Ecuador : Avances , Retos y Perspectivas Contenido." *Friedrich Ebert Stiftung* 19.
- Rohani, Munzilah Md, Devapriya Chitral Wijeyesekera, and Ahmad Tarmizi Abd Karim. 2013. "Bus Operation, Quality Service and the Role of Bus Provider and Driver." *Procedia Engineering* 53:167–78.
- Rossetti, Tomás, C. Angelo Guevara, Patricia Galilea, and Ricardo Hurtubia. 2018. "Modeling Safety as a Perceptual Latent Variable to Assess Cycling Infrastructure."
- Transmilenio S.A. 2013. *Manual De Operaciones Del Componente Zonal*. Bogota D.C.
- Transmilenio S.A. 2018. *Informe de Gestión 2018*. Bogotá D.C. Retrieved (<http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>).
- Transmilenio S.A. 2019. "Mi Plan de Viaje Transmilenio 2019." 26.
- Transmilenio S.A and Alcaldia Mayor de Bogotá. 2017. *Parámetros Técnicos Operacionales Para La Troncal Carrera 7*. Bogotá D.C.
- Uniyal, Pramod. 2017. *TRANSPORT DEMAND*. Washington D.C. Retrieved (<http://www.aitd.net.in/pdf/2/11>. Transport Demand.pdf).
- van de Vooren, F. W. C. J. 2004. "Modelling Transport in Interaction with the Economy." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 40(5):417–37.
- Wang, Tingjing. 2013. *Untersuchung Der Auswahl Eines Schnellen Und Mittel-Kapazitiven Öffentlichen Verkehrssystems Vergleich Des Bus Rapid Transit Und Der Straßenbahn*.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Bases de Datos de Validaciones organizadas para los propósitos de la investigación.

Anexo 2. Mapas y Modelos.

# **CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA EN EL SISTEMA BRT DE BOGOTÁ**

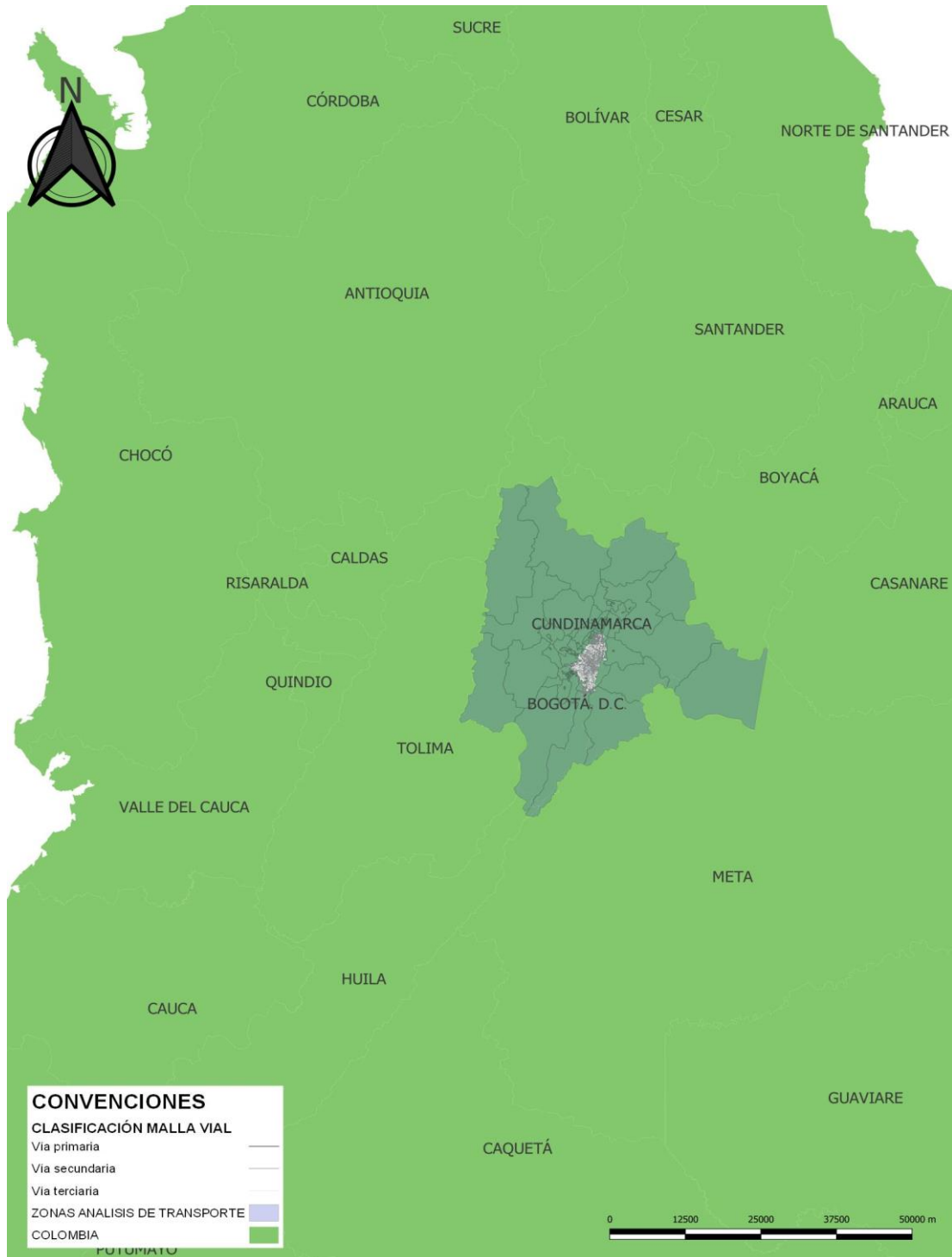
**DIEGO ALEJANDRO ÁVILA CHARRY**

**ANEXO 2. MAPAS y MODELOS**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019**

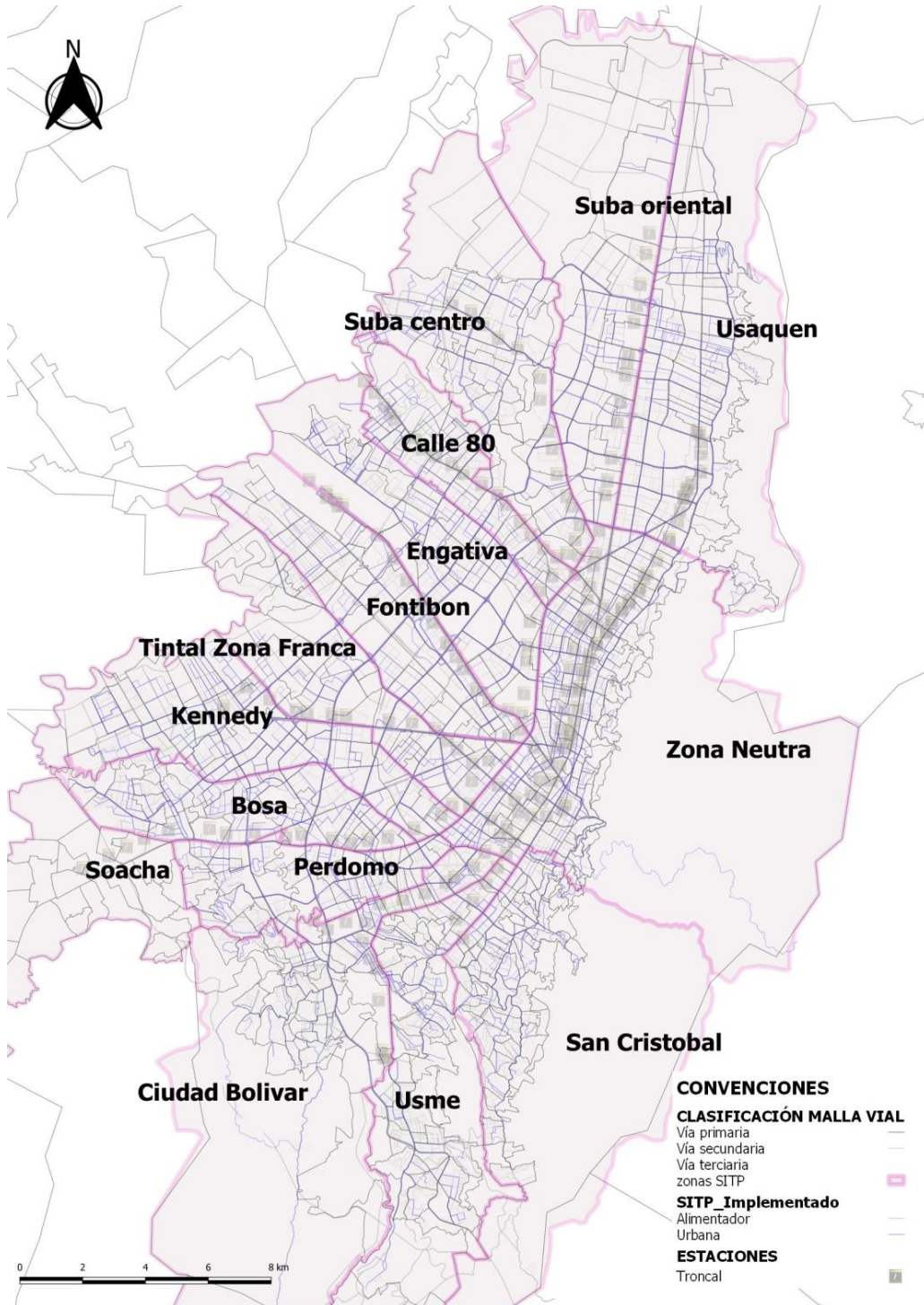
# LOCALIZACIÓN B1



# LOCALIZACIÓN B2



# ZONA OPERACIÓN B3



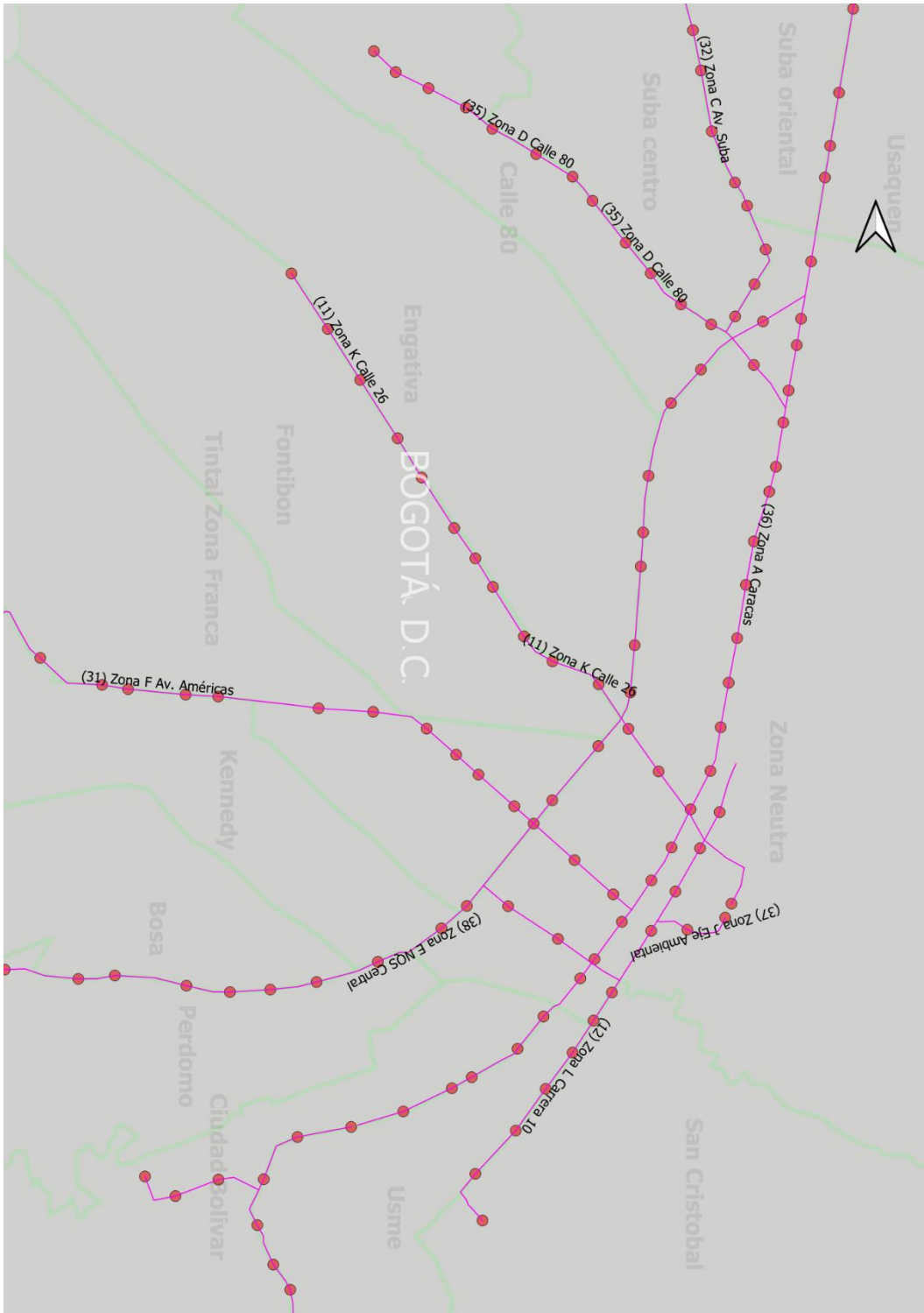
# LOCALIZACIÓN TRONCAL MAYOR MENOR DEMANDA B4



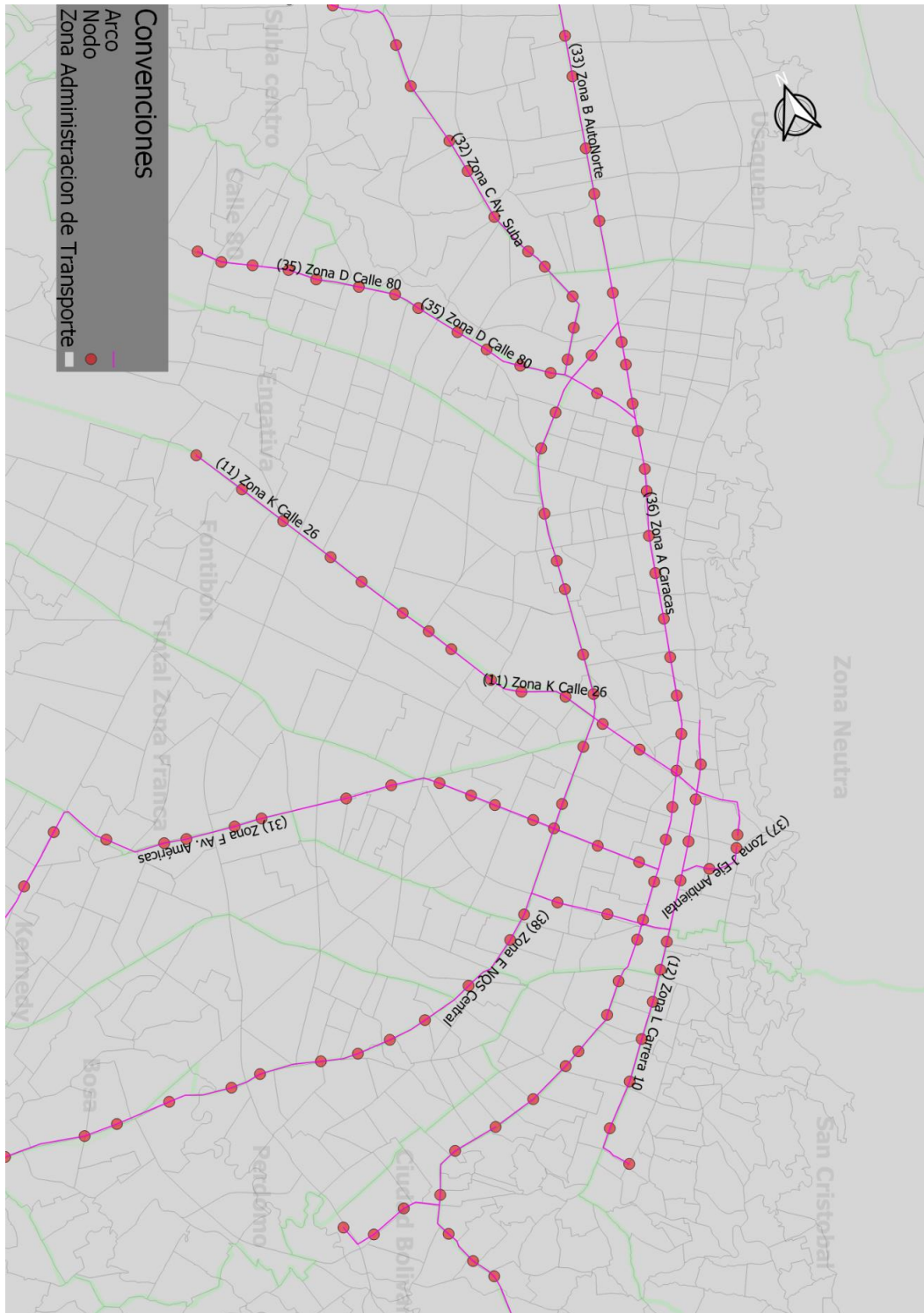
# LOCALIZACIONES ESTACIÓN MAYOR MENOR DEMANDA B5



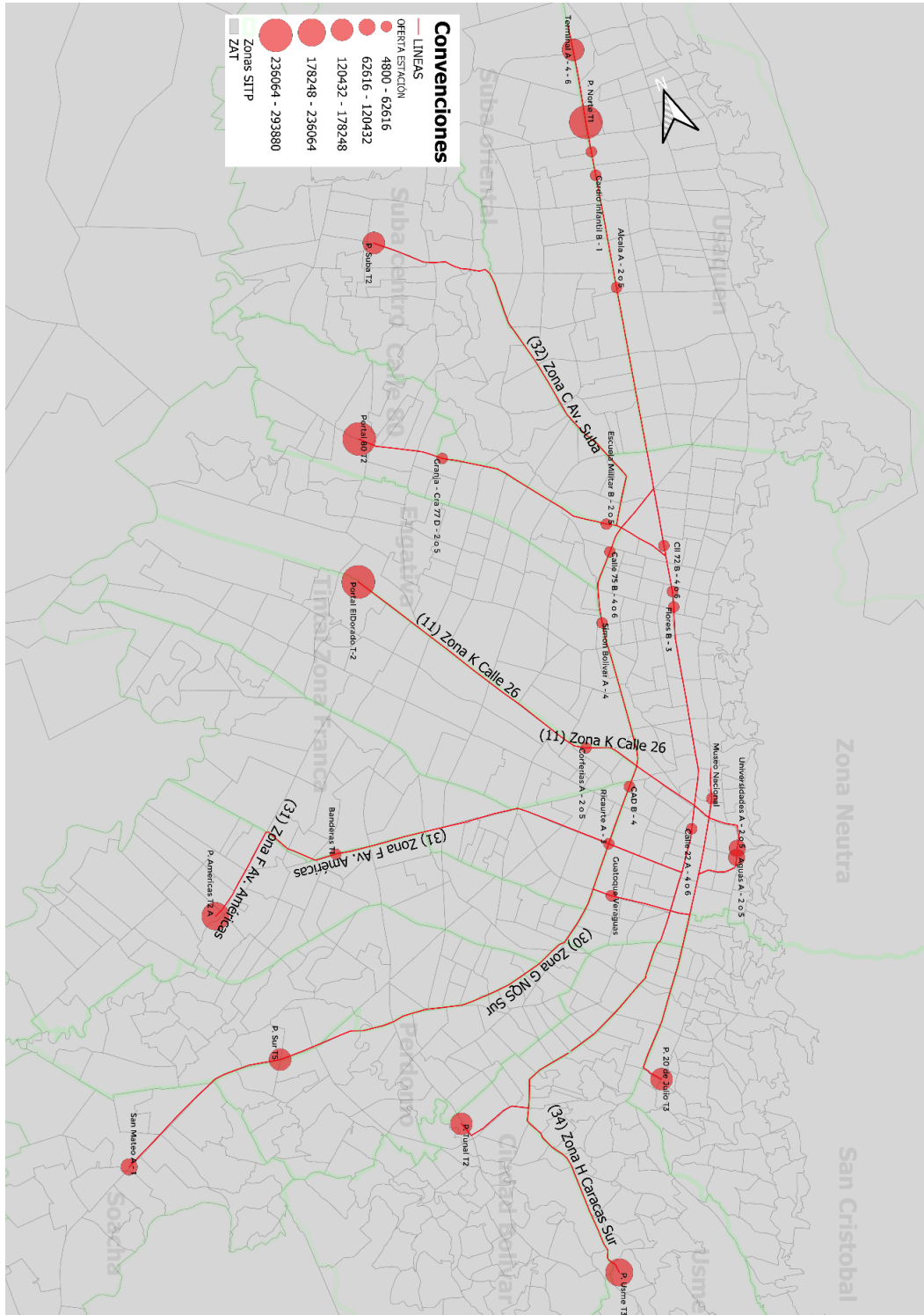
# TRONCALES Y ESTACIONES B6



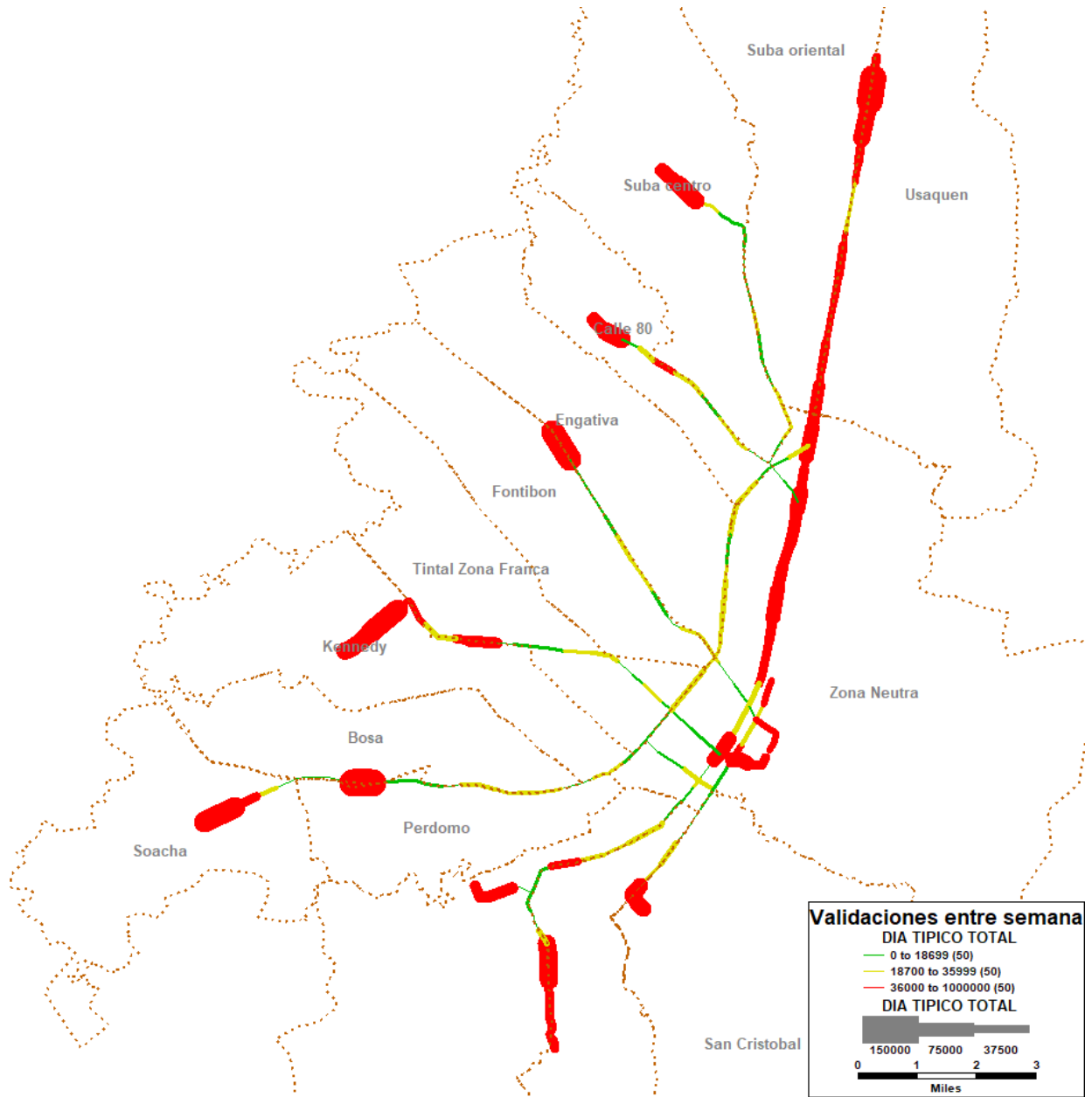
# ZONAS ANÁLISIS DE TRANSPORTE Y TRONCAL B7



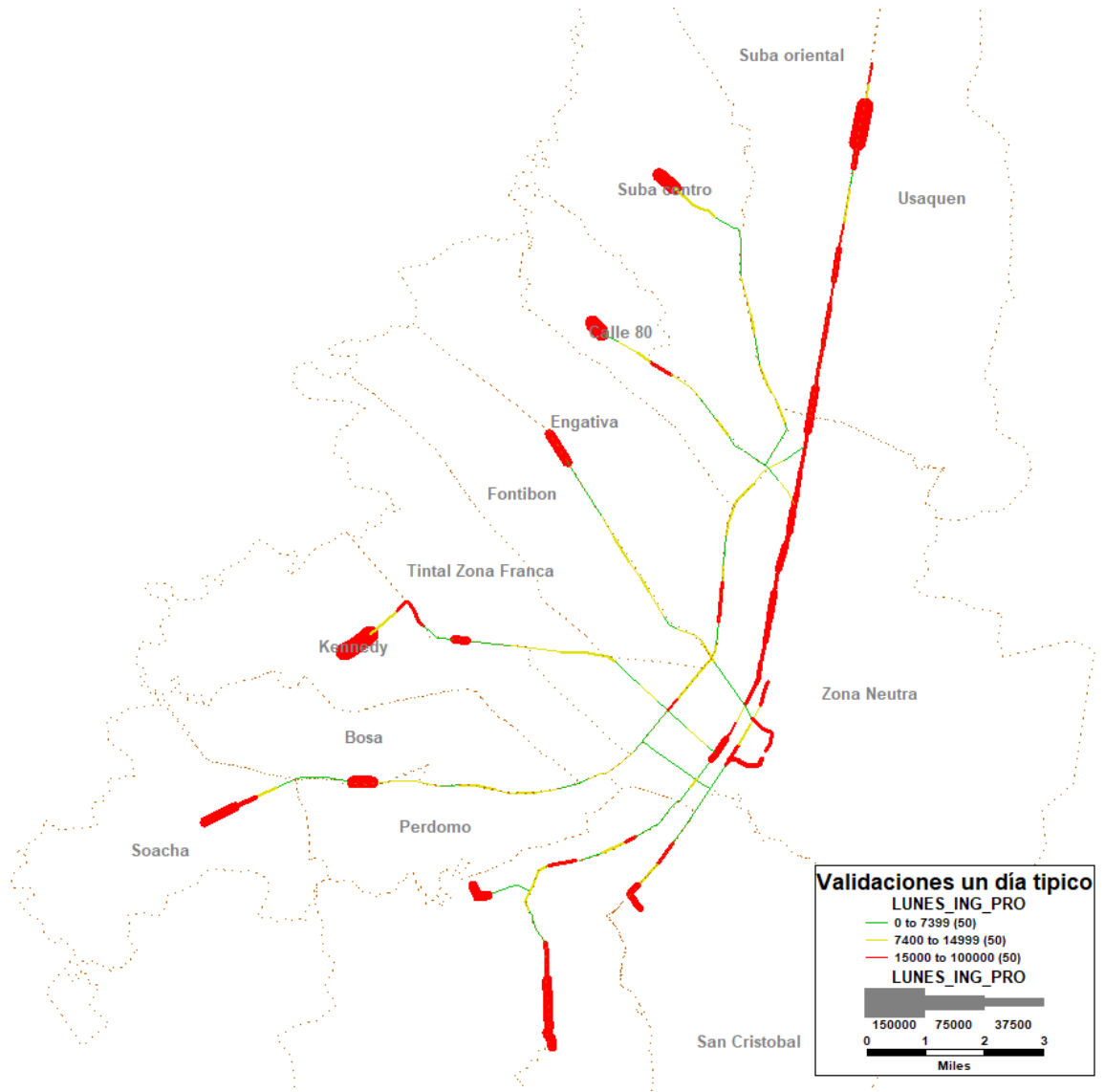
# DISTRIBUCIÓN DE OFERTA EN EL SISTEMA B8



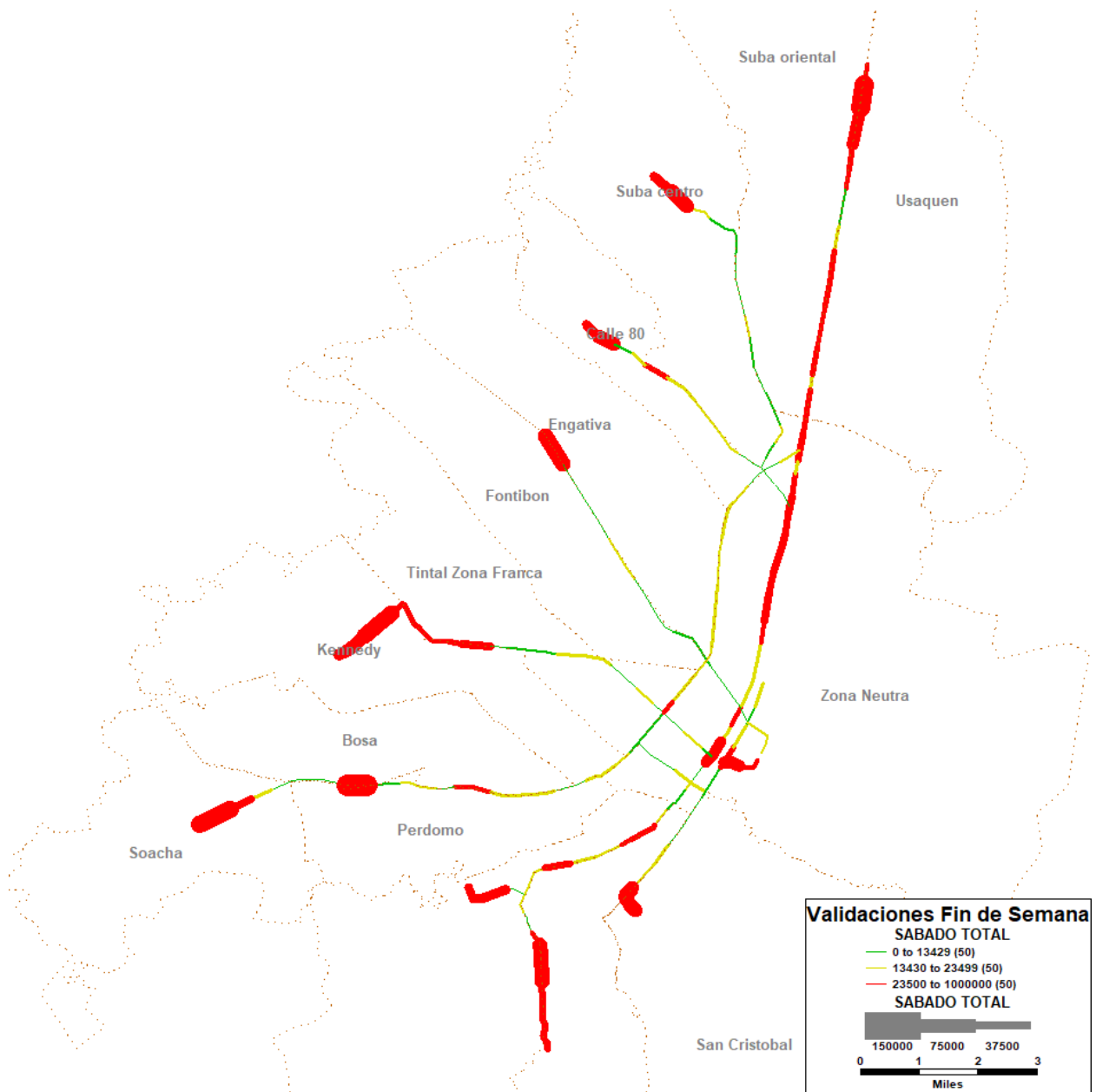
# Validaciones entre semana B9



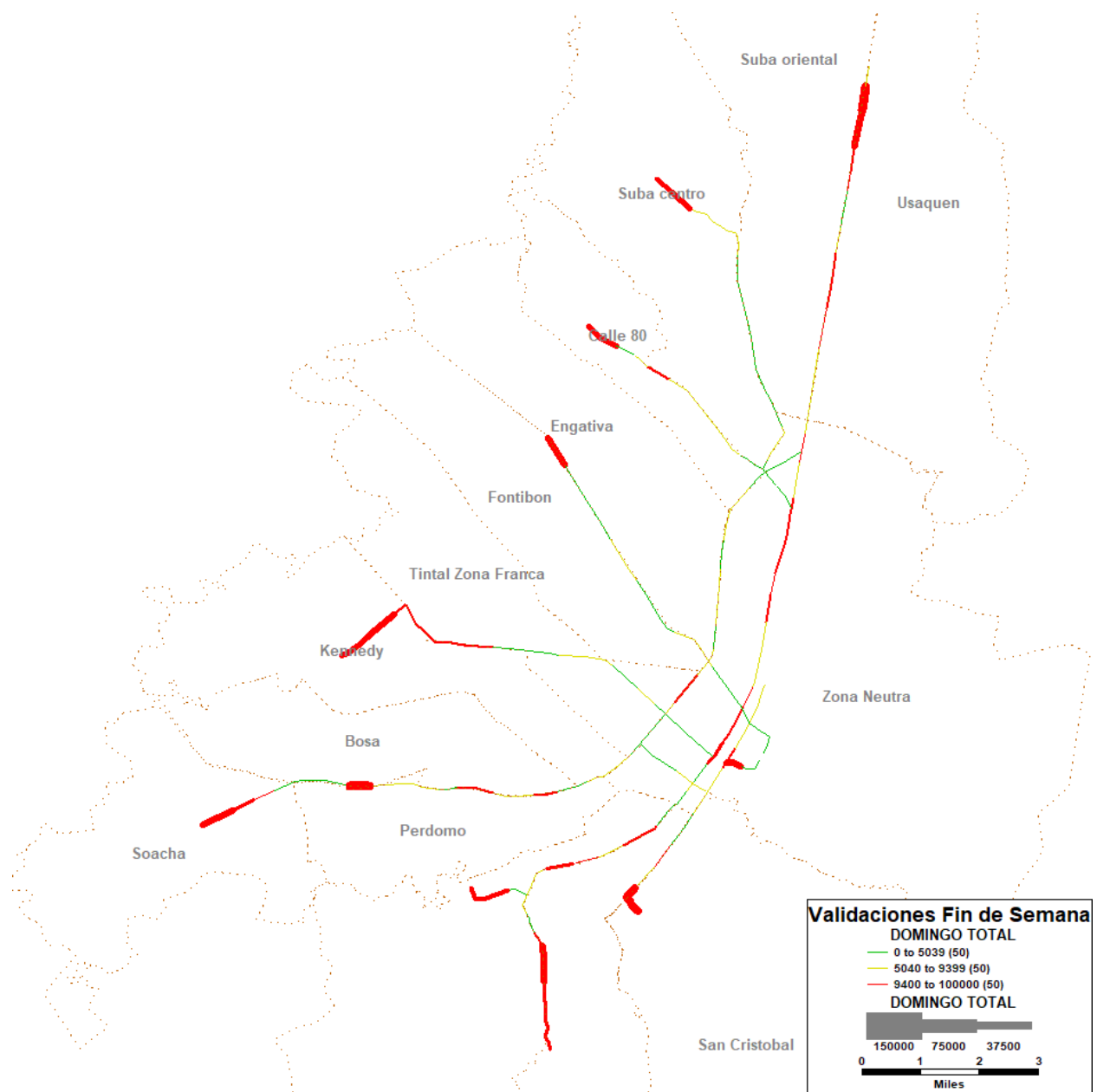
# Validaciones promedio lunes B10



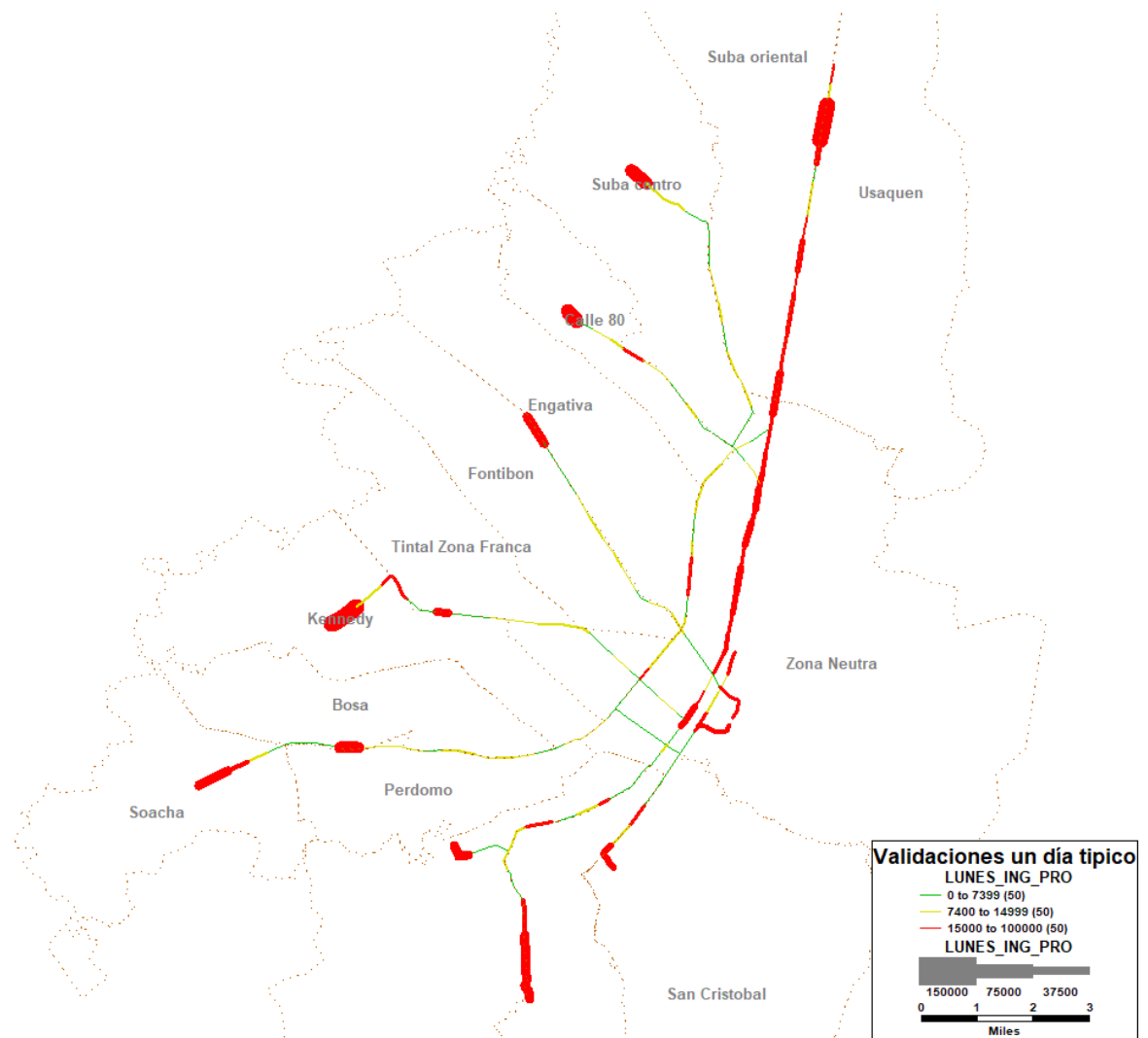
# Validaciones sábado total B11



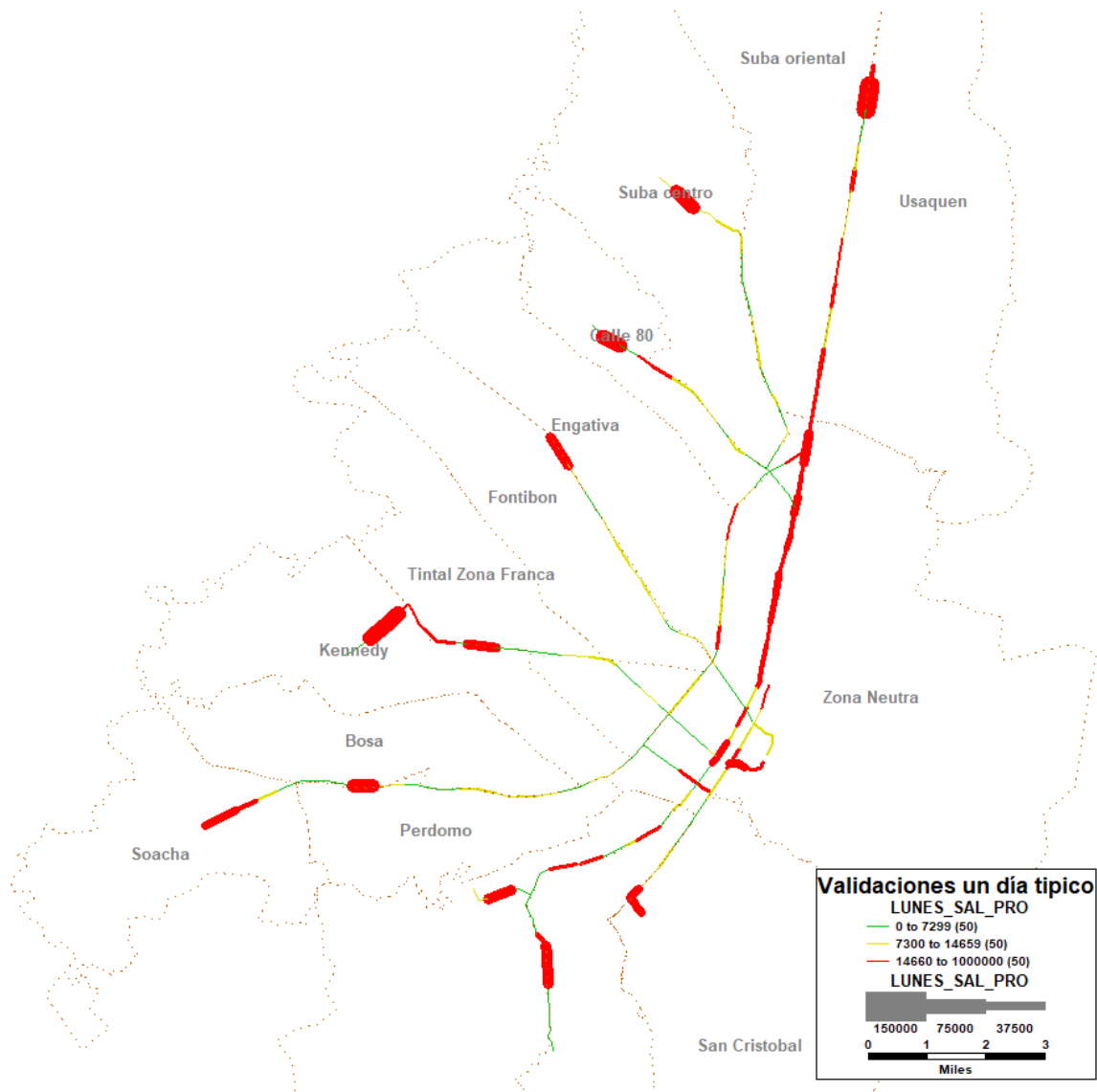
# Validaciones domingo total B12



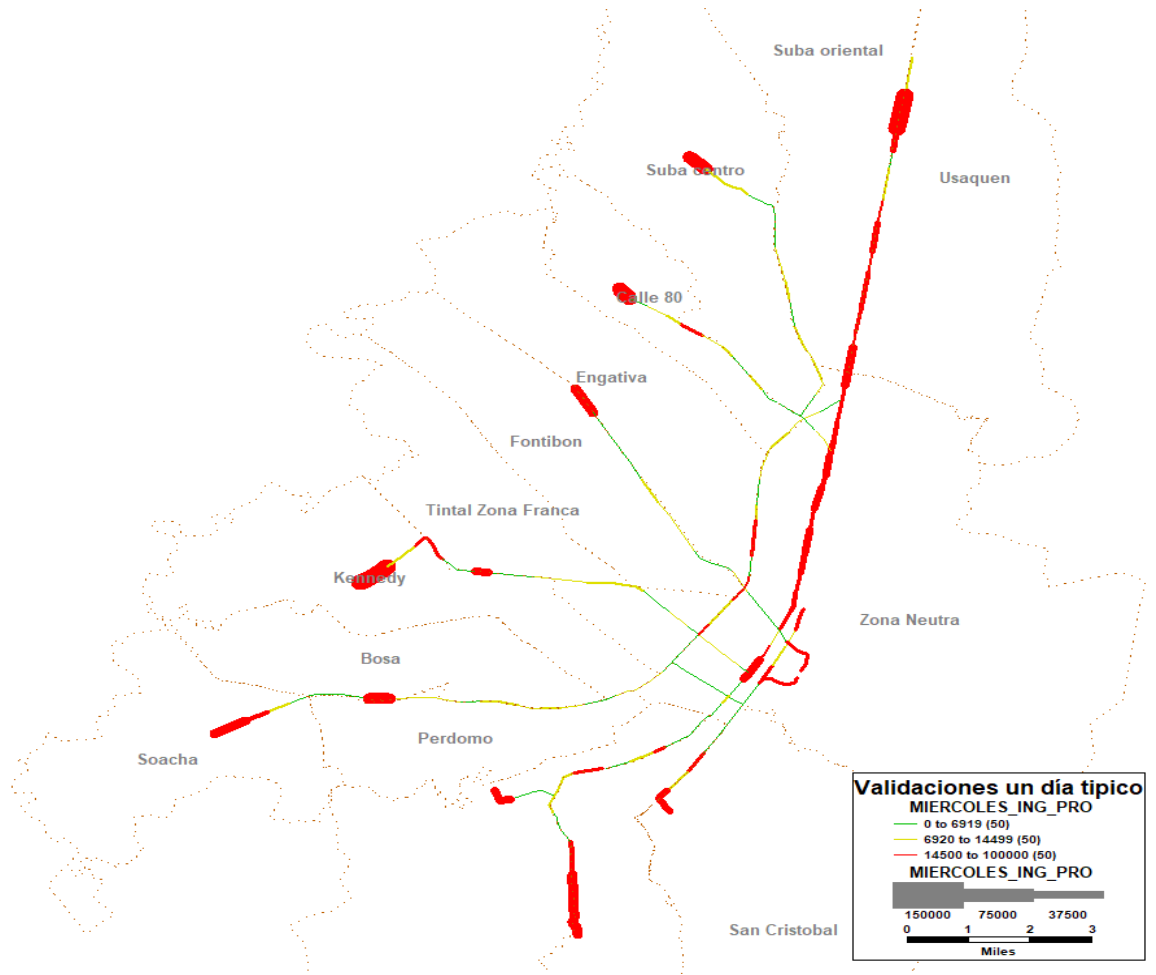
# Validaciones lunes ingreso B13



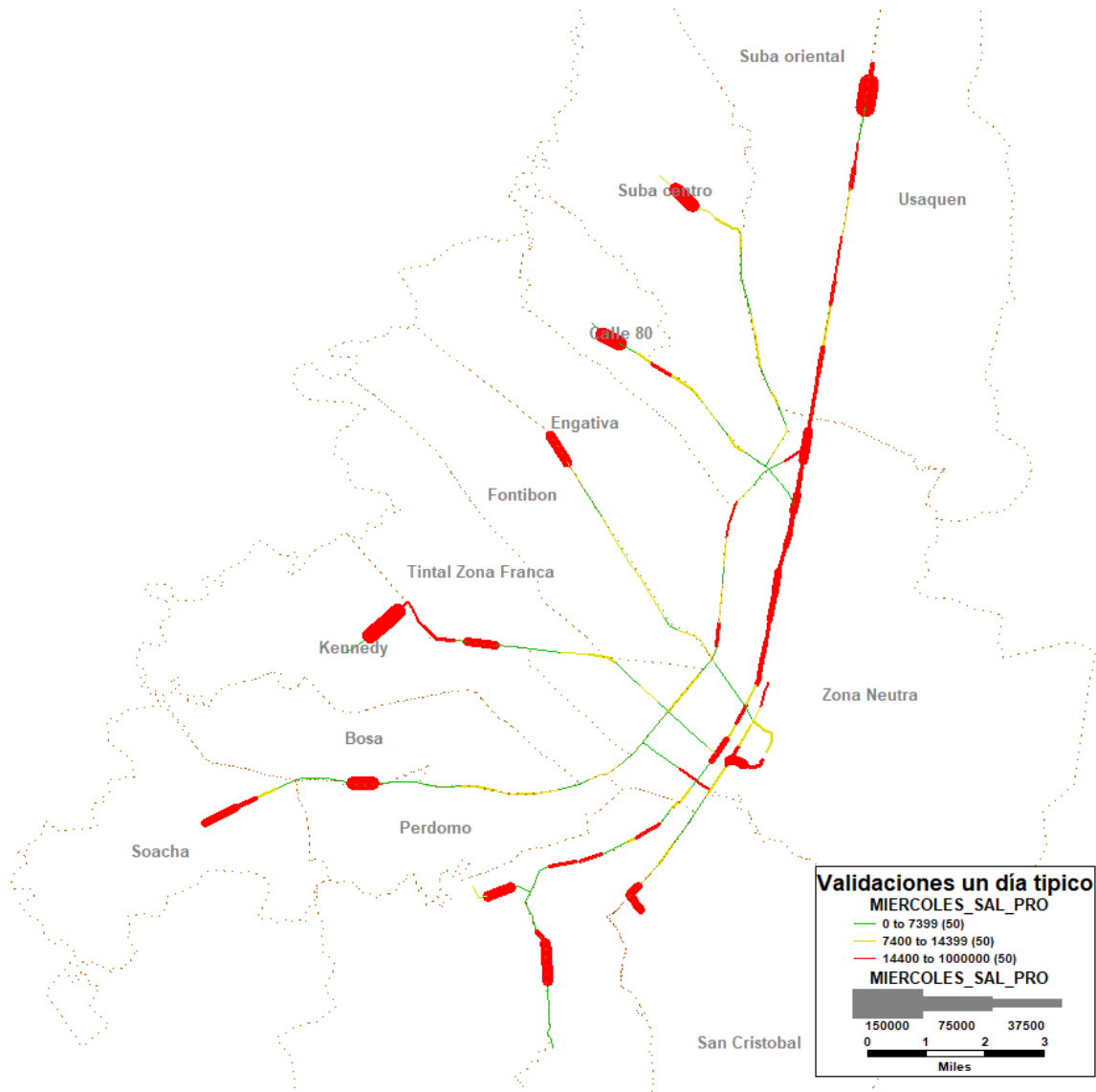
# Validaciones lunes salida B14



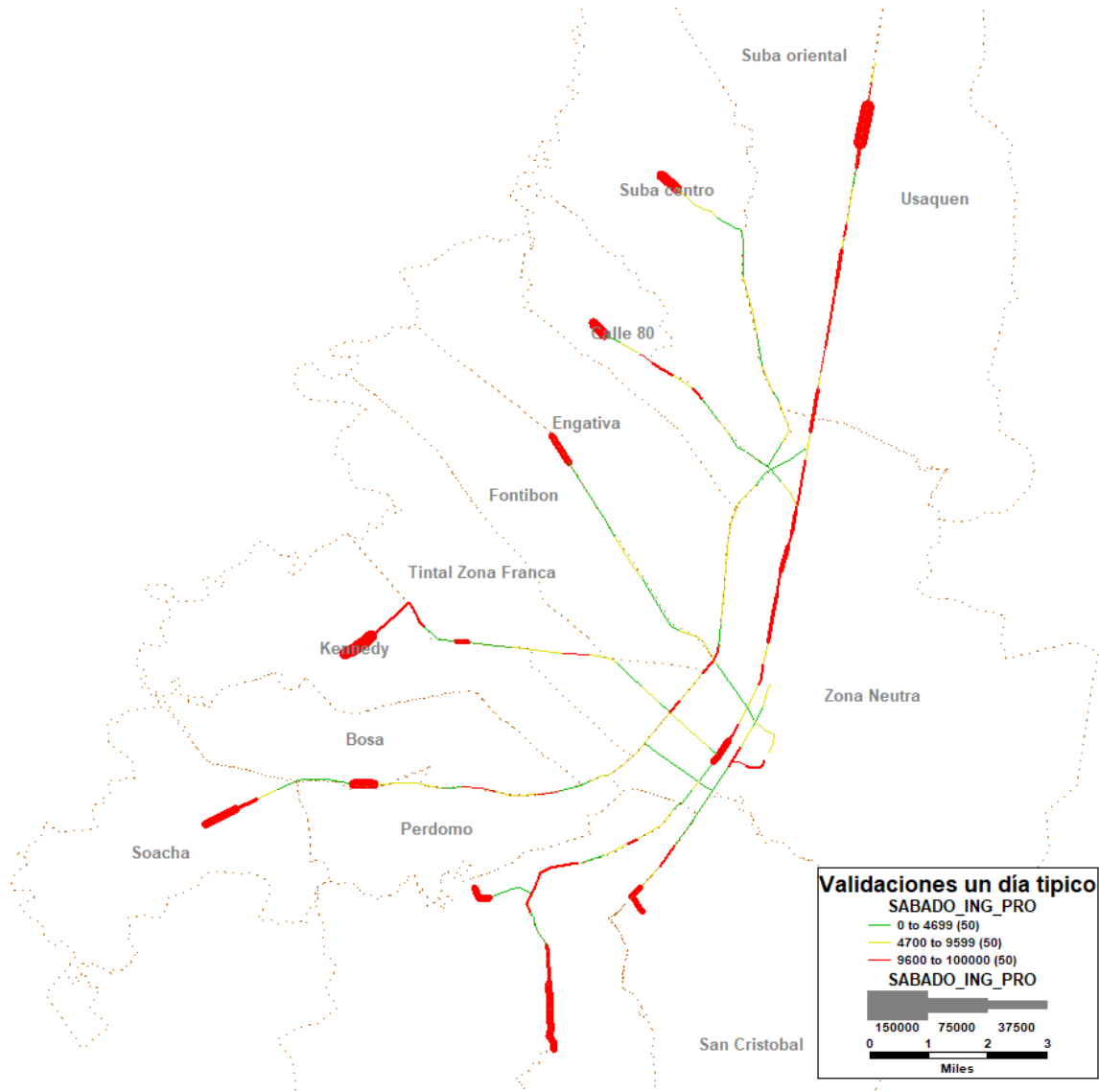
# Validaciones miércoles ingreso B15



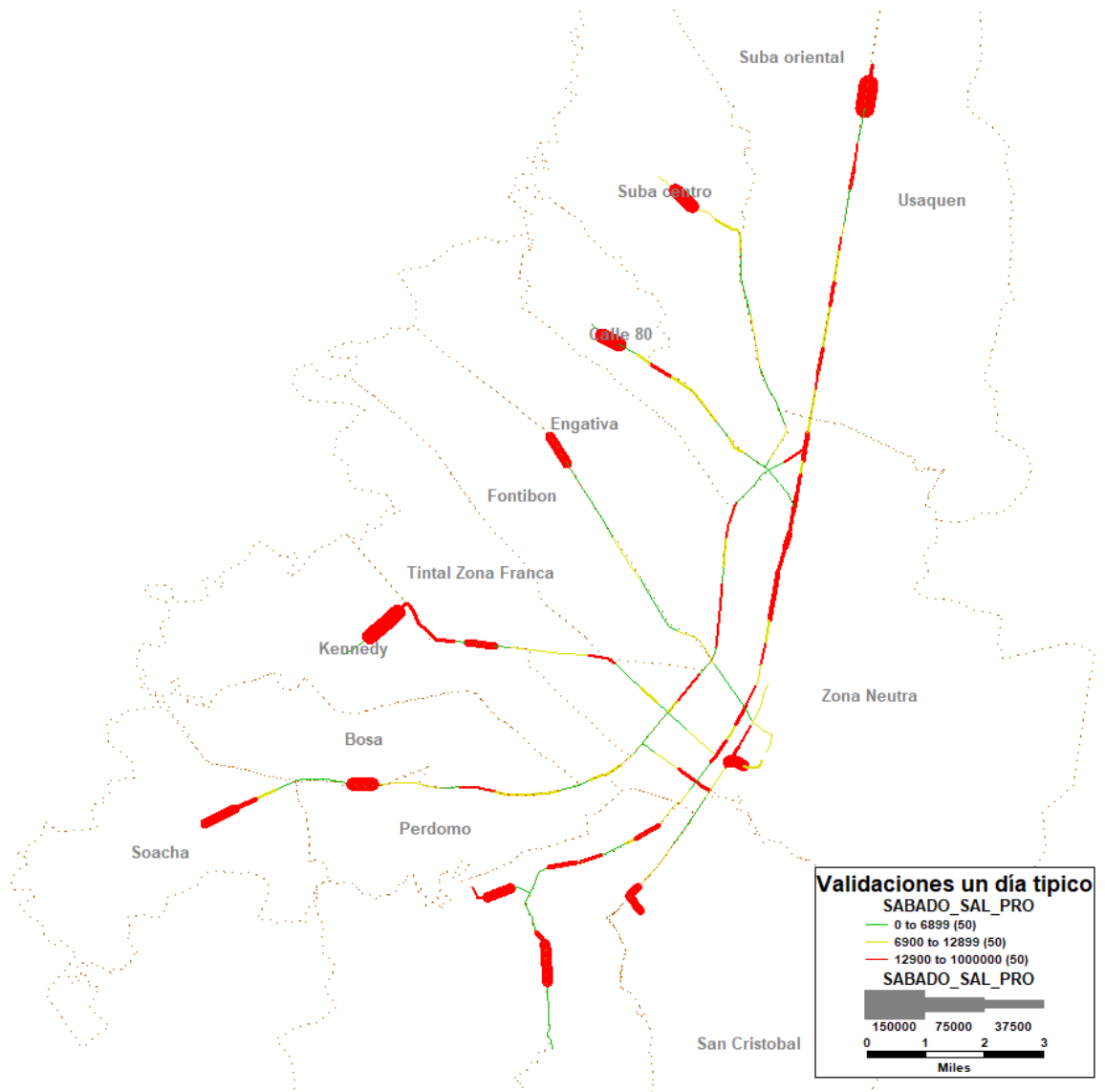
# Validaciones miércoles salida B16



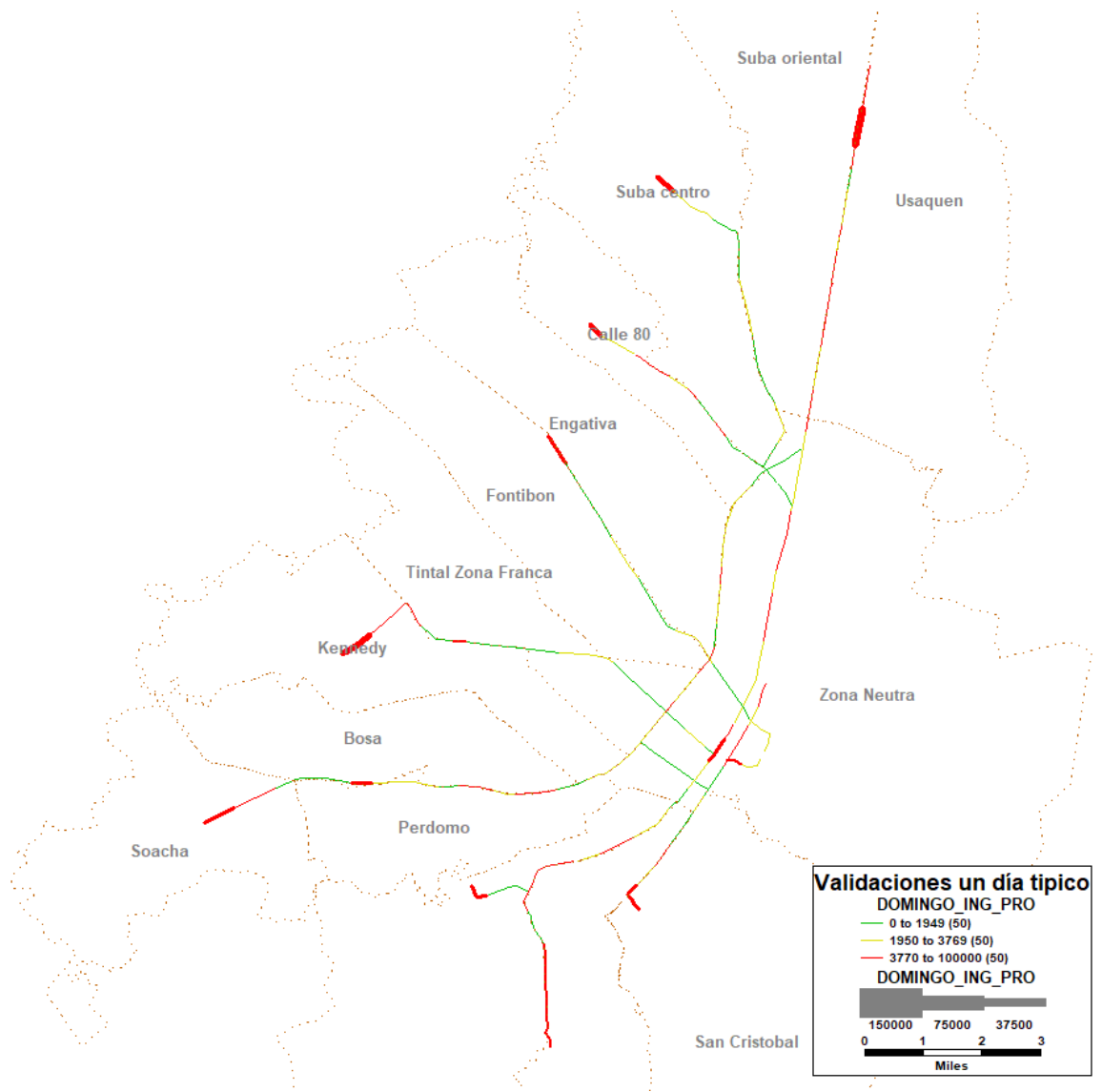
# Validaciones sábado Ingresos B17



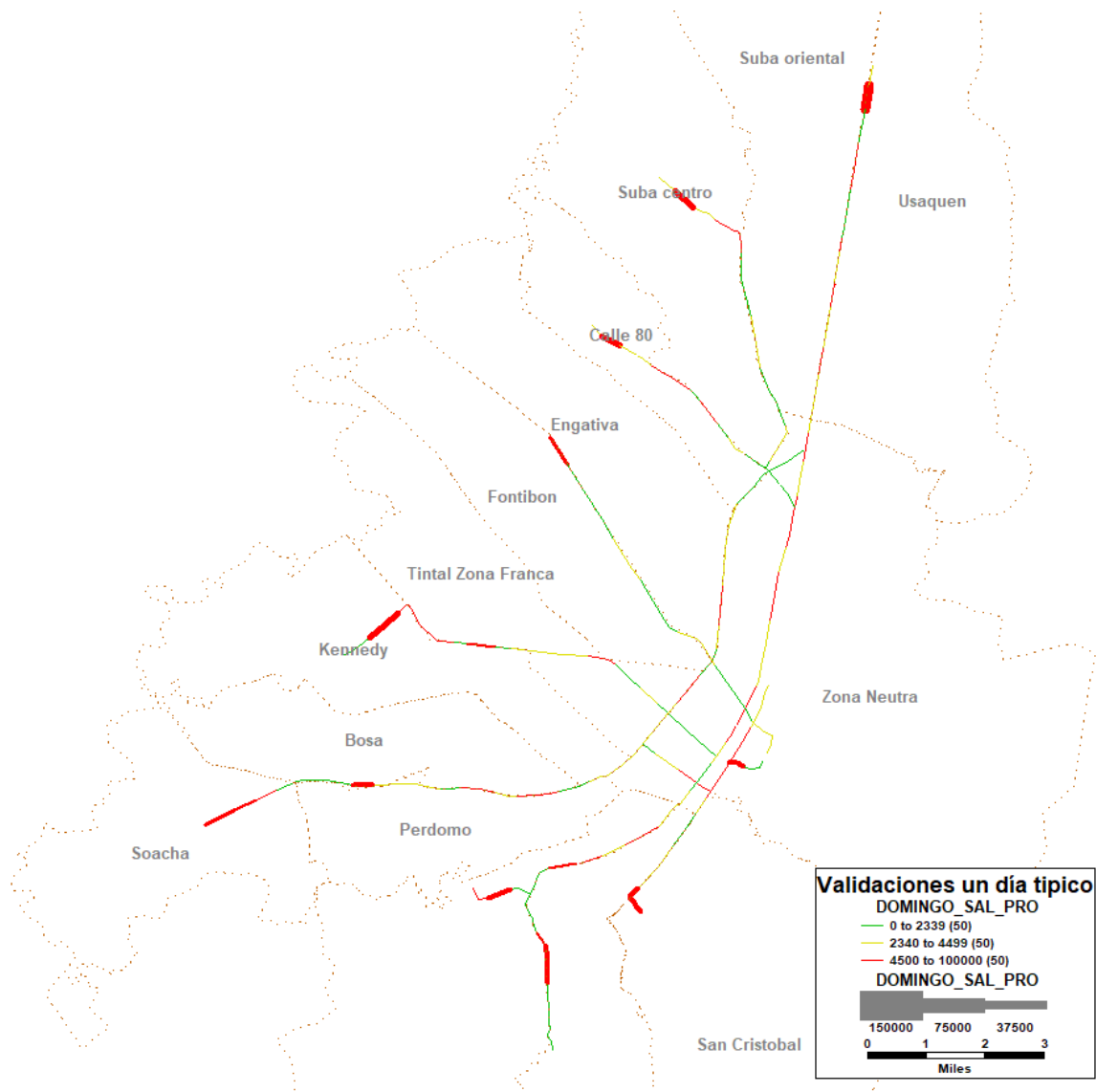
# Validaciones sábado salidas B18



# Validaciones domingo ingresos B19



# Validaciones domingo salidas B20



Anexo 3. Oficio de adquisición de la Base de Datos de Transmilenio.

# **CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA EN EL SISTEMA BRT DE BOGOTÁ**

**DIEGO ALEJANDRO ÁVILA CHARRY**

**ANEXO 3. OFICIO DE ADQUISICIÓN DE BASE DE DATOS DE  
TRANSMILENIO**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019**

Bogotá D.C.,

Señor:

**OSCAR DIAZ OLARIAGA**

Prof. Dr. Ing.

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS**

**Facultad de Ingeniería Civil**

Carrera 9 No. 51-11

[contactenos@usantotomas.edu.co](mailto:contactenos@usantotomas.edu.co)

Tel: 5878797

Bogotá D.C.

<b>TRANSMILENIO S.A.</b> 17-04-2018 04:13:14 Al Contestar Cite Este Nr.:2018EE7868 O 1 Fol:1 Anex:0 <b>ORIGEN:</b> Sd.412 - SUBGERENCIA TECNICA Y DE SERVICIOS./RAMIREZ <b>DESTINO:</b> UNIVERSIDAD SANTO TOMAS/OSCAR DIAZ <b>ASUNTO:</b> RESPUESTA AL RADICADO TRANSMILENIO 2018ER10537 <b>OBS:</b> ELIZABETH P
---

**Asunto:** Respuesta al Radicado TRANSMILENIO 2018ER10537

Respetado Señor Díaz:

TRANSMILENIO S.A. Agradece su interés en el uso y la mejora del sistema, con respecto al radicado TRANSMILENIO S.A. 2018ER10537 Solicitud de información al punto que indica:

*Datos de demanda de todo el 2017 (completo), de todas las estaciones de la red, con registro de salidas y entradas a cada estación durante todo el día (operativo). Y algo similar, si existe de la ruta (SITP) P500.*

Esta subgerencia puede suministrar la información que a continuación se detalla:

→ Base de datos histórica de entradas y salidas por estación del año 2017 por día y validaciones de la ruta SITP P500 por día del año 2017.

En ese orden de ideas, y de conformidad con el artículo 29 de la Ley 1437 de 2011 y la Resolución Interna de TRANSMILENIO S.A. No. 016 del 17 de Enero de 2018 mediante la cual "se reajustan para el año 2018 los valores de las tarifas para el cobro de copias mediante fotocopia, CD ROM, DVD, Audio y Videos de los documentos físicos, magnéticos, archivos y/o videos que reposen en expedientes o documentos oficiales de TRANSMILENIO S.A.", me permito informarle que el costo de la reproducción de la información es el siguiente:

Tabla 1 Costo fotocopia fisca o digitalizada

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Fotocopia física o digitalizada	Unidad	125	\$ 250	\$31.250
CD ROM o DVD	Unidad	1	\$ 3.050	\$ 3.200
<b>TOTAL EN NÚMEROS</b>				<b>\$34.450</b>

R-DA-005 Mayo de 2017





ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.  
SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD  
TRANSMILENIO S.A.

Total en letras: TREINTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA PESOS MONEDA LEGAL COLOMBIANA.

El valor indicado aplica en caso que el peticionario requiera la información en medio físico o digitalizado, por lo que deberá informar cómo se le deberá entregar la información.

El costo deberá ser consignado en la **Cuenta de Ahorros número 144046166 del Banco BBVA a favor de TRANSMILENIO S.A.**, y entregar el recibo original en la Subgerencia Técnica y de Servicios, ubicada en la Avenida El Dorado No 69-76 Piso 7 oficinas de TRANSMILENIO S.A.

Una vez realizada la consignación y debidamente informada por el peticionario a TRANSMILENIO S.A. se dispondrá de tres (3) días para allegar la información.

Atentamente,

FELIPE A. RAMÍREZ BUITRAGO  
**Subgerente Técnico y de Servicios**

Proyectó: Paulo Cesar Ballesteros Soto. (Subgerencia Técnica y de Servicios)  
Código: 804

R-DA-005 Mayo de 2017

Avenida Eldorado No. 69 - 76  
Edificio Elemento - Torre 1 Piso 5  
PBX: (57) 2203000  
FAX: (57) 3249870-80  
Código postal: 111071  
www.transmilenio.gov.co  
Información: línea 4823304



**BOGOTÁ  
MEJOR  
PARA TODOS**