

**ANÁLISIS PRELIMINAR DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FÉRROVIARIA
EXISTENTE AL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO (SITP)
PARA BOGOTÁ.**

PRESENTADO POR

**Lorenzo Duban Cubaque Porras Cód. 505022
Jairo Alfonso Velandia Medina Cód. 505355**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.**

**22 DE MAYO
2018**

**ANÁLISIS PRELIMINAR DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FÉRROVIARIA
EXISTENTE AL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO (SITP)
PARA BOGOTÁ.**

PRESENTADO POR

**Lorenzo Duban Cubaque Porras Cód. 505022
Jairo Alfonso Velandia Medina Cód. 505355**

TESIS

DOCENTE ASESOR

**Yelinca Saldeño Madero
Ing. Civil- PhD en Gestión del territorio e infraestructura del transporte**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.
22 DE MAYO
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

BOGOTÁ 22/05/2018



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia queremos agradecer al ingeniero Ender Jhobany Orduz Duarte, por ser un apoyo e inspiración durante nuestra etapa de formación y por apoyarnos en la elaboración de esta tesis. Asimismo, queremos agradecer a la ingeniera Yelinca Saldeño Madero por acogernos en esta última fase de desarrollo y terminación de este proyecto.

A nuestros familiares, amigos y conocidos, que de una u otra forma hicieron parte del desarrollo de nuestra etapa de formación como ingenieros civiles. Por su paciencia, dedicación, apoyo y entrega hacia nosotros para que se culminara la entrega de este trabajo de la mejor manera posible.

A nuestros docentes a lo largo de nuestra carrera de pregrado, por influir en cada uno de los aspectos desarrollados en esta tesis y por el conocimiento generado en nosotros.

Finalmente, queremos agradecer a Dios, por darnos la oportunidad de estar aquí, por cruzarnos en el camino con las personas anteriormente mencionadas y permitirnos culminar esta etapa para un nuevo inicio en nuestro camino como ingenieros civiles.

“Amado mío, esta vida no es una prueba, ni un escalón, ni un paso en el camino, ni un ensayo, ni un preludio hacia el paraíso. Esta vida es lo único que hay aquí y ahora y lo único que necesitas”.

Baruch de Spinoza

DEDICATORIAS

*Quien ha entregado su vida al amor
y ha dado todo sin pedir nada a cambio,
quien con palabras de aliento y paciencia
me ha enseñado las lecciones más valiosas en la vida,
quien trabaja sin descanso para regalarme cada día
una sonrisa, mi apoyo, mi orgullo, mi ejemplo, mi heroína,
mi motivación y la verdadera artífice de mis logros.*

*A mi madre,
Luz Poema Porras Abril
Lorenzo Duban Cubaque Porras*

A cada una de las maravillosas personas que conocí durante mi estancia en esta universidad, que me han dejado experiencias, enseñanzas, historias y momentos únicos e inolvidables, simplemente gracias por estar conmigo.

A mi motor, mi luz, mi camino y alegría, esto es gracias a ustedes, mi familia, Jairo Alfonso Velandia Díaz, Gloria Esperanza Medina Guzmán y July Esperanza Velandia Medina, sin ustedes no tendría las inolvidables experiencias y aventuras, Gracias por ser mi convicción y deseos de ser cada día mejor.
Jairo Alfonso Velandia Medina

CONTENIDO

INDICE DE ILUSTRACIONES	9
INDICE DE TABLAS	12
INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES	14
1.1. ANTECEDENTES.....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. Descripción del problema.....	15
1.2.2. Formulación del problema.....	20
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. Objetivo General.	20
1.3.2. Objetivos Específicos.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	21
1.5. DELIMITACION	22
1.5.1. Espacio.	22
1.5.2. Tiempo.	22
1.5.3. Contenido.....	22
1.5.4. Alcance.	22
1.6. MARCO DE REFERENCIA	23
1.6.1. Marco teórico.	23
1.6.2. Marco conceptual.....	24
1.6.3. Marco legal.....	27
1.6.4. Marco histórico.....	29
1.7. METODOLOGÍA	30
1.7.1. Fuentes de información.....	30
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO	30
2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE INTEGRADO CON INCLUSIÓN DE SISTEMAS FERROVIARIOS DE LAS CIUDADES BARCELONA, BOSTON Y SANTIAGO.....	32
2.1. BARCELONA.....	33
2.2. BOSTON.....	40
2.3. SANTIAGO	46
3. INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS CONDICIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO Y LAS VÍAS FERREAS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.	54
3.1. CONDICIONES ACTUALES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN BOGOTÁ.....	54
3.1.1. Tipos de sistemas existentes.	54
3.1.2. Tarifas generales del sistema actual de transporte público.....	59
3.1.3. Estadísticas generales del sistema de transporte público.....	59
3.1.4. Proyecciones del sistema.....	65
3.2. ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS FERROVIARIAS	72
3.3. MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS.....	75

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA FÉRREO A IMPLEMENTAR EN EL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ	77
4.1. PROBLEMAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO ACTUAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y CÓMO LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FÉRREOS MEJORARÍA LA MOVILIDAD.....	77
4.1.1. Capacidad de los vehículos	78
4.1.2. Vías exclusivas.....	78
4.1.3. Tiempos de operación.....	79
4.1.4. Costos de construcción, operación y mantenimiento	80
4.1.5. Comparación de Aspectos Ambientales.....	83
4.2. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN Y ADECUACIÓN DE LO EXISTENTE	85
4.2.1. Proyecto Regiotram de Occidente.....	85
4.2.2. Otros Proyectos Regiotram (Norte, Sur)	91
4.2.3. Análisis de movilidad según la situación actual.....	92
4.3. EJERCICIO DE COMPARACIÓN DEL SISTEMA FÉRREO FRENTE A LOS SISTEMAS CONVENCIONALES DE TRANSPORTE..	94
4.3.1. Cálculo de tiempos para el sistema férreo propuesto	95
4.3.2. Tiempos actuales de movilidad y tráfico de la ciudad de Bogotá	96
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFÍA.....	112

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Estimación poblacional ciudad de Bogotá 2010	16
Ilustración 2 Estimación poblacional ciudad de Bogotá 2018	16
Ilustración 3 Sección típica de vía férrea	23
Ilustración 4 Estimación poblacional ciudad de Barcelona 2018	33
Ilustración 5 Red Ortogonal de Autobuses de Barcelona	34
Ilustración 6 Sistema Tram de Barcelona	35
Ilustración 7 Sistema de tren metropolitano de Barcelona.....	35
Ilustración 8 Rodalies de Barcelona.....	37
Ilustración 9 Evolución de los viajeros mensual de la red de metro.....	37
Ilustración 10 Aplicación móvil TMB	39
Ilustración 11 Presentación página oficial TMB	39
Ilustración 12 Estimación poblacional ciudad de Barcelona 2018.....	41
Ilustración 13 Sistema de transporte (Metro) Boston, Massachusetts	42
Ilustración 14 Sistema de transporte (Commuter Rail) Boston, Massachusetts.....	43
Ilustración 15 Pasajeros transportado por año según modo de transporte. 44	
Ilustración 16 Aplicación Boston Transit	45
Ilustración 17 Página principal MBTA	45
Ilustración 18 Tarifas Subway y Bus Convencional	46
Ilustración 19 Tarifas Commuter Rail.....	46
Ilustración 20 Estimación poblacional ciudad de Santiago 2018.....	47
Ilustración 21 Cobertura de Metro, Buses y MetroNos en el área de Gran Santiago.....	47
Ilustración 22 Plano Red Metro.....	48
Ilustración 23 Aplicación para Android TransantiagoMaster	50
Ilustración 24 Plataforma de planificación de viaje Transantiago.....	50
Ilustración 25 Combinaciones de modos de transporte horario punta	51
Ilustración 26 Combinaciones de modos de transporte horario valle.....	51
Ilustración 27 Combinaciones de modos de transporte horario bajo	52
Ilustración 28 Vehículos de servicios urbanos	55
Ilustración 29 Vehículos troncales	55
Ilustración 30 Vehículos duales	56
Ilustración 31 Mapa general del sistema Transmilenio	56
Ilustración 32 Vehículos de servicios complementarios.....	57
Ilustración 33 Vehículos de servicios especiales	58
Ilustración 34 Vehículos de servicios alimentadores.....	58
Ilustración 35 Tarjetas de ingreso al sistema de transporte.....	59

Ilustración 36 Distribución de zonas de operadores de buses SITP	60
Ilustración 37 Distribución del parque automotor tradicional y SITP en Bogotá IV Trimestre 2017	60
Ilustración 38 Distribución de la demanda de pasajeros según modo de transporte tradicional y SIPT en Bogotá IV Trimestre de 2017	61
Ilustración 39 Demanda de pasajeros en millones de SITP.....	61
Ilustración 40 Demanda de pasajeros buses zonales febrero 2017 – febrero 2018.....	62
Ilustración 41 Demanda de pasajeros buses troncales febrero 2017 – febrero 2018.....	62
Ilustración 42 Tasa de viajes en transporte público por persona según la localidad.....	63
Ilustración 43 Población en miles por localidades.....	64
Ilustración 44 Viajes por día en transporte público según destino	64
Ilustración 45 Mapa General Metro de Bogotá	66
Ilustración 46 Simulación de posible estación Regiotram	67
Ilustración 47 Trazado propuesto para Regiotram.....	68
Ilustración 48 Línea de TransmiCable Ciudad Bolívar (Portal Tunal – Barrio Paraíso)	69
Ilustración 49 Estación modelo del sistema TransmiCable.....	70
Ilustración 50 Primeras pruebas de las cabinas de TransmiCable	70
Ilustración 51 Avance de la construcción estación de transferencia Portal Tunal.....	71
Ilustración 52 Proyecto Transmilenio carrera 7 - calle 45	72
Ilustración 53 Inicio del tramo del sector occidental – Fontibón	73
Ilustración 54 Estación Avenida Chile NQS	74
Ilustración 55 Ubicación de tramos ferroviarios existentes	74
Ilustración 56 Localidades con presencia de vías férreas en la actualidad. 75	
Ilustración 57 Capacidad de los principales vehículos (Propuestos y existentes) de transporte público de la ciudad de Bogotá.....	78
Ilustración 58 Sección típica de vías terrestres.....	79
Ilustración 59 Zonificación geotécnica ciudad de Bogotá D.C.	81
Ilustración 60 Estimación de emisión de dióxido de carbono.....	84
Ilustración 61 Reducción de combustible.....	84
Ilustración 62 Estación Facatativá Regiotram con diseño paisajístico	85
Ilustración 63 Diseño estación Metro de Bogotá con diseño paisajístico	85
Ilustración 64 Estación del tren municipio de Mosquera, Cundinamarca	86
Ilustración 65 Estación del tren municipio de Facatativá, Cundinamarca ...	86
Ilustración 66 Actual estación del tren de Fontibón.....	87

Ilustración 67 Cruce férreo con Avenida Ciudad de Cali.....	87
Ilustración 68 Cruce Avenida Boyacá	88
Ilustración 69 Cruce Avenida 68	88
Ilustración 70 Cruce Carrera 50.....	89
Ilustración 71 Cruce Carrera 40.....	89
Ilustración 72 Cruce Avenida Américas	90
Ilustración 73 Cruce Avenida NQS	90
Ilustración 74 Regiotran Sur	91
Ilustración 75 Esquema Tren de Cercanías en la ciudad de Bogotá	92
Ilustración 76 Cálculo de rutas según aplicación TransmiSITP (Sabana-Fontibón, Fontibón-Sabana)	96
Ilustración 77 Cálculo de rutas según aplicación Moovit (Sabana-Fontibón, Fontibón-Sabana)	97
Ilustración 78 Comportamiento horario trayecto Fontibón-Sabana (aplicación Moovit)	100
Ilustración 79 Comportamiento horario trayecto Sabana-Fontibón (aplicación Moovit)	100
Ilustración 80 Cálculo de rutas según aplicación Maps (Sabana-Fontibón, Fontibón-Sabana)	101
Ilustración 81 Comportamiento horario trayecto Fontibón-Sabana (aplicación Maps).....	104
Ilustración 82 Comportamiento horario trayecto Sabana-Fontibón (aplicación Maps).....	104

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Censo general 2005 perfil Bogotá.....	15
Tabla 2 Encuesta Mensual de Comercio al por Menor y Comercio de Vehículos.....	17
Tabla 3 Parque automotor y pasajeros en el Área Metropolitana de Bogotá.....	18
Tabla 4. Variación de personal ocupado en comercio minorista de Bogotá, según tipo de contratación.....	18
Tabla 5. Exportaciones por departamento (I Trimestre 2014 - III Trimestre 2017).....	19
Tabla 6 comparación entre tipos de vehículos y características de operación.....	27
Tabla 7 Viajeros transportados en TMB.....	36
Tabla 8 Líneas metropolitanas FGC.....	38
Tabla 9 Viajeros transportados por RENFE en Barcelona.....	38
Tabla 10 Global Traffic Scorecard.....	41
Tabla 111 Resumen del Sistema de Transporte Público 2012-2017 DTP..	49
Tabla 12 Resumen información de datos de sistemas de transporte integrado con inclusión de sistemas ferroviarios de las ciudades Barcelona, Boston y Santiago.....	53
Tabla 13 Criterios de evaluación Metro de Bogotá.....	66
Tabla 14 Ventajas e inconvenientes de cada tipo de estrategia de mantenimiento de vía.....	76
Tabla 15 Descripción de las zonas geográficas.....	82
Tabla 16 Comparación tipos de pavimento.....	83
Tabla 17 Tiempos promedio de espera en estaciones.....	95
Tabla 18 Variables que afectan el tiempo de espera en estaciones.....	95
Tabla 19 Resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Moovit).....	98
Tabla 20 Análisis de resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Moovit).....	99
Tabla 21 Resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Moovit).....	99
Tabla 22 Análisis de resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Moovit).....	100
Tabla 23 Resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Maps).....	102
Tabla 24 Análisis de resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Maps).....	102
Tabla 25 Resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Maps).....	103
Tabla 26 Análisis de resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Maps).....	103
Tabla 27 Resumen Análisis de resultados de tiempos.....	107

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de tránsito y transporte es el área de la ingeniería civil que se encarga de solucionar eficazmente los problemas sociales, ambientales, culturales, políticos, económicos, entre otros, y facilitar la interacción y comunicación entre comunidades. “Por lo tanto, tarde o temprano todo país, todo estado, toda ciudad, habrá de considerarlo, estudiarlo y tratar de contrarrestarle, bajo pena de resultar víctima del alto precio que se está pagando por la era motorizada.” (Cal y Mayor y Cárdenas 2007)

El problema del transporte en la ciudad de Bogotá tiene origen en el crecimiento y expansión no controlada de la población y el territorio que esta utiliza, el considerable incremento de venta y uso vehículos particulares, que a su vez se ha visto influenciado por el estado de la malla vial y las características de los vehículos de transporte público. La modificación que está sufriendo la ciudad de Bogotá, pasando de ser una ciudad difusa a ser una ciudad mixta, teniendo tendencia al crecimiento vertical de sus edificaciones, indica que el estudio del tránsito y transporte sea fundamental en la rama de la ingeniería civil. (Suarez y Piña Hernández 2016)

Las condiciones actuales del transporte público que se están evaluando para mitigar los problemas como la implementación de buses y busetas, la planeación de rutas, la ampliación estructural de Transmilenio como sistema de transporte masivo, la semaforización como método alternativo de control del tráfico y los planes para la construcción del metro, han presentado dificultades para cubrir la demanda actual de usuarios (Garzón Bejarano 2016). La implementación del sistema integrado de transporte público (SITP) en la ciudad de Bogotá, es una alternativa a la creciente problemática del tránsito existente. (Roberto Cabrera-Moya 2017)

Dentro de las alternativas de movilidad bajo los actuales escenarios en los que se encuentra la ciudad, está la red férrea que funciona para el Tren de la Sabana. Dicho modo de transporte opera en su mayoría de forma turística desde estaciones de municipios de la Sabana, atravesando la ciudad de Bogotá de un extremo a otro. Esta red férrea puede ser aprovechada para aquellos usuarios que requieren entrar o salir de la ciudad desde y hacia esos municipios con trenes alternativos usados específicamente para el transporte de pasajeros, diferente a aquellos que tienen fines netamente turísticos. (Bolívar García 2017)

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Para fines de la década de 1870, se planteó la posibilidad de construir el tranvía en Bogotá. En 1882 se aprobó la creación del sistema y a partir de 1884 empezó a circular el primer vehículo tranvía hipomóvil en la ciudad. (Montezuma 2008)

En 1939 el crecimiento del mismo se detuvo contrario al aumento de la población. Se utilizaron alternativas como buses administrados por empresas privadas por el deterioro del sistema. Posteriormente, los hechos ocurridos en el Bogotazo¹ el 9 de abril de 1948, incitaron a la destrucción de buena parte del sistema de tranvías y la administración distrital modificó la red para cubrirla con capa asfáltica. En 1951, se realizó el último recorrido en tranvía. (Correa R. 2017; República 2006)

El sistema de ferrocarril metropolitano es una de las principales propuestas de movilidad a implementar en Bogotá, teniendo características como la eficiencia en transporte de personas, conexión con otros sistemas y haciendo que se tengan pocas interrupciones, pues su funcionamiento tiene mínimos cuellos de botella en tanto al tránsito de estos por los sistemas viales. (Ficker 2017)

Además de las propuestas como el sistema de ferrocarril metropolitano, se busca implementar, un sistema de transporte ferroviario como el tren de cercanías, que comunica la ciudad con municipios cercanos tales como Soacha, Funza, Mosquera, Facatativá, Zipaquirá, entre otros, para mitigar el número de vehículos que ingresan a Bogotá y modificar el funcionamiento del sistema férreo turístico para restituirlo como un sistema permanente. Para el año 2019 se tiene previsto el inicio del funcionamiento del proyecto, lo cual haría del transporte de personas más eficiente con pocas adecuaciones infraestructurales. (Botero Hernandez 2016)

¹Bogotazo: Evento ocurrido el 9 de abril de 1948, que consistió en la muerte del caudillo liberal Jorge Eliecer Gaitán y posterior revuelta popular en la ciudad de Bogotá y a nivel nacional. (Jorge Orlando Melo 1988)

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema.

Las condiciones de movilidad que requiere una ciudad como Bogotá, que ha crecido perimetral y verticalmente a tal punto de no tenerse en cuenta las vías de acceso a partes netamente residenciales, ha generado continuos problemas de movilidad que pueden ser solucionados mediante un adecuado estudio del tránsito y transporte por medio de diversas ramas de la ingeniería. El transporte público es uno de los factores que evidencia un adecuado funcionamiento, que puede influir en diversos principios sociales, económicos, culturales, turísticos y ambientales (Hidalgo 2005).

Los problemas de movilidad que tiene la ciudad de Bogotá en la actualidad tienen raíz en el crecimiento poblacional de los últimos años motivado por la migración masiva interna y externa de Colombia. En el año 2005, el censo nacional, reportada en los datos mostrados en la tabla 1 una población de 6'778.691 habitantes para Bogotá, proyectando para el año 2010 un aproximado de 7'363.782 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2010).

Sin embargo, según estimaciones de Naciones Unidas, la población del área metropolitana de Bogotá en el año 2010 era de 8.5 millones de personas como se puede observar en la ilustración 1 y para el año 2018 se proyecta alrededor de 10.4 millones de personas como se evidencia en la ilustración 2 (THE DATA TEAM 2015).

Viviendas, Hogares y Personas				
Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	1.758.344	1.927.390	6.763.325	7.347.795
Resto	4.341	3.982	15.366	15.987
Total	1.762.685	1.931.372	6.778.691	7.363.782

Tabla 1 Censo general 2005 perfil Bogotá
Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2010)
Año: 2018

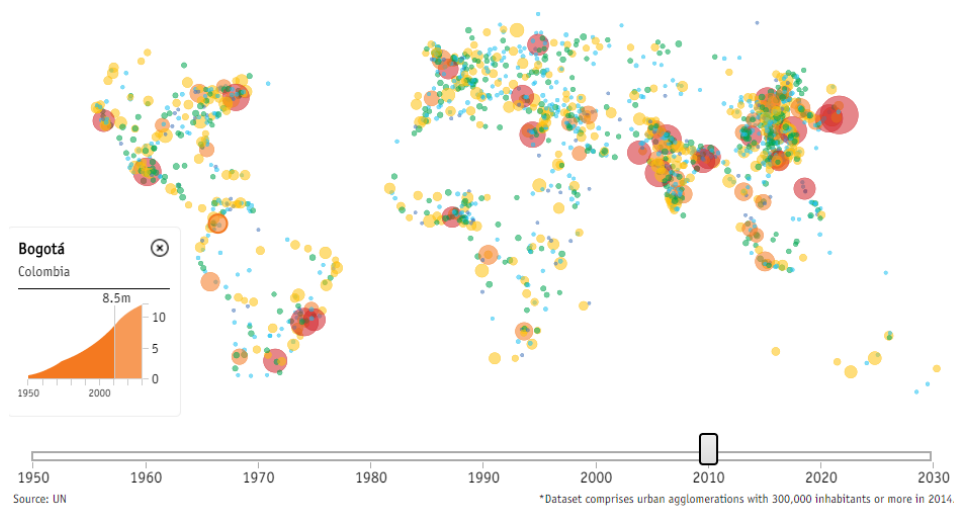


Ilustración 1 Estimación poblacional ciudad de Bogotá 2010

Fuente: (THE DATA TEAM 2015)

Año: 2018

Asimismo, uno de los factores que afecta la movilidad de la ciudad tiene que ver con las distintas normativas que fueron implementadas para mitigar la problemática del crecimiento del parque automotor. Según la Encuesta Mensual de Comercio al por Menor y Comercio de Vehículos registrada en la tabla 2, realizada por el DANE de enero de 2018, las ventas de vehículos en Bogotá en el año 2017 únicamente variaron en -6,3%, respecto al mismo periodo del año anterior. Sin embargo, la reducción se debe a factores económicos y la capacidad adquisitiva dadas en ese periodo por la implementación de la última reforma tributaria. Esto no quiere decir que los datos revelados muestren un comportamiento de los años anteriores.

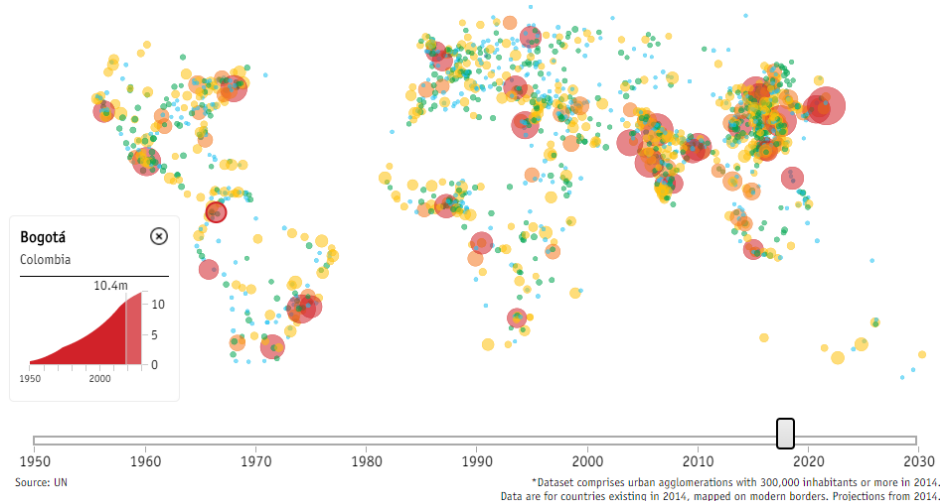


Ilustración 2 Estimación poblacional ciudad de Bogotá 2018

Fuente: (THE DATA TEAM 2015)

Año: 2018

A su vez el uso del transporte público se ha descuidado y se han postergado alternativas como el mejoramiento de Transmilenio, la construcción del metro y la adquisición de buses y busetas para integrarlas al sistema público de transporte. Los vehículos privados que se han utilizado como prioridad para la movilidad urbana, pasarían a ser una alternativa secundaria al modificar el sistema de transporte público de manera que crezca ostensiblemente y satisfaga las necesidades de los usuarios. Según la Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP) realizada por el DANE en la ciudad de Bogotá durante el cuarto trimestre de 2017, el SITP contó con un parque automotor en servicio de 8.540 vehículos mensualmente, reduciendo en 2,8% respecto al año anterior. Esa misma cantidad de vehículos transportó 1.478,5 millones de pasajeros, equivalente al 77,7% de los usuarios del Área Metropolitana de Bogotá.

Por otro lado, los 5.824 vehículos de transporte tradicionales que se encuentran en servicio, aumentaron la cantidad de pasajeros movilizados en 1,4% con un total de 423,2 millones (correspondiente al 22,3% de usuarios del Área Metropolitana). La disminución de vehículos tradicionales se encuentra en el 1,3%, respecto a los datos del año 2016. Esto quiere decir que la total integración de los vehículos tradicionales al sistema de transporte público, no ha sido completada de manera satisfactoria por parte del Distrito y las empresas privadas que aún siguen funcionando bajo este modelo. Además, se revela el descontento por parte de los usuarios al sistema en general porque no ha mostrado mejoría respecto a las condiciones iniciales planteadas para su eficiencia.

	Enero 2018 / Enero 2017		Febrero 2017 - Enero 2018 / Febrero 2016 - Enero 2017	
	Ventas Reales	Personal Ocupado	Ventas Reales	Personal Ocupado
Barranquilla Total	3,0	-2,7	0,4	2,9
Barranquilla DIV. 47	1,6	-2,6	2,6	3,8
Barranquilla DIV. 45	7,4	-3,1	-5,8	-1,3
Bogotá Total	2,5	0,4	-2,8	1,8
Bogotá DIV. 47	2,5	1,5	1,1	2,9
Bogotá DIV. 45	2,4	-5,1	-6,3	-4,1
Bucaramanga Total	7,3	-3,6	-2,5	-1,5
Bucaramanga DIV. 47	0,5	-3,6	-2,1	-1,6
Bucaramanga DIV. 45	26,1	-3,5	-3,5	-1,5
Cali Total	3,2	-2,4	-1,9	-1,4
Cali DIV. 47	2,2	-3,0	-0,6	-2,0
Cali DIV. 45	5,4	1,3	-4,9	2,0
Medellin Total	5,2	1,6	-0,8	1,4
Medellin DIV. 47	2,9	1,4	-0,2	0,7
Medellin DIV. 45	8,4	2,2	-1,7	3,2
Nacional Total	6,2	-0,1	-0,3	1,5

Tabla 2 Encuesta Mensual de Comercio al por Menor y Comercio de Vehículos.²

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017b)

Año: 2018

²DIV. 45: División 45 (Comercio de Vehículos Automotores y Motocicletas, sus partes, piezas y accesorios. Incluye combustibles para vehículos)

La medida de implementación de restricciones de uso de los vehículos particulares conocida en Colombia como el “pico y placa” en primera instancia contribuyó a la movilidad, en su implantación, pero como consecuencia futura dio oportunidad a las empresas automotrices para la entrega de créditos, facilitando la venta de vehículos adicionales a los usuarios, dejando obsoletas estas acciones gubernamentales. Otra estrategia ha sido el aumento de los impuestos por la adquisición de cualquier tipo de vehículos, sin embargo, según Díaz Acosta y Espitia Peña, funcionarios de la Secretaria de Movilidad de Bogotá, dadas las condiciones en las que se encuentra el sistema de transporte público en general y medidas que se han tomado para el mejoramiento del mismo, que no han dado los resultados esperados, los usuarios que cuentan con los recursos, siguen prefiriendo el uso del vehículo particular antes que el sistema de transporte público. (Díaz Acosta, Espitia Peña y Murillo Solarte 2015)

Tipo de Vehículo	Promedio mensual de vehículos afiliados			Promedio mensual de vehículos en servicio			Total pasajeros transportados Miles		
	2016	2017 ^P	Variación %	2016	2017 ^P	Variación %	2016	2017 ^P	Variación %
Área Metropolitana de Bogotá	16.583	16.085	-3,0	14.687	14.364	-2,2	1.914.052	1.901.686	-0,6
SITM Alimentador	885	869	-1,8	817	823	0,7	293.696	297.092	1,2
SITM Padrón*	262	262	0,0	260	260	0,0			
SITM Troncal	1.751	1.744	-0,4	1.676	1.648	-1,7	689.731	699.067	1,4
SITM Zonal y complementario**	6.641	6.337	-4,6	6.032	5.809	-3,7	513.240	482.334	-6,0
Buses	2.020	1.995	-1,2	1.662	1.647	-0,9	140.241	145.327	3,6
Busetas	1.236	1.172	-5,1	952	925	-2,9	81.661	79.764	-2,3
Microbuses-Colectivos	3.789	3.706	-2,2	3.289	3.252	-1,1	195.483	198.102	1,3

Fuente: Cálculos DANE, ETUP.

^P Cifra provisional

* Los pasajeros movilizados en padrón no se desagregan debido a que por efecto de la operación del sistema se encuentran contabilizados en troncal.

** Los pasajeros transportados se contabilizan cada vez que el usuario ingresa al sistema usando la tarjeta, por lo tanto, el número de pasajeros incluye transbordos.

Tabla 3 Parque automotor y pasajeros en el Área Metropolitana de Bogotá.

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017a)

Año: 2018

Código - Descripción	Variación	% Contribución PP
Total comercio minorista y vehículos	1,5	1,5
Desagregación por tipo de contratación		
Personal permanente	3,5	2,4
Personal temporal directo	-1,8	-0,4
Personal temporal a través de empresas	-4,9	-0,5
Desagregación por actividad económica		
4711 -472. No especializados con surtido compuesto principalmente por alimentos y especializados en la venta de alimentos.	4,1	1,5
4719. No especializados con surtido principalmente por productos diferentes de alimentos, bebidas y tabaco.	1,3	0,1
4751 - 4771. Productos textiles, prendas de vestir y sus accesorios	3,2	0,3
4773. Productos farmacéuticos, medicinales, odontológicos, artículos de perfumería, cosméticos y de tocador	1,8	0,2
4530. Partes, piezas y accesorios para vehículos automotores	1,8	0,1
4752 - 4753 - 4759 - 4762 - 4769 - 4774 * Comercio en otros establecimientos especializados	0,6	0,0
4761. Libros; periódicos; materiales, artículos de papelería y escritorio	2,0	0,0
4741. Equipo de informática, hogar	0,0	0,0
473. Combustibles para automotores, lubricantes, aditivos y productos limpieza para vehículos automotores	-0,9	-0,1
4511 - 4541. Vehículos automotores nuevos; y de motocicletas y de sus partes, piezas y accesorios.	-0,6	-0,1
4772. Calzado, artículos de cuero y sucedáneos del cuero	-6,6	-0,2
4742 - 4754 - 4755. Electrodomésticos; muebles hogar; y equipo y artículos de uso doméstico	-7,5	-0,3

Tabla 4. Variación de personal ocupado en comercio minorista de Bogotá, según tipo de contratación.

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017b)

Año: 2018

I Trimestre 2014 – III trimestre de 2017

Miles de dólares

Departamentos	2014				2015				2016				2017		
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Bogotá, D. C.	635.892	599.102	619.162	630.556	597.241	585.562	610.587	625.096	541.353	507.500	559.544	604.578	576.200	600.599	636.924
Antioquia	68.531	103.279	104.745	115.980	40.299	43.267	36.461	39.719	33.904	86.881	114.484	97.006	96.081	111.749	124.091
Bolívar	15.239	18.708	20.067	32.374	17.947	17.007	15.806	16.017	15.592	16.376	14.705	17.227	17.117	16.800	23.178
Valle Del Cauca	18.017	18.402	21.117	26.056	17.254	23.738	18.680	23.101	17.715	19.095	20.822	30.349	20.970	21.263	22.114
Atlántico	23.943	24.767	16.446	18.007	16.886	17.886	18.540	14.116	13.945	18.414	14.643	16.921	13.364	18.560	14.472
Cundinamarca	7.529	7.904	7.237	12.074	6.262	7.425	7.128	10.410	5.804	6.498	8.807	10.565	7.877	13.983	8.419
Santander	6.210	4.829	5.661	5.076	2.444	3.600	4.264	5.335	4.226	5.359	6.452	9.993	8.197	5.282	7.775
Caldas	8.555	9.175	12.538	7.705	12.563	14.588	13.938	10.079	8.661	9.916	10.202	9.203	9.411	9.647	2.579
Risaralda	4.186	2.430	2.019	2.509	3.111	2.149	2.471	2.188	2.536	1.690	2.432	2.405	1.891	3.203	2.289
Magdalena	688	989	454	712	1.023	1.186	1.190	1.374	857	1.272	1.014	1.222	1.460	1.031	1.317
Demás Departamentos	3.111	4.708	11.706	3.667	3.338	7.306	2.296	9.240	2.144	4.605	2.858	4.173	5.923	2.879	3.241

Tabla 5. Exportaciones por departamento (I Trimestre 2014 - III Trimestre 2017).

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017)

Año: 2018

Es claro que en Bogotá se encuentran las grandes empresas nacionales y extranjeras como se muestra en el libro “Ciudad y transporte: transformación urbanística e impacto ambiental”. Siendo la capital de Colombia, cumple la función de centro económico, político y social del país lo que hace masiva la llegada de personas provenientes de municipios aledaños que se dirigen a centros industriales y financieros en horas críticas para la movilidad; todo ello incrementa la demanda de medios de transporte, que garantice la calidad en la movilidad y que favorezcan el uso adecuado de la ciudad que crece permanentemente (Viana Suberviola 2017).

Según la Encuesta Mensual de Comercio al por Menor y Comercio (EMCM) de enero de 2018, el personal ocupado en el sector comercio de la ciudad, aumentó 1,5% entre enero de 2017 y enero de 2018 respecto al mismo periodo del año anterior. Esto se debe al aumento de contratación de personal permanente de 3,5% y disminución de personal temporal directo y a través de agencias de 1,8% y 4,9%, respectivamente (Tabla 4) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017b). Por otro lado, las exportaciones realizadas por Bogotá ascendieron a \$636.924 miles de dólares, según la Muestra Trimestral de Comercio Exterior de Servicios (MTCES) del III Trimestre de 2017 (Tabla 5) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017c).

En Bogotá existió un sistema ferroviario que inicialmente fue planteado para el transporte de pasajeros entre los principales centros urbanos de Colombia. Esta a su vez se comunica con los municipios de la Sabana, pero con el paso de los años y las condiciones de la ciudad, ha tenido un uso turístico y eventualmente de carga de mercancía. El aprovechamiento de este tipo de medios de transporte para pasajeros puede ser evaluado como una alternativa existente para la solución de algunos problemas que se presentan especialmente en el ingreso de los municipios para las personas

que entran a trabajar o estudiar a la capital. Teniendo en cuenta que existen estaciones aledañas a la ciudad, se pueden identificar mecanismos para la construcción o restauración de estaciones complementarias en el sistema férreo que comuniquen al sistema integrado de transporte público, de modo que se tenga una manera adicional, eficiente y centralizada hacia todos los puntos de la ciudad, como lo señalan los autores del artículo “Mallorca y sus dinámicas metropolitanas” como el ejemplo de transporte público entre la isla y la ciudad. (Mateu, Maria y Ruiz 2017)

1.2.2. Formulación del problema.

Para realizar un estudio correcto, se debe revisar el estado actual de la infraestructura ferroviaria y estudiar modelos establecidos con fines comparativos de las ciudades en donde se ha comprobado que este tipo de opciones son viables para la movilidad de sus habitantes. Identificando los problemas existentes en la movilidad de la ciudad y reconociendo el funcionamiento del sistema férreo, teniendo en cuenta que se podrían realizar adecuaciones a los tramos existentes, surge la siguiente pregunta:

¿Es viable, desde un enfoque preliminar, la implementación del sistema ferroviario existente en las condiciones actuales, y las mejoras necesarias, como parte del sistema integrado de transporte público para reducir los problemas existentes de movilidad en Bogotá, basado en los modelos de otras ciudades del mundo?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General.

Analizar el sistema ferroviario existente en la ciudad de Bogotá, identificando las posibles adecuaciones que permitan generar una propuesta técnica descriptiva de intermodalidad al sistema integrado de transporte público (SITP).

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Revisar el estado actual de la infraestructura del sistema férreo de la ciudad de Bogotá para desarrollar el levantamiento de los elementos ferroviarios existentes.
- Identificar las condiciones de transporte actuales en la ciudad de Bogotá para verificar las adecuaciones a realizar para introducir el sistema ferroviario.

- Evaluar propuesta técnica descriptiva de implementación del sistema férreo al sistema integrado de transporte público mediante herramientas adecuadas para su valoración y optimización.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El transporte y el tránsito para la ciudad de Bogotá puede mejorar con el tiempo, por su posicionamiento geográfico funciona como una central económica, social, cultural y política del país e incluso de la región, por lo que debe estar en constante desarrollo. Del mismo modo, la planificación pertinente en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) debe ir de la mano con la movilidad de la ciudad, por lo cual se deben adecuar los medios de movilización de tal manera que la demanda en ningún caso sea mayor a la oferta. (Cámara de comercio 2017)

El crecimiento de la ciudad de Bogotá hace que los sistemas actuales de transporte no logren suplir necesidades que la población demanda, por lo cual la implementación de sistemas mixtos son una medida que puede comportarse como una solución próxima factible para la movilización inicial de pasajeros antes que un rediseño en los tramos viales de la ciudad, pero también se debe tener en cuenta los elementos existentes y verificar la independencia del flujo para optimizar el transporte dentro de la ciudad, según Fernández y Planzer acerca de los buses de tránsito rápido en la movilidad de una ciudad. (Fernández y Planzer 2002)

En temas relacionados con la infraestructura y el paisajismo, los sistemas ferroviarios a nivel mundial aumentan el desarrollo político, económico, social y ambiental según la implementación del tipo de tren. De acuerdo con esto la ingeniería civil juega un papel importante en el progreso de las sociedades y específicamente en el desarrollo de este tipo de sistemas, no solo a nivel investigativo, sino que al ser aplicativo y operativo es necesaria la revisión de las redes para reducir errores sistemáticos y minimizar costos que podrían afectar a los usuarios en la parte del cierre del proyecto.

Eventualmente el uso de este tipo de redes férreas podría llegar a utilizarse para transporte de carga, como indican los autores Winston y Maheshri, lo que ayudaría a la sostenibilidad del sistema en general. Esto se lograría con las políticas adecuadas para la implementación de la infraestructura pertinente y a su vez optimizar el tránsito. (Winston y Maheshri 2007)

1.5. DELIMITACION

1.5.1. Espacio.

La investigación se desarrolla en los sitios donde actualmente se encuentra la infraestructura ferroviaria de la ciudad de Bogotá, Colombia.

1.5.2. Tiempo.

La investigación se desarrollará durante un tiempo estimado de ocho (8) meses.

1.5.3. Contenido.

Se documenta un reconocimiento del estado actual de la infraestructura ferroviaria de Bogotá, además de tener en cuenta el estudio de casos de las ciudades de Boston (Estados Unidos), Barcelona (España) y Santiago de Chile (Chile) en los cuales se analizan las características principales de los modos de transporte y su influencia en la calidad de la movilidad.

De acuerdo a la información anteriormente descrita se plantea una propuesta preliminar descriptiva evaluando la posibilidad, lo más cercana a la realidad actual, de la implementación del modo de transporte conocido como tren ligero, aprovechando la infraestructura ferroviaria existente, complementando el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP).

1.5.4. Alcance.

El estudio se realizará en la ciudad de Bogotá, inicialmente se inspeccionará visualmente la infraestructura ferroviaria existente, revisando las zonas en donde se encuentran los tramos y de acuerdo con esto se estudiará la posibilidad de engranaje con el sistema de transporte actual, reconociendo sus puntos en común y verificando si estos están bien posicionados. Por consiguiente, se evaluará si es necesario realizar adecuaciones como mantenimiento de la red vial o realizando las construcciones necesarias para el funcionamiento del sistema y de esta forma se llegue a una intermodalidad en los medios de transporte público.

Con relación a lo anterior, se realizará la evaluación de una propuesta técnica preliminar describiendo los elementos para la implementación y vinculación del sistema férreo, teniendo en cuenta los componentes existentes y las adecuaciones realizadas se planteará un estudio de prefactibilidad del análisis elaborado minimizando la intervención infraestructural y optimizando los recursos existentes.

1.6. MARCO DE REFERENCIA

1.6.1. Marco teórico.

El reconocimiento de los elementos estructurales existentes de los carriles en una vía férrea, los cuales circulan los trenes, permite que se haga un correcto análisis y evaluación a la situación actual de la red que presenta Bogotá. Fundamentalmente, los rieles o carriles facilitan el movimiento de las ruedas del tren, dan guía a su desplazamiento y se construyen en acero.

En el caso de las vías férreas, las características principales de la infraestructura, consiste en traviesas o durmientes que son las piezas encargadas de unir a los dos rieles de manera transversal, para conservar el ancho del mismo y evitar el deterioro por el paso constante de los trenes. Por otro lado, el material de balastro es el encargado de soportar las cargas por el paso del tren y transferirlas al suelo de la zona con el fin de mitigar las posibles deformaciones que puede presentar el terreno; esencialmente es una capa de rocas esparcidas de manera uniforme a lo largo de la vía. La sección típica de una vía férrea se puede evidenciar en la ilustración 3.

Recientemente, se ha venido reemplazando el material rocoso por una placa de concreto donde las traviesas son introducidas en él. Este tipo de estructura se le llama vía en placa.

Los desvíos o cambios de aguja son pestañas que se ubican entre dos carriles y permiten el cambio de dirección de las ruedas de los trenes de una vía a otra. La catenaria es instalada en las líneas ferroviarias con el fin de transmitir energía eléctrica mediante los cables aéreos que se encuentran.

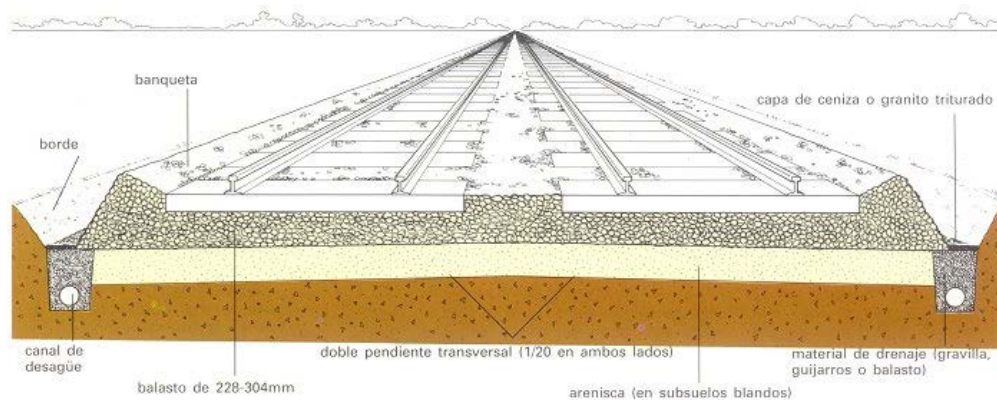


Ilustración 3 Sección típica de vía férrea

Fuente (Geotexan 2015)

Año: 2018

Las toperas se ubican en el final de la vía para detener el tren en el caso que este no pueda hacerlo por sí mismo por fallas mecánicas o errores humanos. Sumado a esto, deben tenerse en cuenta los otros elementos como la señalización que se ubica a lo largo del trazado y son vitales para la transmisión de información de la vía en general, vital para la operatividad del maquinista.(HUERTA AVILES y DURAN CELIS 2009)

Todos estos elementos estructurales deben garantizar, no solo la seguridad del tren, sino también acondicionarlo a la protección de la vida de los pasajeros.

En ciudades como Tokio, el sistema de tren metropolitano cuenta con 282 estaciones distribuidas en 13 líneas que abarcan ciudades cercanas y las conecta con el centro de la ciudad, con la operación de dos compañías que se distribuyen la cobertura de estas zonas. El sistema de tren metropolitano de Boston opera con ligeros y se integra con trenes de cercanía que ayudan al área de Gran Boston a interconectarse a través de cinco líneas. El sistema de tren metropolitano de Nueva York es un referente importante con 469 estaciones, 24 líneas y trenes de cercanía a lo largo del área metropolitana.

El ferrocarril metropolitano de París se complementa con el ferrocarril suburbano de cercanías del RÉSEAU EXPRESS RÉGIONAL de cinco líneas y 256 estaciones. El sistema de tren metropolitano de Londres cuenta con 274 estaciones distribuidas en 11 líneas que sirven al área del Gran Londres y otros distritos no metropolitanos. La ciudad de Madrid utiliza el sistema RENFE CERCANÍAS MADRID a través de nueve líneas y 90 estaciones.

En este caso, se escogieron tres ciudades (Barcelona, Boston y Santiago) para un análisis más detallado de la inclusión de sistemas ferroviarios en el transporte público, de las cuales se profundizará en el Capítulo 2.

1.6.2. Marco conceptual.

La ingeniería de transporte se puede definir como: “la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente”. Por otro lado, la ingeniería de tránsito según el Instituto de Ingenieros de Transporte ITE “es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de

transporte”. (Cal y Mayor y Cárdenas 2007)

De esta manera se deben tener en cuenta elementos propios de la movilidad como lo son los modos de transporte terrestre público y privado en grandes urbes y la combinación de estos para la realización de un medio adecuado de movilidad. El uso de transportes denominados como sostenibles bicicletas y automotores eléctricos (automóviles, autobuses, trenes eléctricos, entre otros) en transportes públicos y privados ha hecho que el modo de transporte no solo se enfoque en la movilidad y desarrollo de un país, sino que habla de mejorar los sistemas protegiendo y mitigando el daño ambiental.

El medio más implementado en el mundo para movilizar pasajeros y cargas es la red férrea, tal como el tranvía, el tren a vapor. También existen elementos más modernos como los trenes eléctricos de baja y alta velocidad y metros existentes en grandes áreas metropolitanas del mundo.(Escobar y Paez 2017; Cal y Mayor y Cárdenas 2007)

En un principio los modos de transporte surgen como la necesidad de movilizar personas y cargas verificando cuál de estas es más eficiente, surgiendo como respuesta a unas limitaciones no compensadas, pero el aumento de la población en las ciudades y las necesidades de movilidad han hecho que estas evolucionen a tal punto de ser complementarias entre ellas. (González Trujillo 2017; Burckhart 2007)

Los sistemas actuales de transporte público de pasajeros se basan en dos distintos tipos de movilidad, intermodalidad y multimodalidad, los cuales se complementan con un mismo principio, pero se diferencian en la funcionalidad. En los casos de intermodalidad y multimodalidad, la forma de pago o contrato es la que determina si se trata de una modalidad y otra. Es decir, la intermodalidad consiste en el pago independiente de los modos de transporte para los usuarios, con condiciones diferentes para cada uno de ellos; en cambio para la multimodalidad, un solo pago puede abarcar el servicio de varios modos de transporte.(Carrasco 2008)

La demanda de pasajeros y las posibles rutas a tener en cuenta durante los recorridos de un sistema de transporte para el mejoramiento e implementación del mismo, se basan en la oferta actual y futura, e incluso las condiciones socioeconómicas de la población a la que se dirige. Un estudio de demanda brinda seguridad, eficiencia y comodidad con el fin de atender las necesidades de movilidad, mejorando y controlando el sistema al que se dirige. (Henaó y Calderón 2010)

El Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de la ciudad de Bogotá ha sido uno de los principales ejes de desarrollo en los últimos años, ya que

facilita la inclusión de todos los modos de transporte público que dispone para la movilidad, reduciendo los tiempos de viaje de los usuarios e interconectado a una red de forma articulada y organizada con una tarifa integrada con único medio de pago (Decreto distrital 309 de 2009). Este sistema debe facilitar el acceso a los ciudadanos, porque debe estar acoplado de manera tal que por lo menos uno de los modos incorporados cubra la mayor parte de las vías de la ciudad o rutas adecuadas para su operatividad. (Aspilla Lara y Rey Gutiérrez 2012)

Según la FTA (Federal Transit Administration's) el Bus de Tránsito Rápido o BTR es un modo de transporte que puede combinar la flexibilidad de los buses con la calidad del tránsito de los trenes. Los sistemas BTR son uno de los modos de transporte más flexibles, ya que los vehículos cuentan con velocidad de tren ligero y acceso a estaciones, circulación por vías exclusivas que facilitan su movilidad frente a otros modos de transporte y económicamente más viables. Además, impulsa una imagen positiva frente a la estética y el diseño urbano de una ciudad. Económicamente, es un sistema viable ya que su construcción y costos de operación no son excesivos teniendo en cuenta la capacidad y la demanda que se ha observado en las ciudades que lo han proyectado. A nivel operativo, la estructura de rutas contempla que se pueden cubrir todos los destinos con uno o dos transbordos dentro del sistema, reduciendo tiempos de viaje de manera significativa. En el caso de la ciudad de Bogotá, Transmilenio es el sistema encargado de cumplir con estas características y parte fundamental del Sistema Integrado de Transporte Público de la ciudad. (Levinson et al. 2002)

Adicionalmente, el Metro o tren metropolitano surge como necesidad de cubrir de modo efectivo y eficiente el transporte de pasajeros cuando los medios comúnmente utilizados (como buses y trenes) no dan abasto, especialmente cuando los usuarios requieren recorridos de larga distancia. Su funcionamiento es a través de electricidad por corriente directa, cuenta con un medio exclusivo de tránsito, es decir se separa de las vías convencionales de transporte. Existen diversos tipos de construcción por la cual transita, como son elevado, a nivel o subterráneo. Este último es el más utilizado para minimizar la detención de los vehículos durante su tránsito y optimizar los tiempos de viaje.

El sistema ferroviario en una ciudad es fundamental para que haya condiciones adecuadas y ágiles para la movilidad de personas en los centros urbanos de gran tamaño. Se deben diferenciar las características entre estos tipos de medios de transporte masivo contra lo propuesto como el sistema por buses articulados con vías exclusivas que maneja la ciudad de Bogotá. Como se observó previamente, las grandes ciudades acogen distintos sistemas basados en las necesidades de demanda de pasajeros,

infraestructura y financiación.(Mei-Cheng, Dick y Barkan 2015)

Los trenes de cercanía o trenes suburbanos generalmente recorren una distancia no mayor a 100 km. De acuerdo con el horario y la demanda, estos trenes pueden operar entre los 50 y los 200 km/h o más en el caso de trenes eléctricos de alta velocidad como en el caso del RENFE en Madrid, que opera a velocidades que superan los 300 km/h.

Por otro lado, el tren ligero se basa en la infraestructura rodante de un tranvía por sus características, que circula en áreas urbanas en carriles reservados, vías apartadas o parcialmente segmentados por el tráfico. Su capacidad es menor a la del metro y el tren, y mayor a la del tranvía convencional, lo que facilita el acceso a zonas peatonales y conexión de las grandes ciudades con periferias, especialmente las zonas rurales.

En la tabla 6 se observa la comparación de diversos modos de transporte y tipos de vehículos con respecto a las características de operación como facilidad de manejo, derecho de camino y ruteo dependiendo la facilidad de manejo de horarios.

Operating Arrangements \ Vehicle type	Car	Van	Minibus	Bus	Light rail	Heavy rail
Drivers	Free	Low cost		High Cost (conventional transit)		Low Cost (automated)
Right of Way	Shared			Dual mode		Dedicated
Routing and Scheduling	Flexible		Hybrid			Fixed

Tabla 6 comparación entre tipos de vehículos y características de operación
Fuente:(Massachusetts BayTransportation Association 2017)
Año: 2018

1.6.3. Marco legal

La ley 769 de 2002 del Congreso de la Republica, establece el Código Nacional de Tránsito Terrestre y las disposiciones necesarias para su aplicabilidad. En el caso del transporte masivo, dictamina en el artículo 121 que, a través de las autoridades de tránsito locales, se deben establecer los paraderos más adecuados, basados en estudios de tránsito, para los vehículos encargados de este servicio. Además, la Ley insta que los trenes deben tener la vía diseñada para su circulación, libre de peatones y otros vehículos (artículo 58). En este caso, las intersecciones de vehículos particulares deben estar debidamente demarcadas con semáforos adecuados, además de otras señales (Artículo 117).(Poder Público - Rama Legislativa 2002)

Por otro lado, la Ley 310 de 1996 (que modifica la Ley 86 de 1989) del Congreso de la Republica, dicta las normas sobre los sistemas de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros y los recursos para su financiamiento. Justamente, se habla de la necesidad de desestimular el uso de los vehículos particulares y que los medios de transporte masivo, sean la prioridad en las políticas de movilidad de las ciudades y del mismo Estado. Por ello, se establecen las condiciones de infraestructura y funcionamiento de un sistema de transporte masivo.(Congreso de la Republica de Colombia 1989, 1996)

El decreto 309 de 2009 de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. en el que se adopta el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) en Bogotá y las disposiciones para su funcionamiento. Se contemplan todas las medidas legales y constitucionales que le amparan su estructuración y puesta en marcha. Se regula que bajo la vigilancia del Estado, se garantice la prestación del servicio adecuado para sus usuarios con la unión de los sistemas Transmilenio y el transporte público colectivo, así como la futura implementación del sistema de tren metropolitano en la ciudad.(Alcaldía de Bogotá 2009)

El acuerdo 489 de 2012 del Concejo de Bogotá D.C., organiza el plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas para Bogotá durante el periodo administrativo 2012-2016. En él, se menciona en el artículo 28 los programas de movilidad para la ciudad, involucrando la construcción e integración de la red férrea para el servicio del sistema de transporte público. Se diferencian las redes férreas de tren pesado, como tren metropolitano, y tren ligero, dentro de la ciudad en los principales corredores férreos que ya existen y pueden rehabilitarse para el servicio de transporte.(Concejo Distrital de Bogotá 2012)

Sin embargo, en el orden nacional, las entidades estatales y gubernamentales están obligadas al cuidado de las vías férreas, declaradas bien de interés cultural, a través de contratos de comodatos expedidos por el gobierno nacional a través de la ley 1185 de 2008, que modifica la ley 397 de 1997 del Ministerio de Cultura. En dicha ley, el artículo 5 dictamina que puede revocarse la declaratoria de bien de interés cultural si la autoridad que lo expide, en este caso el Ministerio de Cultura, en caso de que estos bienes hayan perdido ese valor y puedan ser aprovechados.

El artículo 6 señala que el Ministerio de Cultura podrá decretar el préstamo o enajenación de estos bienes entre entidades estatales, y de ser necesario autorizar el comodato a entidades privadas reconocidas por un término de hasta cinco (5) años prorrogables, incluso celebrando cualquier tipo contratos, incluso el de concesión, siempre y cuando sean promovida la recuperación, conservación, mejoramiento, sostenibilidad y divulgación de

estos bienes, sin que afecte su función inicial.

Esto quiere decir, que los entes llamados a la protección de estos bienes de interés, como las gobernaciones o alcaldías, pueden recurrir al Ministerio de Cultura y otras entidades del orden nacional para promover la utilización de estos bienes, de modo que favorezca los intereses generales para, en este caso, el mejoramiento de la movilidad de la ciudad de Bogotá.

1.6.4. Marco histórico

“Así, los sistemas de transporte férreo masivo, como transporte público, tuvieron sus orígenes en los tranvías.” En cada una de las metrópolis del mundo han existido tranvías como en la ciudad de Bogotá, a medida que esta fue creciendo. (Cal y Mayor y Cárdenas 2007)

El aumento de la población y la expansión de la ciudad a finales de siglo XIX generó una preocupación y la necesidad de implementar nuevas medidas de transporte público e incluso la construcción de caminos peatonales urbanos. Dentro de estas nuevas tecnologías existentes, el tranvía se presentaba como la mejor opción para la movilización de peatones dentro de la ciudad.

La construcción de la red ferroviaria para Bogotá tiene una extensión de 200 km aproximadamente recorriendo municipios del occidente como Facatativá, Funza, Mosquera y Madrid, a través de Fontibón. El tramo de la estación de la sabana hasta el sur en Sibaté fue inaugurado en 1909, comunicando también con el municipio de Soacha a través de Bosa.

El tramo norte, hasta el municipio de Barbosa, en Santander, atraviesa las poblaciones de Cajicá, Zipaquirá, Nemocón, Lenguaque, Fúquene, Guachetá, Simijaca y Chiquinquirá.

El tramo nordeste a través de Usaquén cubriendo los municipios cercanos como sopó, Tocancipá, Gachancipá, Suesca, Chocontá, Villapinzón hasta el departamento de Boyacá (Belencito). Actualmente, esta línea se utiliza únicamente para trenes de carga. (Banco de la República, 2006). La interconexión con las otras líneas, convirtieron al ferrocarril de la Sabana en el componente fundamental del sistema ferroviario de Colombia.(VILLAVECES NIÑO y HERNÁNDEZ ORTEGA 2017)

El paso de los años y la modernización no fueron ajenos a la pérdida de la importancia de este medio de transporte. Fue reemplazado gradualmente por una infraestructura más operativa y multifuncional, como la ampliación de vías. Sostener la empresa Ferrocarriles Nacionales por la corrupción,

compra y modernización de equipos, etc., se convirtió en un reto imposible de cumplir y llevó finalmente a la liquidación de la misma en el año 1991, incluida la red de Ferrocarriles de la Sabana en su gran mayoría. En 1992 la infraestructura ya existente se empezó a utilizar como tren turístico y recreativo a lo largo de la Sabana de Bogotá hasta Zipaquirá.

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1. Fuentes de información

La información proviene principalmente de estudios realizados por el Distrito y otros autores que previamente han desarrollado una temática similar en otras ciudades del mundo y de qué manera puede ser útil en la medida de las condiciones actuales de la ciudad de Bogotá, que pueden apoyar el sentido de la investigación, y partiendo de otros temas base dentro de la misma. Las encuestas y datos recolectados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), revela información que puede aportar a la información propia de la ciudad en temas de transporte público, venta de vehículos, factores económicos, entre otros. Además, se utilizan otras herramientas de tipo tecnológico como imágenes satelitales y mapas digitales de la ciudad.

Por otro lado, se recurre a otro tipo de fuentes como informes, artículos científicos, reportes y páginas web para información específica de las entidades oficiales como empresas de transporte de las diferentes ciudades que dan lugar a la recopilación de información base.

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO

Se plantea la distribución del desarrollo del estudio a través de fases en las que se realizan diferentes actividades, desde la recopilación de información básica, hasta la entrega final del análisis, de acuerdo con los objetivos trazados inicialmente. Es decir, las fases se organizan de la siguiente manera:

- **FASE 1: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DOCUMENTAL**

Dentro de esta etapa, se identifica el modelo actual mediante la recopilación de las diferentes rutas de SITP, su funcionamiento, cambios realizados y evolución histórica del sistema e impacto en la movilidad. Posteriormente se investigan los diferentes modelos intermodales que existen en ciudades del mundo que son referentes en la movilidad como, Boston, Barcelona y Santiago, sus características principales, ventajas, desventajas, rentabilidad y viabilidad de los mismos; esto facilitará la comparación con el actual

modelo que aplica en Bogotá, respecto a otros planes ejecutados en este mismo sentido.

- **FASE 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO**

En este punto, la información previa facilita la recolección de datos propios para el enfoque del estudio. Se identifican las rutas SITP más adecuadas, analizando tiempo total de recorrido, inicio y destino, puntos críticos, etc. Los otros modos de transporte del sistema intermodal actual para Bogotá también hacen parte de este análisis como parte del estudio integral del mismo. Mediante un recorrido por la red ferroviaria de Bogotá se analiza el estado de la infraestructura, los puntos en los cuales se requeriría intervención especial e identificación de rutas útiles para la construcción de estaciones intermedias sobre la red. También se recopila información acerca de los actuales medios de transporte que inciden directamente en la llegada de usuarios a la ciudad provenientes de poblaciones aledañas.(Ujueta, Alvarado y Plazas 2016)

- **FASE 3: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Con la información encontrada y recopilada, se realiza el respectivo análisis sobre las problemáticas a resolver con prioridad. Con la infraestructura existente se realiza el análisis respectivo sobre la posible utilización del sistema ferroviario para hacer parte del Sistema Integrado de Transporte Público con el mejoramiento y adaptación del mismo. De acuerdo con la cantidad de usuarios que puedan verse beneficiados con la implementación de trenes dentro de la ciudad, se evaluará la capacidad que tendrían los vehículos, así como características básicas de los mismos y el mejoramiento de los otros modos de transporte que cumplen con la misma función, como parte del complemento al sistema. Finalmente, se da a conocer el análisis correspondiente soportado con la información ya consignada.

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE INTEGRADO CON INCLUSIÓN DE SISTEMAS FERROVIARIOS DE LAS CIUDADES BARCELONA, BOSTON Y SANTIAGO.

El uso de transporte público surge como necesidad de conexión de una ciudad cuando esta crece en extensión y en densidad poblacional, es por esto que la organización de sistemas de transporte eficiente para la movilización masiva de pasajeros y la interconexión en cada uno de los puntos clave es esencial para el funcionamiento de una ciudad, pues en muchas ocasiones la zona comercial y operativa está alejada de las zonas residenciales. Las vías convencionales no dan abasto para la cantidad de vehículos particulares requeridos para la movilización de todos sus habitantes, por esto los sistemas de transporte masivo hacen parte de la solución integral que abarca elementos económicos, sociales, culturales, turísticos y operacionales.(Cal y Mayor y Cárdenas 2007)

Las ciudades referentes que han implementado soluciones en el transporte público evidencian crecimiento económico que se justifica por la organización de los sistemas de transporte público y cómo estos se distribuyen en las zonas críticas para facilitar su operatividad. La revisión de los componentes de cada uno de los sistemas, pueden mostrar las posibles medidas que se pueden tomar según las condiciones actuales de la ciudad de Bogotá. En esta recopilación se tienen en cuenta elementos como cantidad de modos de transporte existentes y cómo estos se interconectan (intermodalidad o multimodalidad) en sus funcionamientos, movilización de pasajeros, facilidad de uso, área que cubren estos sistemas y costos anuales de operación.

La ciudad de Barcelona, España es una de las referentes a nivel mundial en la inclusión de trenes, no solo metropolitanos sino de alta velocidad y de cercanías en sus sistemas de movilidad de pasajeros, por lo cual será el componente europeo del estudio.

Las ciudades estadounidenses y su larga historia con líneas de trenes de carga y soluciones metropolitanas de movilización de pasajeros, al ser uno de los países con mayor popularidad en inversiones, trabajo, turismo, entre otros, el crecimiento de la población hizo que la tecnología en trenes no se quedara atrás, por lo cual es un referente en el transporte mundial. Al contar con 12 ciudades que poseen sistemas de trenes metropolitanos, y al tener uno de los más grandes en el mundo (New York), Estados Unidos es uno de los países referentes en el tema de tecnologías para el transporte público.

A pesar de esto, en ciudades como New York, Chicago y Boston con grandes áreas metropolitanas, las vías no dan abasto por lo cual se recurre

a la inclusión de sistemas férreos en sus transportes públicos. El sistema de transporte público de la ciudad de Boston es calificado como uno de los mejores por su eficiencia y versatilidad en los modos a que puede recurrir el usuario.

Como tercera medida, se tiene un componente latinoamericano en el estudio a realizar. Según el estudio “The future of Urban Mobility” realizado por la Unión Internacional de Transporte Público (UITP) la ciudad de Santiago (Chile) es la mejor posicionada (30) a nivel Latinoamérica en transporte público seguida por la ciudad de Bogotá (32) por lo cual es la más indicada para realizar este análisis.

2.1. BARCELONA

La ciudad de Barcelona cuenta con un área metropolitana de 3.271 km² y una población estimada de 5.400.000 habitantes como se observa en la ilustración 4, siendo la segunda ciudad más poblada de España y dentro de las ocho ciudades con mayor densidad poblacional en Europa.(Ministerio de Fomento 2015)

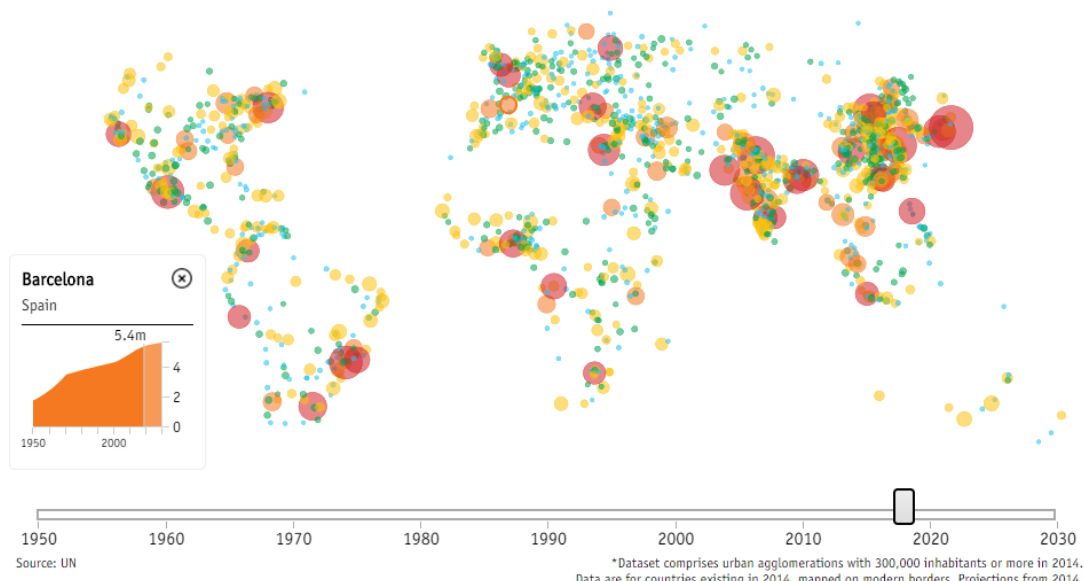


Ilustración 4 Estimación poblacional ciudad de Barcelona 2018
Fuente: (THE DATA TEAM 2015)
Año: 2018

Según la tabla de tráfico global (The INRIX 2017 Global Traffic Scorecard) la ciudad de Bogotá está posicionada como la quinta ciudad con el mayor tráfico del mundo, mientras la ciudad de Barcelona aparece como la 213, lo que indica que, a pesar de su gran área metropolitana, posee un manejo del tráfico eficiente.(INRIX 2017)

La ciudad de Barcelona cuenta con seis sistemas de transporte público y turístico como Tren metropolitano, Tren de cercanías, Tranvía, Funicular, teleférico, Golondrina o ferry y Autobús (bus convencional y BTR). La unidad gestora TMB (Transportes Metropolitanos de Barcelona) es la encargada del manejo de las empresas de transporte público (Tren metropolitano, Autobuses y sistema turístico) y su área metropolitana.

El sistema convencional de autobuses de Barcelona posee una flota compuesta por más de 1000 vehículos que circulan en aproximadamente 80 rutas, que abarcan la extensión de la ciudad de Barcelona y sus alrededores. En su horario habitual, las líneas operan desde las 4:25 am y finalizan cerca de las 11:00 pm, mientras que el autobús nocturno conocido como Nit bus opera entre las 11:00 pm y las 6:00 am.



Ilustración 5 Red Ortogonal de Autobuses de Barcelona Fuente:(Transportes Metropolitanos de Barcelona 2018) Año: 2018

El sistema tipo BTR de la ciudad de Barcelona conocido oficialmente como Red Ortogonal de Autobuses de Barcelona cuenta con un total de 20 líneas que se ampliarán a 28 líneas como se muestra en la ilustración 5. Estas se clasifican en 11 verticales (V3, V5, V7, V11, V13, V15, V17, V21, V27, V29 y

V31) siete horizontales (H4, H6, H8, H10, H12, H14 y H16) y dos diagonales (D20 y D40). Algunas de las rutas poseen uno o varios intercambiadores entre el sistema BTR, Tren metropolitano, tren de cercanías, RENFE, entre otros.

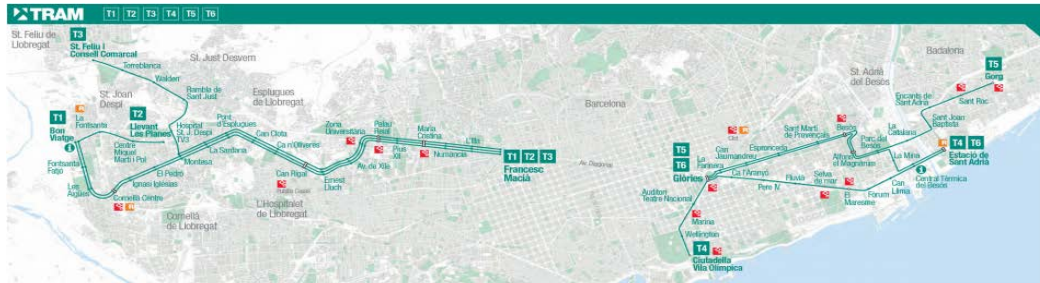


Ilustración 6 Sistema Tram de Barcelona
Fuente: (TRAM 2018)
Año: 2018

El tranvía de Barcelona opera mediante la empresa TRAM en dos redes (Trambaix y Trambesòs). Cuenta con 55 estaciones y seis líneas (T1, T2, T3, T4, T5, T6), tres en cada red plasmada en la ilustración 6. Su funcionamiento de domingo a jueves es entre las 5:00 am y 12:15 am, los días viernes y sábados se amplía hasta las 3:00 am.



Ilustración 7 Sistema de tren metropolitano de Barcelona
Fuente: (Transports Metropolitans de Barcelona 2018)
Año: 2018

El tren metropolitano de la ciudad de Barcelona fue construido en 1920, tiene una extensión de 146 kilómetros, con una red compuesta de 180 estaciones y 11 líneas. El metro de Barcelona opera de domingo a jueves desde las 5:00 am hasta las 12:00 pm. El día viernes este se amplía hasta las 2:00 am y el día sábado ofrece un servicio de 24 horas. El mapa general del sistema de tren metropolitano se muestra en la ilustración 7.

En Barcelona existen dos teleféricos. Uno de ellos es el Teleférico del Puerto, que comunica al Puerto de Barcelona hasta el mirador de Miramar con un recorrido de 1.292 m a aproximadamente 70 m de altura. La otra línea de teleférico es Montjuïc que abarca desde la montaña de Montjuïc hasta el Castillo del mismo nombre que se eleva a 100 m de altura. Cabe resaltar que estos teleféricos tienen uso netamente turístico.

Según el informe de gestión del 2015 de la empresa TMB, la cantidad de pasajeros que movilizó el sistema metropolitano en el año 2015 se incrementó en 2,5% respecto al año anterior. Es decir, alcanzó la cifra de 385 millones de pasajeros aproximadamente, esto se evidencia en la tabla 7 recopilada desde la página oficial de la empresa TMB.

Viajeros transportados en TMB (en millones)

(Cifras en millones)	2015	2014	Dif.	%
Total Ferrocarril Metropolità de Barcelona	385,002	375,722	9,280	2,5
Red de Bus	182,255	178,346	3,909	2,2
Bus Turistic	5,361	5,751	-0,390	-6,8
Tramvia Blau	0,171	0,216	-0,044	-20,6
Total Transportes de Barcelona	187,787	184,313	3,474	1,9
Total TMB	572,789	560,035	12,754	2,3

Tabla 7 Viajeros transportados en TMB
Fuente:(TMB Transports Metropolitans de Barcelona 2015)
Año: 2018

Se demuestra que la calidad del servicio y la eficiencia en la logística del manejo del mismo, hace que el sistema de tren metropolitano de la ciudad de Barcelona sea cada vez más utilizado de forma local y turística.

La red de cercanías de Barcelona hace parte del sistema de transporte público encargada de la movilización de pasajeros del área metropolitana. Cuenta con 15 líneas, cuenta con 615 km para FGC y 462,7 km para RENFE. Esta ópera mediante dos empresas, la empresa FGC es la encargada de las líneas S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, R5, R6, R50 y R60, estas rutas tienen origen algunas en la plaza Cataluña y otras en la plaza España, dependiendo la línea. La empresa RENFE está encargada de las líneas R1, R2, R2nord, R2sud, R3, R4, R7 y R8 que operan en las

lado, la cantidad de pasajeros transportados en las líneas metropolitanas de FGC en el año 2017 fue de 81,4 millones según la tabla 9 tomada del informe anual de la empresa FGC.

LINIES METROPOLITANES	
Longitud de linies (km)	186
Estacions	78
Unitats de tren	90
Locomotores de mercaderies	8
Vagons de mercaderies	137
Viatgers transportats (milions)	81,4
Tones transportades	604.054
Ingressos de l'activitat (MEUR)	92,40
Plantilla mitjana	1.301,57

Tabla 8 Líneas metropolitanas FGC
Fuente:(FGC 2017)
Año: 2018

VIAJEROS	Miles de viajeros		Variación 2015/2014 (%)
	2015	2014	
MADRID	227.804,0	229.100,5	-0,6
BARCELONA	106.610,4	105.152,2	1,4
VALENCIA	15.860,1	17.082,8	-7,2
BILBAO	10.183,1	10.091,7	0,9
MÁLAGA	9.913,8	9.598,4	3,3
SEVILLA	7.481,9	7.659,8	-2,3
SAN SEBASTIÁN	6.151,7	6.262,4	-1,8
MURCIA	3.728,5	3.858,6	-3,4
ASTURIAS	5.138,0	5.163,8	-0,5
CÁDIZ	2.802,6	2.915,5	-3,9
SANTANDER	670,0	719,6	-6,9
ZARAGOZA	292,1	298,1	-2,0
P.VASCO AM	1.065,8	1.106,8	-3,7
ASTURIAS AM	2.309,7	2.445,1	-5,5
CANTABRIA AM	3.196,2	3.295,8	-3,0
GALICIA AM	76,5	82,8	-7,6
C.-LEÓN AM	170,8	184,2	-7,3
MURCIA AM	292,9	302,9	-3,3
TOTAL	403.748,0	405.321,0	-0,4

Tabla 9 Viajeros transportados por RENFE en Barcelona
Fuente:(RENFE 2015)
Año: 2018

En tanto a tecnologías y facilidades de uso, el sistema de transporte de Barcelona cuenta con aproximadamente 30 aplicaciones para teléfonos móviles en la página de Google Play, de las cuales una pertenece a la empresa TMB como ejemplo en la ilustración 10, en las cuales se muestran las rutas de metro y buses, y además calcula la ruta que desee tomar mediante localización del teléfono celular.

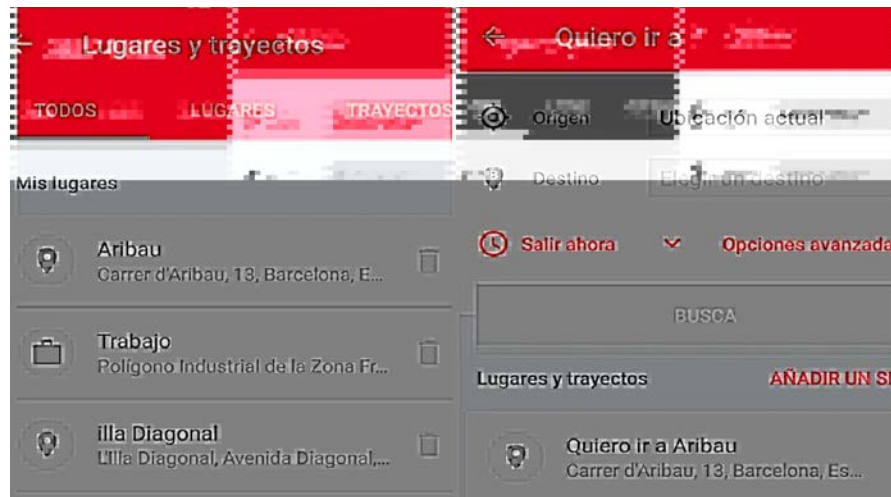


Ilustración 10 Aplicación móvil TMB

Fuente: (Google 2018a)

Año 2018

De igual manera, los usuarios disponen de la página web principal del TMB para realizar la consulta del viaje más viable, utilizando el sistema de ubicación de los dispositivos móviles o del computador, con las distintas opciones para realizar el recorrido en la red de autobuses, en tren metropolitano o la combinación de estos a través del modelo intermodal. En la ilustración 11 se evidencia la presentación del inicio de la página oficial de la empresa TMB.

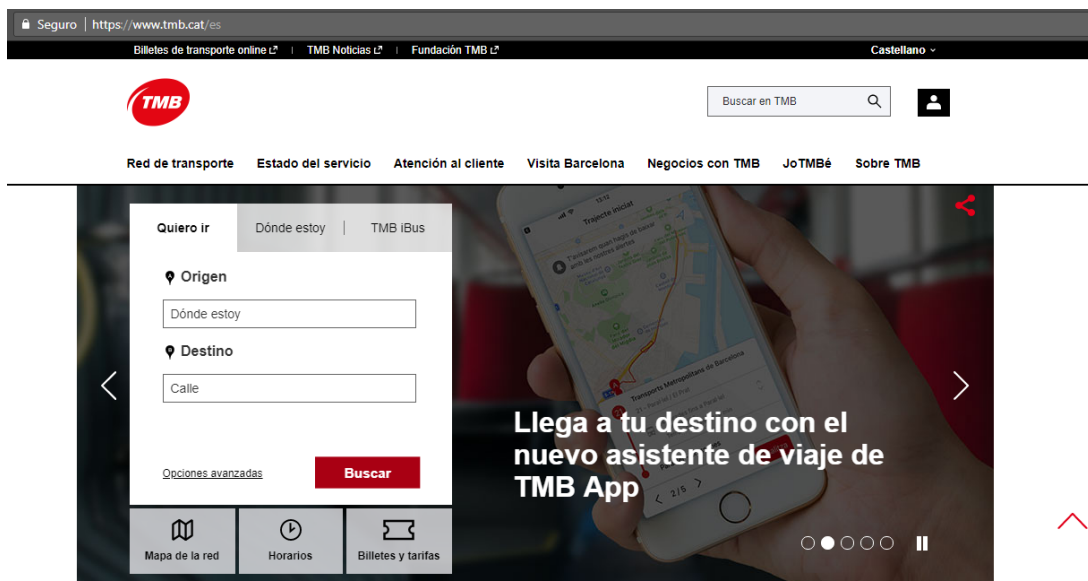


Ilustración 11 Presentación página oficial TMB

Fuente: (Transports Metropolitans de Barcelona 2018)

Año 2018

En ambas opciones el usuario puede conocer el horario de las rutas que empleará en su recorrido, así como la consulta de tarifas. A nivel tarifario, la empresa TMB cuenta con diferentes tipos de billetes, tarjetas y abonos multiviaje que pueden ser utilizados en uno o más viajes, según las necesidades de transporte de los usuarios. Los billetes sencillos son empleados en un solo trayecto en metro o bus de Barcelona. Estos tienen un valor de 2,20 €.

Por otro lado, existen 23 diferentes tipos de tarjetas y abonos al que el usuario tiene acceso para un determinado número de viajes o viajes ilimitados por un periodo específico, que están categorizadas para las necesidades de la mayor parte de los usuarios, como estudiantes, jóvenes, adultos mayores, personas en condición de discapacidad, en situación de desempleo e incluso para aquellos que han dejado el uso definitivo del vehículo particular a modo de incentivo por su compromiso medioambiental.

Estas tarjetas pueden ser adquiridas a través del gobierno local, según las condiciones a las que pueda aplicar el usuario; las tarifas preferenciales en el sistema de transporte de la ciudad de Barcelona pueden ser desde la gratuidad hasta abonos de 90 días que pueden utilizarse en todos los modos que dispone la ciudad desde 145,3 € por zona. El área metropolitana de Barcelona se divide en seis zonas tarifarias, desde el centro hasta los municipios de la periferia, a las que puede llegar el sistema completo con cualquier modo de transporte. Si el usuario requiere de transbordos, puede realizar hasta tres transbordos en cuatro modos y deberá comprar su abono según el número de zonas que abarcará su viaje, es decir, que puede ser de hasta seis zonas.

2.2. BOSTON.

En la cultura norteamericana, el uso del automóvil particular como medio de transporte dominante dificulta la utilización y modernización de los sistemas de transporte público, esto se evidencia en la tabla 10 con el estudio de la INRIX acerca del tráfico global, en la cual Boston ocupa la casilla 19, mientras Bogotá ocupa la casilla número seis. (INRIX 2017; Van Audenhove et al. 2014)

La ciudad de Boston cuenta con un área metropolitana de 12.105 km² y una población estimada de 4.400.000 habitantes como se muestra en la ilustración 12, siendo una de las 10 ciudades más pobladas de Estados Unidos y uno de los primeros asentamientos urbanos luego de la conquista inglesa. (U.S. Department of Commerce 2005)

















 Sao Paulo	4 (6)
 San Francisco, CA	5 (4)
 Bogota	6 (5)
 London	7 (7)
 Magnitogorsk	8 (8)
 Yurga	9 (-)
 Atlanta, GA	10 (9)
 Aerodromnyy	11 (-)
 Paris	12 (10)
 Caracas	13 (13)
 Miami, FL	14 (11)
 Kansk	15 (20)
 Bangkok	16 (12)
 Jakarta	17 (22)
 Washington, DC	18 (15)
 Boston, MA	19 (18)

Tabla 10 Global Traffic Scorecard
Fuente:(INRIX 2017)
Año: 2018

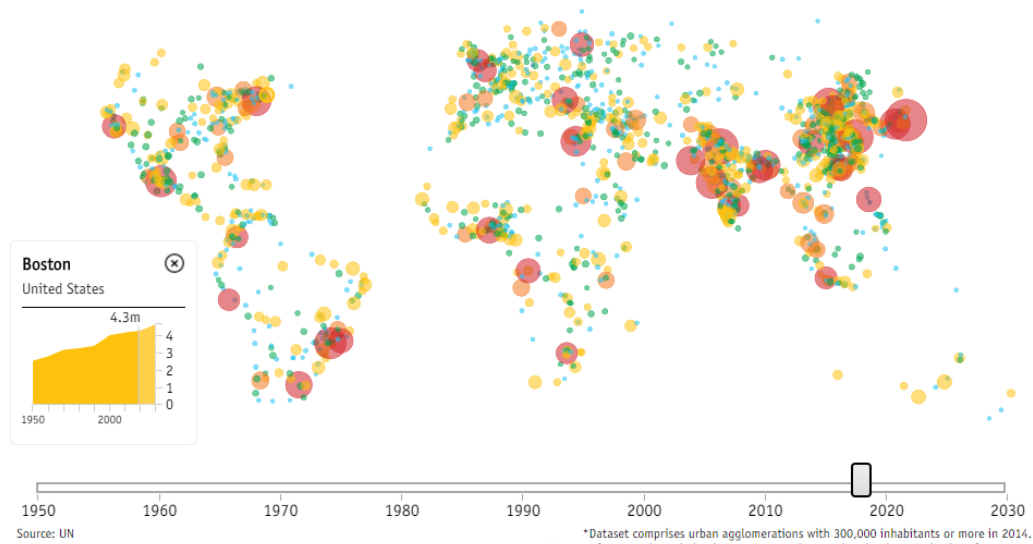


Ilustración 12 Estimación poblacional ciudad de Barcelona 2018
Fuente: (THE DATA TEAM 2015)
Año: 2018

En este caso se estudia la ciudad de Boston y su área metropolitana por tener uno de los transportes más antiguos, eficientes y diversos en el tema de movilidad. Además de esto al ser una ciudad costera y académica, su población flotante en el área metropolitana incrementa. Boston cuenta con sistema de tren metropolitano, Autobuses convencionales y sistema BTR (línea Plateada), Tren de cercanías (Commuter Rail) y sistema ferry con dos rutas (Boston-Chaslestown y Boston-Hingham/Hull). El sistema de transporte público de la ciudad es operado por una única empresa estatal llamada Massachusetts Bay Transportation Authority (MBTA) que controla y supervisa los sistemas mencionados.

El transporte público de la ciudad de Boston se centra en el sistema metropolitano de trenes que cuenta con cuatro líneas (Naranja, Roja A, Roja B, verde B, verde C, verde D, verde E y azul) y 121 estaciones que se interconectan entre sí. El horario del sistema es de lunes a sábado entre 5:00 am hasta 1:30 am aproximadamente dependiendo la línea, domingo de 5:30 a 1:30 am. En mapa general del sistema de transporte de la ciudad de Boston se puede observar en la ilustración 13, en la cual se enfatiza en el sistema de tren metropolitano.

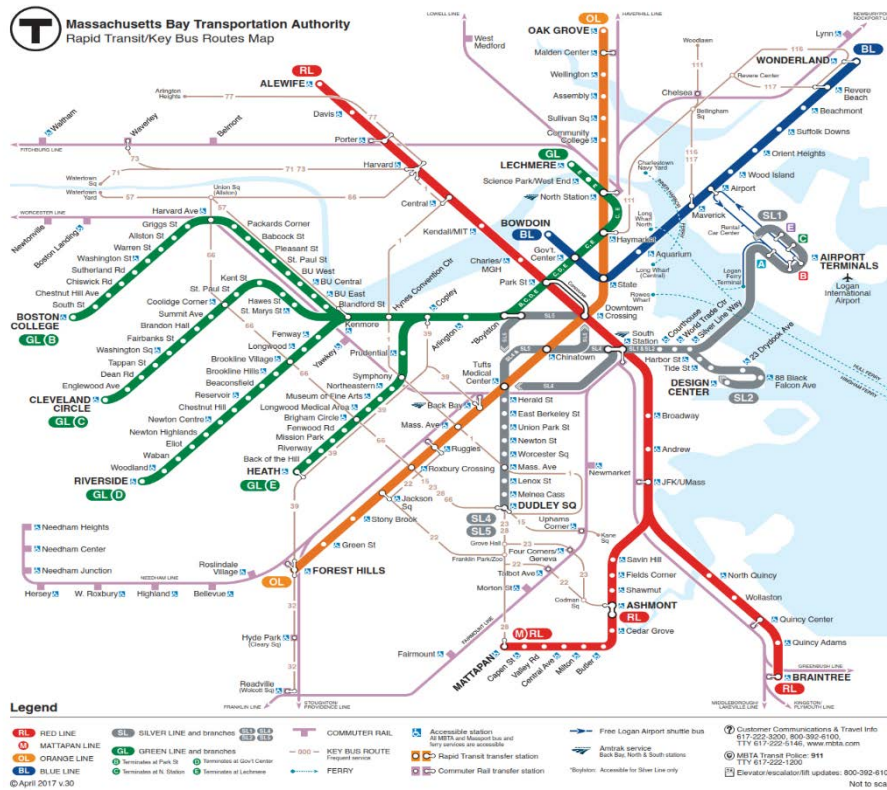


Ilustración 13 Sistema de transporte (Metro) Boston, Massachusetts
Fuente: (MTBA 2018b)
Año: 2018

La inclusión de sistema BTR (denominada línea plata) con 22 estaciones y dos secciones (SL1 de Roxbury a South Station y SL2 del aeropuerto a South Station) y más de 50 buses en la zona, esta línea cuenta con una tarifa especial y distinta a la del sistema de trenes metropolitanos y los autobuses. El horario es el mismo al del sistema metro, pues es complementario.

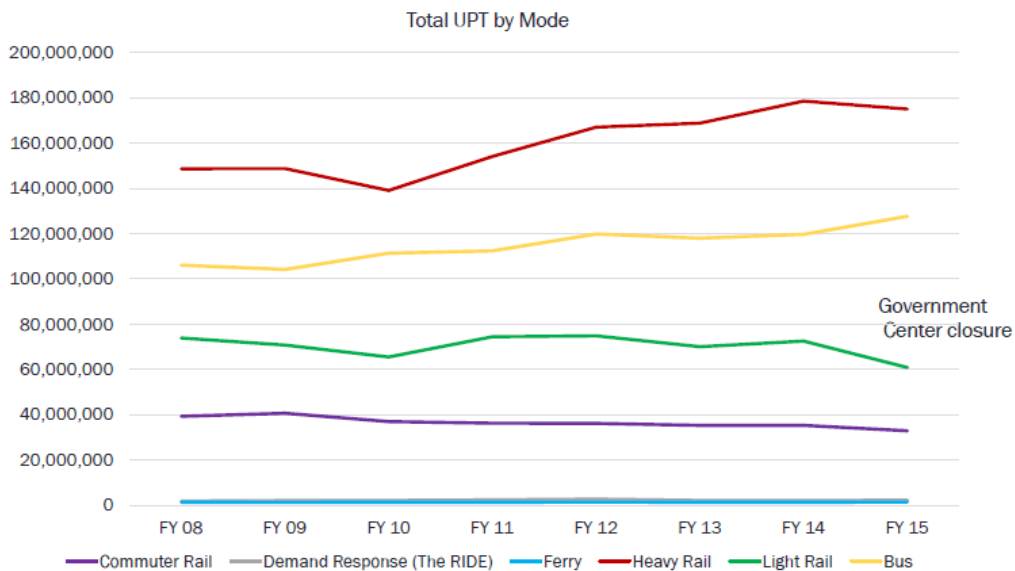
El sistema de autobuses del área metropolitana de Boston abarca aproximadamente 170 rutas de autobuses que transitan en conjunto con la ciudad de Cambridge la cual hace parte de su área metropolitana y en donde se concentra la mayor cantidad de población estudiantil. El horario del sistema varía lunes a sábado de 5:00 am a 1:30 am, domingo de 5:30 a 1:30 am dependiendo la zona y ruta.



Ilustración 14 Sistema de transporte (Commuter Rail) Boston, Massachusetts
Fuente:(MTBA 2018b)
Año: 2018

El tren de cercanías o Commuter Rail es uno de los medios de transporte más utilizados para minimizar tiempos de recorrido por la ciudad y su área metropolitana, cumplir con la interconexión del área metropolitana de Gran Boston, el estado de Rhode Island y el este del estado de Massachusetts, pues este tiene más alcance en distancia que el sistema de tren metropolitano. Este cuenta con 641 km de longitud, 12 líneas (siete hasta South Station y 5 hasta North Station) y 138 estaciones. Estas rutas tienen un estricto horario de lunes a viernes que inicia aproximadamente a las 5:30 am hasta 11:00 pm con una frecuencia de 30 a 45 minutos dependiendo la franja horaria y los sábados y domingos a partir de las 7:30 hasta las 11:00 pm con una frecuencia de 1 hora. La tarifa de este sistema es diferente al del tren metropolitano y autobús convencional por el alcance, la capacidad y la eficiencia que tiene con las zonas críticas del área de Gran Boston y otros lugares estratégicos. La red de este sistema se evidencia en la ilustración 14.

Trends differ by mode



Source: NTD, MBTA AFC system w/ adjustment for 2015 Bus (AFC = Automated Fare Collection)

Ilustración 15 Pasajeros transportado por año según modo de transporte

Fuente: (Massachusetts Bay Transportation Authority 2017)

Año: 2018

En el tema de transporte de pasajeros, se observa en la ilustración 15 el número de personas transportadas anualmente por cada uno de los sistemas. El sistema de tren metropolitano evidencia el mayor uso con aproximadamente 180 millones de usuarios seguido por el transporte por bus convencional con 130 millones, observando que en el año 2015 tuvo el mayor crecimiento frente a los otros sistemas. El sistema BTR identificado

en este estudio como Light Rail es el que mayor decrecimiento con 60 millones y el Commuter Rail se ha mantenido constante con 40 millones, manejan una tarifa diferente a la de los otros sistemas, lo cual explicaría según la ilustración una reducción en sus usuarios anuales, sumado a las mejoras realizadas en los últimos años a los sistemas convencionales.

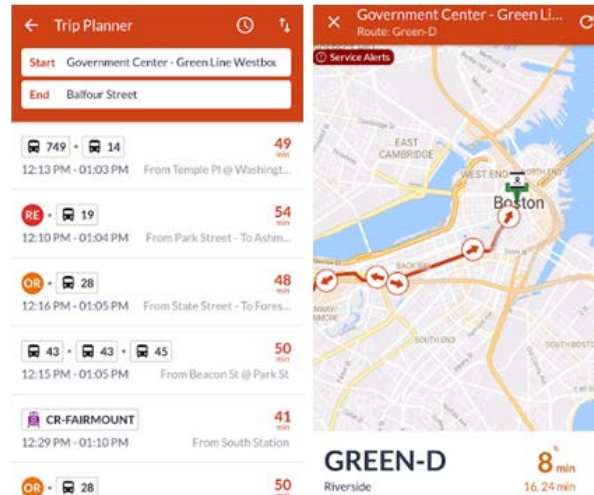
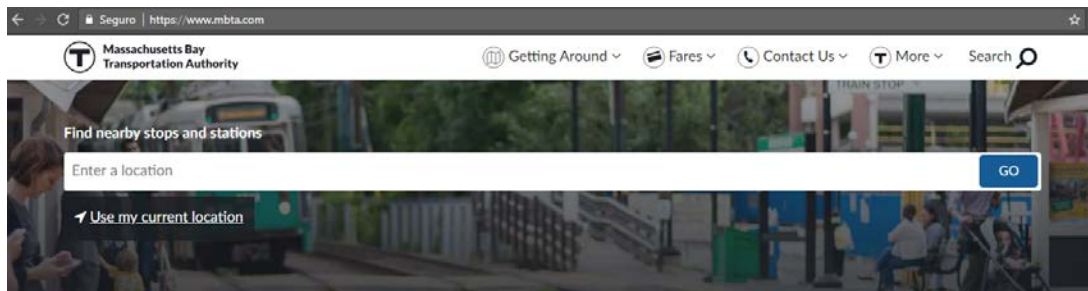


Ilustración 16 Aplicación Boston Transit
Fuente:(Google 2018b)
Año: 2018

Las herramientas tecnológicas que dispone el usuario para realizar un recorrido óptimo mediante los distintos modos de transporte que dispone la ciudad, puede efectuarse a través de diferentes aplicaciones móviles como “MBTA mTicket”, “MBTA Boston Bus Tracker”, entre otras. Sin embargo, la aplicación más popular y utilizada en la ciudad es “Boston Transit” mostrando la información básica en la ilustración 16.












Schedules and Maps

Ilustración 17 Página principal MBTA
Fuente:(MTBA 2018b)
Año: 2018

Además de la plataforma de la página principal del MBTA mostrada en la ilustración 17, que ofrece una sección para ubicar la estación de origen y el






destino deseado con el sistema GPS del que dispone el usuario a través de su dispositivo móvil o computador.

Las tarifas para el metro y el bus convencional pueden pagarse por distintos métodos como dinero en efectivo, CharlieTicket (funciona como billete recargable), estas dos se utilizan diariamente y la tarjeta CharlieCard, la cual se puede recargar diariamente, semanalmente o mensualmente. El modelo intermodal del sistema permite al usuario hacer transbordo entre el metro y el autobús sin cobros adicionales, mientras el usuario se mantenga en el sistema hasta dos horas, las tarifas se muestran en la ilustración 18.

Subway One Way  		Local Bus One Way 	
CharlieCard	\$2.25	CharlieCard	\$1.70
CharlieTicket or Cash	\$2.75	CharlieTicket or Cash	\$2.00
7-Day Pass    		Monthly LinkPass  	
CharlieCard or CharlieTicket	\$21.25	CharlieCard or CharlieTicket	\$84.50

*Ilustración 18 Tarifas Subway y Bus Convencional
Fuente:(MTBA 2018)
Año: 2018*

La línea Silver y el Commuter Rail tienen una tarifa diferencial, basado en zonas que se puede usar diariamente y mensualmente, en la ilustración 19 se observan las tarifas.

Commuter Rail One Way 		Commuter Rail Monthly Pass	
Zones 1A-10	\$2.25 - \$12.50	   	Zones 1A-10
			\$74.50 - \$398.25

*Ilustración 19 Tarifas Commuter Rail
Fuente:(MTBA 2018)
Año: 2018.*

2.3. SANTIAGO

El sistema de transporte público de Santiago abarca un área metropolitana conocida como Gran Santiago de 2.353 km². Esta región cuenta con una población estimada de siete millones de personas como se identifica en la ilustración 20, según el último censo nacional realizado en 2017. La provincia de Santiago está dividida en 32 comunas.

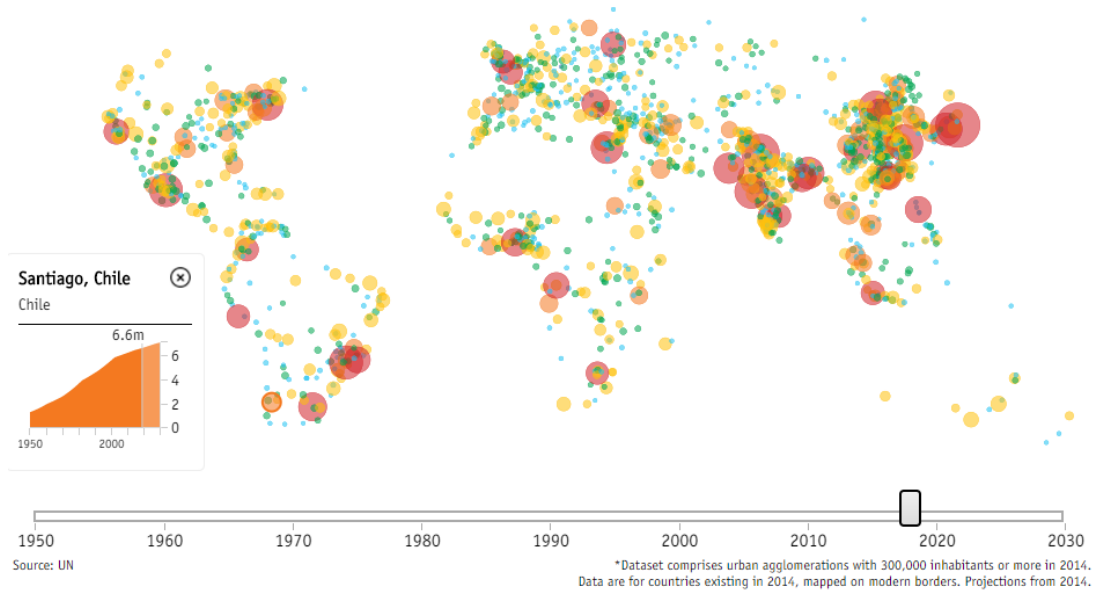


Ilustración 20 Estimación poblacional ciudad de Santiago 2018
Fuente: (THE DATA TEAM 2015)
Año: 2018



Ilustración 21 Cobertura de Metro, Buses y MetroNos en el área de Gran Santiago
Fuente:(Directorio de Transporte Público Metropolitano 2017)
Año: 2018

Santiago cuenta con tres tipos de transporte público (Autobuses, Metro y MetroNos), según el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) que es la entidad estatal del control del sistema de transporte público de la ciudad de Santiago y su área metropolitana. Estos sistemas son operados de forma integral a nivel tarifario y logístico por la empresa TranSantiago, se observa en la ilustración 21 la cobertura de las líneas de metro, los autobuses y el sistema MetroNos.

El sistema de tren metropolitano de la ciudad de Santiago cuenta con seis líneas (1, 2, 4, 4ª, 5 y 6) y 118 estaciones que se interconectan entre sí, la red tiene 119 km de longitud, tiene aproximadamente 202 trenes y transporta un aproximado de 519 millones de viajes anualmente. El horario del sistema es de lunes a viernes de 6:00 am a 11:00 pm, el sábado de 6:30 am a 11:00 pm y el domingo de 8:00 am a 10:30 pm. El mapa general del sistema se identifica en la ilustración 22.



Ilustración 22 Plano Red Metro

Fuente: (Santiago 2017)

Año: 2018

El sistema de autobuses cuenta con un parque automotor aproximado de 6.700 vehículos con rutas más extensas a las del Metro y en amplitud de

horarios de 24 horas funcionando. La cantidad de viajes anuales es de 528 millones.

MetroNos es una línea de tren suburbano de 20,3 km de extensión, dividida en 10 estaciones, con un estimado de 8,2 millones de personas transportadas desde marzo de 2017 cuando inicio la operación. Cuenta con una flota de 12 trenes con frecuencias de 6 a 15 minutos. (Directorio de Transporte Público Metropolitano 2017)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sistema						
Transacciones anuales (millones)	1.684	1.678	1.641	1.583	1.553	1.562
Promedio de transacciones en día laboral	5.307.685	5.595.675	5.499.232	5.304.674	5.200.631	5.298.120
Viajes anuales (millones)	1.087	1.094	1.077	1.047	1.037	1.051
Nº de unidades de negocio de buses	7	7	7	7	7	7
Nº de empresas concesionarias de buses	7	7	7	7	7	7
Otros operadores de transporte	1	1	1	1	1	2
Estaciones de Intercambio modal	6	6	6	6	6	6

Tabla 111 Resumen del Sistema de Transporte Público 2012-2017 DTP

Fuente: (Directorio de Transporte Público Metropolitano 2017)

Año: 2018

Según el informe anual de la empresa DTP del año 2017 mostrado en la tabla 11, las transacciones del sistema aumentaron con respecto al año anterior, por lo cual se aumentó el uso del sistema y la cantidad de viajes, pero con respecto al año 2012 se ve una disminución considerable del uso del sistema de transporte público de la ciudad de Santiago de Chile.





Por otro lado, existen aplicaciones móviles y canales de información que ayudan a la planificación de los viajes en el sistema Transantiago ubicando el punto de inicio y el punto de destino. El gobierno Chile ha desarrollado junto a empresas privadas las aplicaciones móviles “Itransantiago” y “TransantiagoMaster”, que se han convertido en las herramientas tecnológicas más utilizadas por los usuarios, en la ilustración 23 se muestra el inicio de la aplicación y las funciones con las que cuenta. En ellas se puede observar los mapas de las líneas de metro, autobús y, recientemente, MetroNos, los horarios de los mismo y trazar un recorrido idóneo para el usuario de un punto a otro, incluso utilizando uno o más modos de transporte que dispone el sistema público.



Ilustración 23 Aplicación para Android TransantiagoMaster
 Fuente: (Google 2018c)
 Año: 2018


Además, en la página web de Transantiago se dispone de la que se muestra en la ilustración 24 para ubicar los lugares de origen y destino para realizar un viaje, e incluso el tiempo que llegará una ruta de bus a un determinado paradero.

Planifica tu viaje

 Cuándo llega	 Paradas y Bip	 Cómo llegar	 Reclamos
---	--	--	---

Cuándo llega
 Conoce en cuánto tiempo llegará tu bus al paradero.

Paradero:



Recorrido (opcional):

Buscar Buses

Ilustración 24 Plataforma de planificación de viaje Transantiago
 Fuente: (Transantiago 2018)
 Año: 2018

Las tarifas vigentes para el sistema de transporte público en la ciudad de Santiago se manejan por franjas horarias según el flujo de pasajeros como se explican en las ilustraciones 25, 26 y 27. Además, el usuario puede realizar las diferentes combinaciones de modos de transporte según la franja horaria, que se refleja en las siguientes ilustraciones.



















Tarifas vigentes a partir del 19 de febrero de 2018		
Tarifa en Bus \$660		
Horario	Combinaciones	Tarifa Integrada
Horario Punta 07:00 - 08:59 hrs. 18:00 - 19:59 hrs.	 +  +  \$760 + \$0 + \$0	\$760
	 +  +  \$660 + \$100 + \$0	
	 +  +  \$760 + \$0 + \$0	
	 +  +  \$760 + \$0 + \$0	
	 +  +  \$660 + \$100 + \$0	
	 +  +  \$660 + \$0 + \$0	

Ilustración 25 Combinaciones de modos de transporte horario punta
Fuente: (Directorio de Transporte Público Metropolitano 2018)
Año: 2018



















Horario Valle 06:30 - 06:59 hrs. 09:00 - 17:59 hrs. 20:00 - 20:44 hrs.	 +  +  \$680 + \$0 + \$0	\$680
	 +  +  \$660 + \$20 + \$0	
	 +  +  \$680 + \$0 + \$0	
	 +  +  \$680 + \$0 + \$0	
	 +  +  \$660 + \$20 + \$0	
	 +  +  \$660 + \$0 + \$0	

Ilustración 26 Combinaciones de modos de transporte horario valle
Fuente: (Directorio de Transporte Público Metropolitano 2018)
Año: 2018























Horario Bajo 06:00 - 06:29 hrs. 20:45 - 23:00 hrs.	 +  +  \$630 + \$30 + \$0	\$660
	 +  +  \$660 + \$0 + \$0	
	 +  +  \$630 + \$0 + \$30	
	 +  +  \$630 + \$30 + \$0	
	 +  +  \$660 + \$0 + \$0	
	 +  +  \$660 + \$0 + \$0	
	 +  \$630 + \$0	
	 \$630	
	 \$630	

Ilustración 27 Combinaciones de modos de transporte horario bajo
 Fuente: (Directorio de Transporte Público Metropolitano 2018)
 Año: 2018

En resumen, en la siguiente tabla se encuentra expuestos los ítems principales de cada una de las ciudades expuestas anteriormente, con el fin de ser comparados entre sí:

	BARCELONA	BOSTON	
ÁREA METROPOLITANA	3271 km ²	12105 km ²	
POBLACIÓN	5400000	4400000	
MODOS DE TRANSPORTE	Metro Tren de cercanías Autobús Tranvía Ferry	Metro Autobuses convencionales y BTR Tranvía Ferry Tren de cercanías	
ENTIDADES OFICIALES ENCARGADAS	TMB, TRAM, FGC, RENFE	MBTA	
PASAJEROS TRANSPORTADOS (ANUALMENTE)	573010400	411000000	
TECNOLOGÍAS Y FACILIDADES DE USO	TMB App y Moovit	MBTA mTicket, MBTA Boston Bus Tracker, Boston Transit y Moovit	ltra
TARIFAS	<p>Billete sencillo: 2,20 € (\$7350 COP)</p> <p>Abonos hasta de 90 días, viajes ilimitados: 145,3 € (\$485000 COP)/zona (Según categoría)</p>	<p>Viaje en metro sencillo: US\$ 2,25 (\$6600 COP) ó US\$ 2,75 (\$7450 COP)</p> <p>Viaje en bus convencional: US\$ 1,70 (\$4600 COP) ó US\$ 2 (\$5400 COP)</p> <p>Pasaje semanal (todos los sistemas): US\$ 21,25 (\$57500 COP)</p> <p>Pasaje mensual (Metro y bus): US\$ 84,50 (\$228700 COP)</p> <p>Viaje en Commuter Rail sencillo: US\$ 2,25 (\$6100 COP)– US\$ 12,50 (\$33850 COP)</p> <p>Pasaje mensual (Todos los sistemas): US\$ 74,50 (\$201700 COP) - US\$ 398,25 (\$1078000 COP)</p>	<p>P;</p> <p>P;</p> <p>P;</p>

Tabla 12 Resumen información de datos de sistemas de transporte integrado con inclusión de sistemas ferroviarios de las ciudades Barcelona, Boston y Santiago

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

3. INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS CONDICIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO Y LAS VÍAS FERREAS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

La ciudad de Bogotá y su historia en transporte público se ha transformado progresivamente, desde el tranvía y una cantidad limitada de buses hasta el sistema actual de transporte. El crecimiento de la ciudad en los años 50's y 60's con la adhesión de municipios como Suba, Fontibón, Usaquén, Usme, Bosa y Engativá. En el año 1959 se constituyó la Empresa Distrital de Transporte Urbano (EDTU) que estableció 11 rutas y además Bogotá contaba con 37 empresas privadas. En los años 90's el uso de trolebuses desapareció completamente por el robo de cables y el uso de las líneas de operación que eran poco eficientes y las redes habían crecido de una manera poco uniforme, por lo cual se liquidó la EDTU y se dio paso al sector privado.

En el año 1999 surge Transmilenio como una opción de mejora de movilidad a corto plazo, la cual incluía sector privado y público en su funcionamiento. El sistema solucionó en su momento los problemas de transporte, pero el rápido crecimiento poblacional generó colapsos, hasta generar deficiencias en la operatividad del sistema y no ser suficiente para la demanda de pasajeros de la ciudad de Bogotá.

El SITP se puso en marcha en el año 2006 con un sistema similar al de Transmilenio, pero aún no ha condicionado en su totalidad las rutas y los buses con el sistema antiguo, por lo cual ha tenido varias críticas en su funcionamiento y en la contratación del personal. (Crosby, Castro y Díaz 2016)

En este capítulo se realiza una revisión inicial de las condiciones del sistema de transporte público actual con las proyecciones próximas que tiene la ciudad de Bogotá, además de esto se revisa al estado actual de las vías férreas existentes, las condiciones que requiere cada uno de los elementos de una vía férrea para funcionar adecuadamente.

3.1. CONDICIONES ACTUALES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN BOGOTÁ.

3.1.1. Tipos de sistemas existentes.

- **Sistema de servicios urbanos zonales:** El sistema en la actualidad cuenta con servicios urbanos de buses zonales que conectan los sectores suburbanos con los sectores comerciales de la ciudad a través de los corredores viales principales de la ciudad de Bogotá. Se caracterizan por ser buses de color azul, transitan en carriles mixtos y

circulan de forma similar a las rutas tradicionales. El sistema de pago se realiza directamente en la entrada del vehículo a través de la tarjeta del sistema “TuLlave” y solo se detienen para el abordaje y la llegada a destino en los paraderos definidos en los corredores viales de cada ruta. Los tipos de vehículos que circulan por la ciudad dependen de la demanda de pasajeros y horario en cada ruta. Los buses convencionales operan en 453 rutas urbanas a lo largo de toda la ciudad. En la ilustración 28 se muestran los vehículos utilizados en el sistema actual de transporte.



Ilustración 28 Vehículos de servicios urbanos
Fuente: (SITP 2012b)
Año: 2018

- **Sistema de servicios BTR con troncales:** Los tipos de vehículo BTR que operan para Transmilenio son buses articulados y biarticulados como se muestra en la ilustración 29 que únicamente se detienen en las estaciones y circulan por carriles exclusivos en los principales corredores de la ciudad.



Ilustración 29 Vehículos troncales
Fuente: (SITP 2012c)
Año: 2018

Los buses articulados son vehículos con capacidad promedio de 160 pasajeros. Mientras que los buses biarticulados tienen capacidad de 250 pasajeros en una longitud de 27,2 m.

El sistema actual de Transmilenio cuenta con 138 estaciones y 9 portales que se distribuyen en las principales avenidas de la ciudad, se caracterizan según las letras del abecedario (de la A a la M actualmente), la ilustración 31 muestra el mapa general con las proyecciones del sistema. Existen 117 rutas que y las rutas se nombran según el destino y adicionalmente un número consecutivo que lo diferencia según el tipo de servicio (rutas fáciles, rutas convencionales y servicios exprés).



Ilustración 30 Vehículos duales
Fuente: (SITP 2012c)
Año: 2018



Ilustración 31 Mapa general del sistema Transmilenio
Fuente: (Transmilenio S.A. 2017)
Año: 2018

Cabe resaltar que el corredor M comprendido desde el portal Museo Nacional hasta la estación de servicio urbano Hacienda Santa Bárbara funciona con buses duales mostrados en la ilustración 30 (Buses para ingreso desde estaciones convencionales BTR y estaciones de servicio urbano).

- **Sistema de servicios complementarios:** Los buses complementarios funcionan de la misma manera que los servicios zonales, pero se movilizan en algunos lugares aledaños a los accesos peatonales de las estaciones del servicio troncal, algunos portales u otros accesos. Existen 27 rutas complementarias que se distribuyen a lo largo de la ciudad. En la ilustración 32 se observan los tipos de vehículos utilizados para este tipo de servicios con su capacidad de pasajeros.

Bus de 80 pasajeros



Bus de 50 pasajeros



Ilustración 32 Vehículos de servicios complementarios
Fuente: (SITP 2012a)
Año: 2018

- **Sistema de servicios públicos especiales:** Los buses de servicios público especiales que se muestran en la ilustración 33 se movilizan desde y hacia las zonas periféricas de la ciudad. Se caracterizan por

ser de color vinotinto, existen 16 rutas especiales que se distribuyen a lo largo de la ciudad.

Microbús



Ilustración 33 Vehículos de servicios especiales
Fuente: (SITP 2015b)
Año: 2018

- **Sistema de servicios alimentadores:** Los servicios alimentadores se movilizan entre los portales o estaciones del sistema troncal y sus zonas aledañas en paraderos establecidos. El recorrido del sistema es circular y el pago se incluye en el abordaje del sistema troncal. Se caracteriza por ser de color verde. Existen 112 rutas alimentadoras que se distribuyen a lo largo de los nueve portales y siete portales intermedios. El tipo de vehículo que se utiliza para este servicio es mostrado en la siguiente ilustración y cuenta con una capacidad de 80 pasajeros.



Ilustración 34 Vehículos de servicios alimentadores
Fuente: (SITP 2015b)
Año: 2018

- **Sistema de autobuses urbanos provisionales:** Los servicios y las rutas que aún no se han acogido al sistema funcionan de manera convencional con pago en efectivo en la entrada y con un mínimo control por parte de las empresas privadas que aun los operan. Existen 136 rutas de SITP provisional que desaparecerán en un periodo de 3 años. El 15 de marzo de 2018 se inició el desmonte gradual que busca renovar el sistema convencional de pagos para un control adecuado del sistema. (El espectador 2018)

3.1.2. Tarifas generales del sistema actual de transporte público

El sistema implementado de transporte existente funciona con registradora con torniquete y tarjetas recargables. Las tarjetas azules (llamada monedero) y rojas (tarjeta frecuente) dejaron de ser expedidas desde el año 2014 y han sido remplazadas progresivamente por la tarjeta de color verde llamada “TuLlave”, la cual se puede personalizar para obtener beneficios en el préstamo de saldo, descuento en transbordos y recuperación del crédito en caso de pérdida. Estas tarjetas se pueden recargar desde \$50 pesos a \$144.000 pesos. En la ilustración 35 se muestran las tarjetas del sistema.



Ilustración 35 Tarjetas de ingreso al sistema de transporte

Fuente: (Radio 316 2018)

Año: 2018

La tarifa general de los sistemas troncales es de \$2300 pesos cobrados por viaje en los portales y estaciones y de los servicios urbanos es de \$2100 pesos, se pueden realizar hasta 2 transbordos durante 95 minutos con la tarjeta personalizada y el cobro de estos es de \$0 pesos en sistemas zonal-zonal o troncal-zonal y de \$200 de sistemas zonales a sistemas troncales, con las demás tarjetas se cobra la tarifa plena por viaje. Además de esto existe descuentos y subsidios para adultos mayores de 62 años, personas con discapacidad y dependiendo del puntaje del Sisben³. Los sistemas provisionales tienen una tarifa por viaje de \$1400 a \$1750 que se paga al ingresar al bus.

3.1.3. Estadísticas generales del sistema de transporte público.

La ciudad de Bogotá cuenta con un Sistema Integrado de Transporte Público, que se ha implementado a lo largo de los últimos años y ha sido participe de estudios. Las estadísticas oficiales entregadas por el DANE y el

³ Sisben: Es el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales que, a través de un puntaje, clasifica a la población de acuerdo con sus condiciones socioeconómicas.(Departamento Nacional de Planeación 2014)

mismo Distrito, muestran el comportamiento del sistema en los últimos meses como parte del seguimiento de oferta y demanda del mismo.

Según la Subgerencia Técnica y de Servicios de la empresa Transmilenio, la cobertura del sistema de rutas de buses zonales es de 1795 km, 114,4 km en buses tipo BTR y 440 km para servicios alimentadores. El sistema de BTR cuenta en total con 139 estaciones regulares y 9 portales que sirven como terminal y patio garajes a lo largo de 12 corredores. El sistema de buses adscritos a SITP, cuenta con 7454 paraderos en 13 zonas de operación y una zona neutra como se muestra en la ilustración 36.



Ilustración 36 Distribución de zonas de operadores de buses SITP
Fuente: (SITP 2015b)
Año: 2018

A nivel de servicio, los buses BTR de Transmilenio poseen 95 servicios troncales y 22 servicios duales (buses híbridos), es decir buses que operan por fuera de los corredores viales exclusivos del sistema.

El comportamiento del parque automotor que se ha utilizado en la ciudad de Bogotá hasta el IV Trimestre del 2017, como lo muestra la Encuesta de Transporte Público del DANE mostrada en la ilustración 37, es variada respecto a la cantidad de pasajeros que demandan del sistema en general.

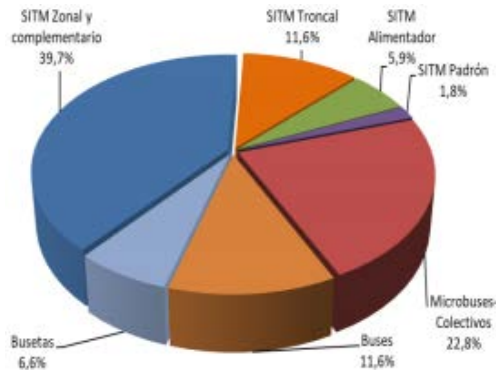


Ilustración 37 Distribución del parque automotor tradicional y SITP en Bogotá IV Trimestre 2017
Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017a)
Año: 2018

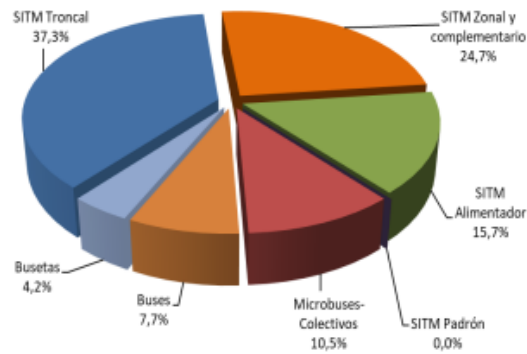


Ilustración 38 Distribución de la demanda de pasajeros según modo de transporte tradicional y SITP en Bogotá IV Trimestre de 2017
 Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2017a)
 Año: 2018

Si bien es cierto que las estadísticas oficiales del Distrito señalan que en los últimos meses el comportamiento de la demanda se ha reducido respecto al año anterior, se observa en la ilustración 38 que el parque automotor del sistema en la actualidad no es suficiente para la cobertura de los pasajeros, y por eso muchos de ellos empiezan a preferir el automóvil particular u otros medios alternativos para la movilidad en la ciudad.

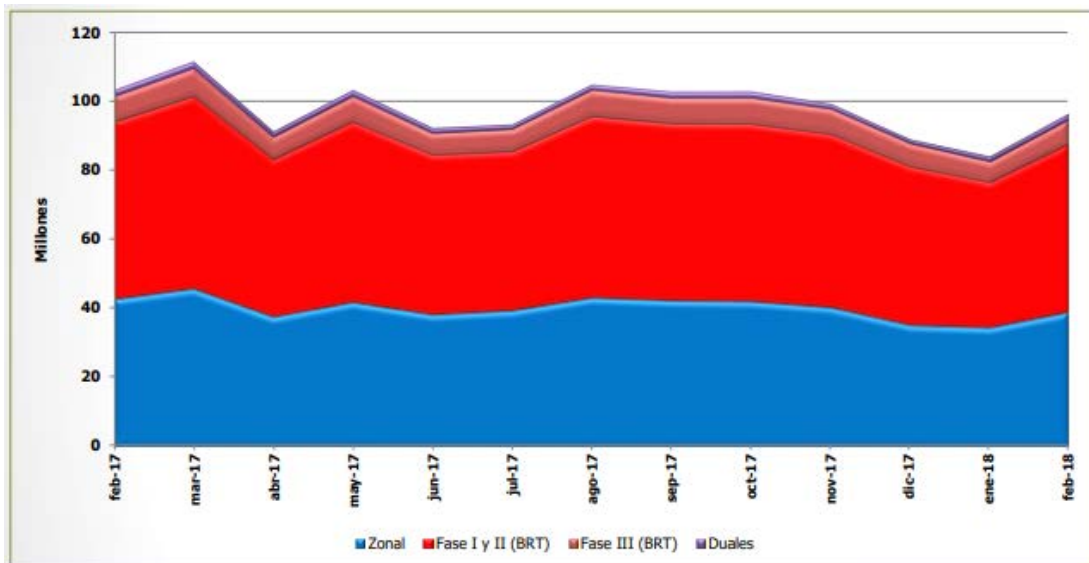


Ilustración 39 Demanda de pasajeros en millones de SITP
 Fuente: (Mojica 2018)
 Año: 2018

La cifra de pasajeros que ha logrado transportar el sistema de transporte público de la ciudad pocas veces supera los 100 millones por mes como se muestra en la ilustración 39. Por el contrario, existe un crecimiento de pasajeros transportados por el sistema de buses tradicionales (+1,3%), a

pesar de la reducción del parque automotor (-0,9%) respecto al mismo periodo del año anterior.

En un día común, el comportamiento de la cantidad de abordajes de pasajeros a los buses zonales del sistema se ha reducido en las horas tradicionalmente pico, comparando el mes de febrero de 2018 con febrero de 2017 como se muestra en la ilustración 40.

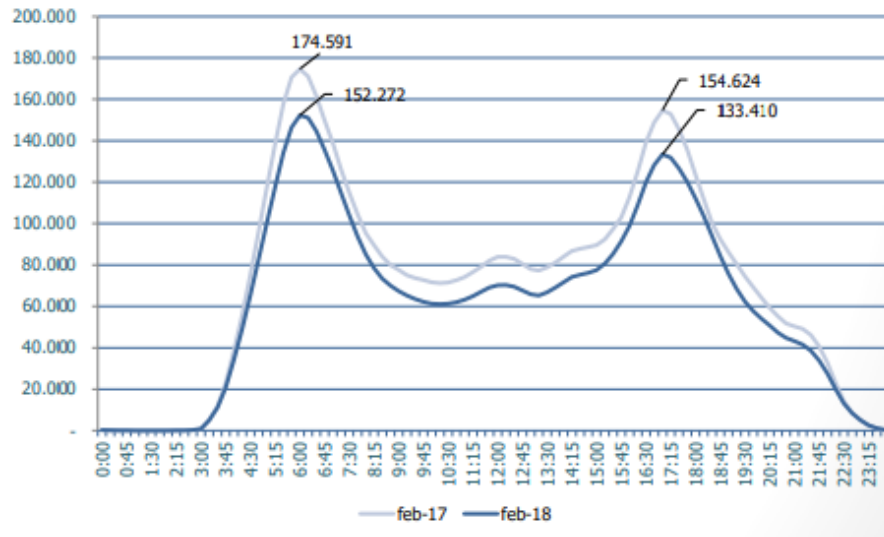


Ilustración 40 Demanda de pasajeros buses zonales febrero 2017 – febrero 2018
Fuente: (Mojica 2018)
Año: 2018

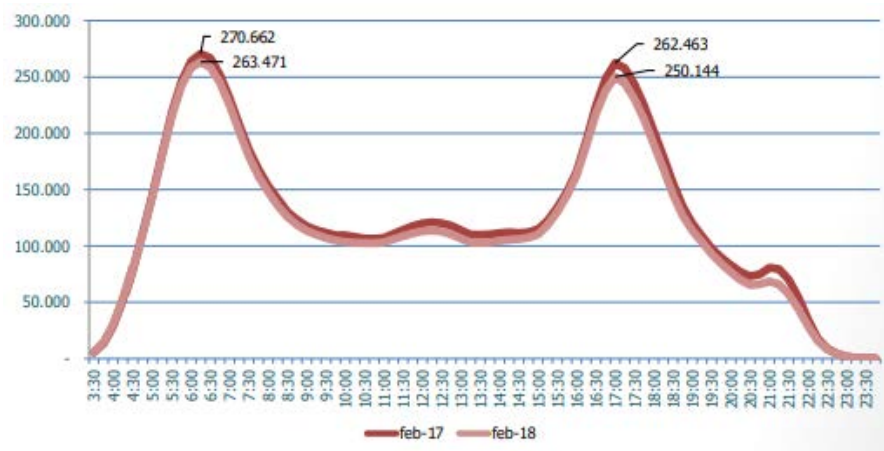


Ilustración 41 Demanda de pasajeros buses troncales febrero 2017 – febrero 2018
Fuente: (Mojica 2018)
Año: 2018

La reducción de la demanda de pasajeros es también evidente en el sistema troncal de los buses BTR de Transmilenio. Según el informe entregado por la Subgerencia Técnica y de Servicios de Transmilenio

plasmada en la ilustración 41, el comportamiento entre los meses año a año ha sido muy similar entre sí. Sin embargo, a febrero de 2018, los datos demuestran un comportamiento menor al comparativo del 2017.

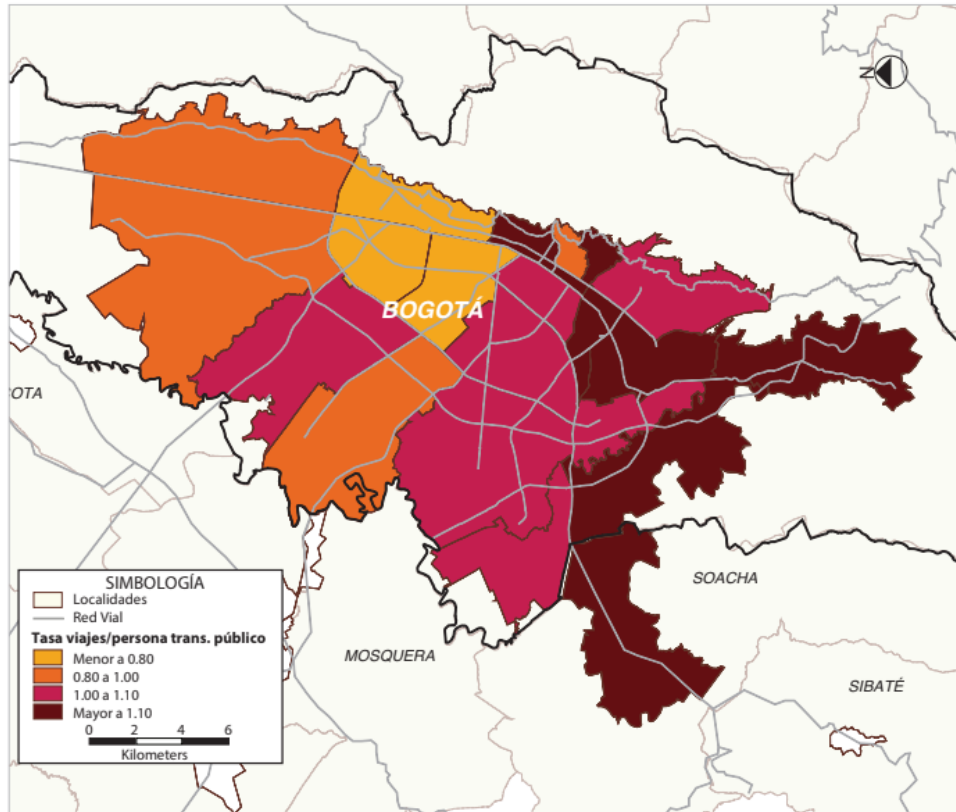


Ilustración 42 Tasa de viajes en transporte público por persona según la localidad
Fuente: (Alcaldía mayor de Bogotá y Secretaría Distrital de Movilidad 2015)
Año: 2018

En la ilustración 42 se muestra la tasa de viajes en transporte público que se realizan en Bogotá en un día laboral. Las zonas en las que se concentran las mayores tasas de viaje son al sur y al occidente de la ciudad principalmente. Esto se debe, entre otros factores, a la concentración de habitantes de la ciudad especialmente en las localidades de Kennedy, Fontibón, Bosa, Ciudad Bolívar, Engativá, Suba y el municipio aledaño de Soacha como se muestra en la ilustración 43. Además, en la ilustración 46, los viajes de destino en un día laboral en transporte público se concentran en el centro de la ciudad en las localidades de Teusaquillo, Chapinero, Santa Fe y Candelaria, que son los lugares donde reúnen los principales factores del comercio y la economía de la ciudad y el país.

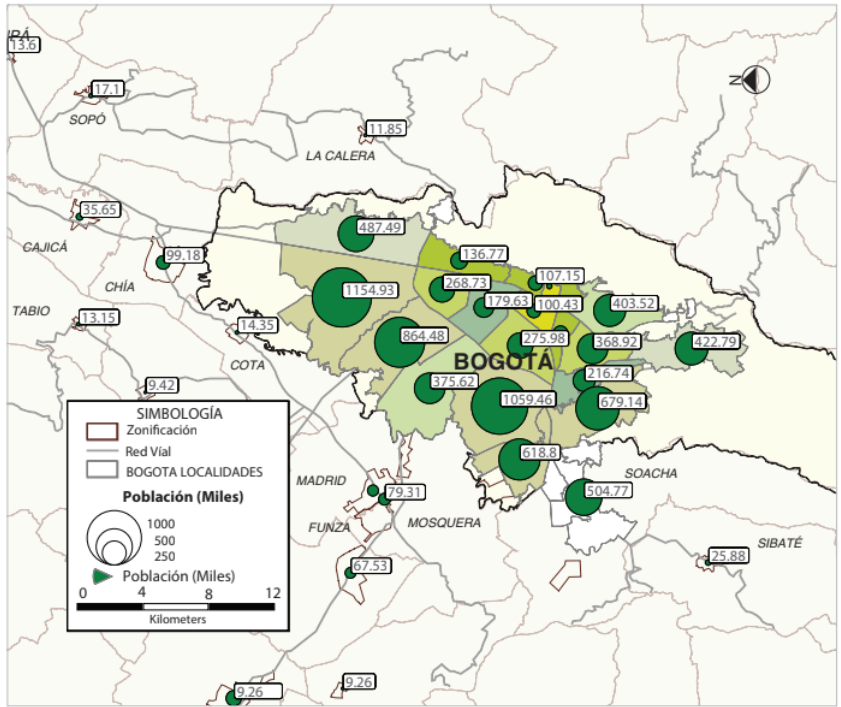


Ilustración 43 Población en miles por localidades
 Fuente: (Alcaldía mayor de Bogotá y Secretaría Distrital de Movilidad 2015)
 Año: 2018

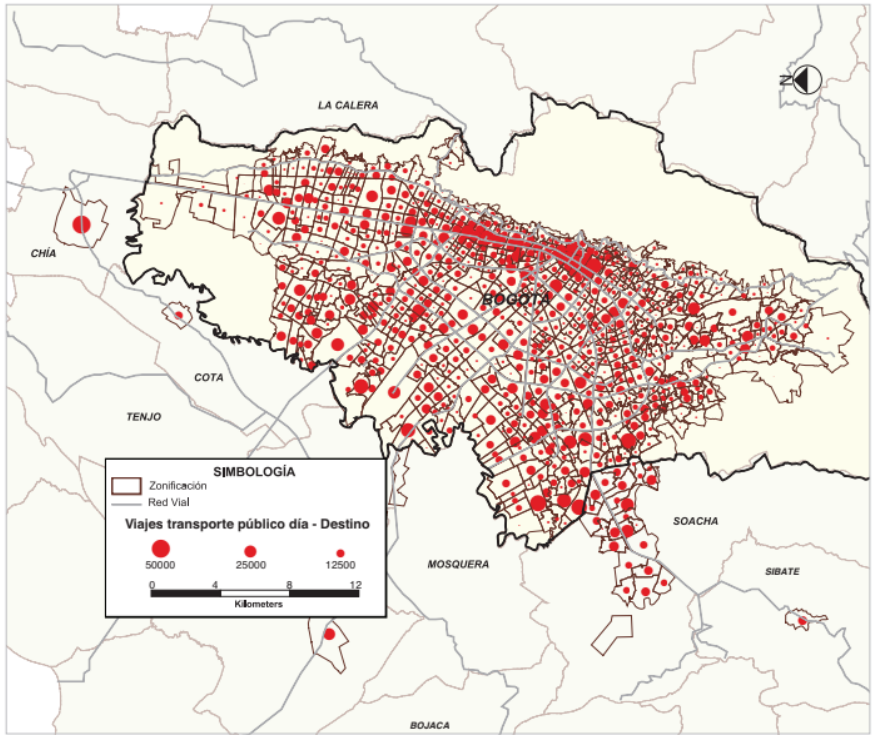


Ilustración 44 Viajes por día en transporte público según destino
 Fuente: (Alcaldía mayor de Bogotá y Secretaría Distrital de Movilidad 2015)
 Año: 2018

Estudios independientes como el Índice de Transporte Público realizado por la aplicación mundial de movilidad Moovit, realiza un análisis de los patrones de viaje que se realizan en Bogotá. En este estudio se evidencia, por ejemplo, que el tiempo de viaje de una persona en promedio en un día laborable es de 97 minutos en una sola dirección, y el 32% de los usuarios gastan en promedio más de 2 horas realizando un viaje en el sistema. La distancia promedio que recorre un usuario de origen a destino en el sistema de transporte en la ciudad de Bogotá es de 8 km.

Por otro lado, el tiempo de espera de una ruta en paraderos o estaciones troncales es en promedio de 20 minutos. El 40% de los usuarios debe esperar más de 20 minutos en paraderos en un día normal laborable. En promedio, el 67% de los pasajeros del sistema emplean por lo menos un transbordo en un viaje realizado en un día laborable y de ellos, el 19% realiza al menos dos transbordos o más. (Moovit 2017)

3.1.4. Proyecciones del sistema

- **Metro de Bogotá**

El metro de la ciudad de Bogotá está siendo contemplado desde el año 1942 el cual estaba propuesto para pasar por la Avenida Caracas en el año 1953 y en el año 1954 se realizó el primer estudio técnico que se descartó en el año 1957. Luego se propuso la idea de implementación del metro con estudios en los años 1968, 1976, 1981 y 1996. En el año 2008 se realizaron estudios para la implementación del metro subterráneo por parte de la empresa de TMB para la primera línea. En el periodo de 2013 a 2015 se realizaron estudios de ingeniería básica avanzada para la implementación de un sistema subterráneo de metro os cuales se descartaron en el 2016 por la comparación con un sistema elevado.

La primera línea del metro contará con una longitud de 25,29 km y será elevada por los criterios expuestos en la tabla 13. La construcción se realizará en tres etapas o fases, las cuales se muestran en la ilustración 45. La primera fase del metro inicia en el Portal Américas a través de la Avenida Villavicencio, Avenida Primera de Mayo y Calle 1 hasta la Avenida Caracas, en donde se iniciará la fase 2 hacia el norte hasta la Calle 72. La tercera fase ira desde la Calle 72 hasta la Calle 127 a través de la Autopista Norte. Existen 15 estaciones de las cuales 10 serán estaciones de intercambio con el sistema de Transmilenio.

Criterios evaluados

<p>Ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> → Generación de ruido → Vibraciones por las obras y operación del sistema → Afectación a los acuíferos y cuerpos de agua → Impacto a los árboles → Generación de escombros 	<p>Impacto por las obras</p> <ul style="list-style-type: none"> → Tiempo de obra → Interferencia con las redes de servicios públicos → Impacto a los edificios vecinos → Afectación a la movilidad → Impacto a residentes y comerciantes 	<p>Impacto urbano</p> <ul style="list-style-type: none"> → Potencial para la generación de espacio público → Potencial para proyectos de desarrollo inmobiliario → Recuperación de zonas deprimidas
<p>Experiencia del usuario</p> <ul style="list-style-type: none"> → Percepción de seguridad → Condiciones de salubridad e higiene para los pasajeros → Apropiación de la ciudad 	<p>Beneficios sociales</p> <ul style="list-style-type: none"> → Número de pasajeros transportados → Ahorro de tiempo → Tiempos de transferencia entre un sistema y otro 	<p>Financieros</p> <ul style="list-style-type: none"> → Costos de inversión por kilómetro de línea Metro construida → Costos de operación y mantenimiento
<p>Riesgos</p> <ul style="list-style-type: none"> → Riesgos geotécnicos (calidad del suelo, hundimientos y derrumbes) → Riesgos sísmicos → Riesgos que generan la incertidumbre sobre el cronograma y plazos de obra, la adquisición predial y el costo del proyecto 		

Tabla 13 Criterios de evaluación Metro de Bogotá

Fuente: (Metro de Bogotá 2016a)

Año: 2018

Metro en cifras

Estaciones

- 15** estaciones
- 10** tendrán integración modal con Transmilenio
- 1,39 km** entre estación y estación.

Cronograma

- Octubre 2016:** Suscripción documento CONPES
- Segundo semestre 2017:** Licitación
- 2018:** Inicio de obras
- 2022:** Inicio operación etapa 1 y 2

Obras

- 531.111 m³** de concreto se usarán en la obra
- 361.661 m³** de escombros generará la construcción



Ilustración 45 Mapa General Metro de Bogotá

Fuente: (Publimetro Colombia 2017)

Año: 2018

El sistema de Metro de la ciudad de Bogotá operará con energía eléctrica para una eficiencia medioambiental y operativa, las estructuras de las estaciones serán sismoresistentes en las cuales se realizará un diseño paisajístico con zonas verdes e iluminación natural.(Metro de Bogotá 2016b)

- **Tren de cercanías**

La propuesta del tren de cercanías para Bogotá, conocido como Regiotram es un proyecto realizado conjuntamente por la Gobernación de Cundinamarca y el Distrito de Bogotá con la intención de interconectar algunos de los municipios del occidente de la Sabana (Facatativá, Mosquera, Madrid y Funza) con el casco urbano de la ciudad, beneficiando a 125.000 pasajeros diariamente una vez empiece a operar a lo largo de aproximadamente 43 km distribuidos en 26 km urbanos y 15 km suburbanos, es decir, desde el municipio de Facatativá, hasta la intersección de la Avenida Caracas con Calle 19.

El proyecto contempla la rehabilitación del corredor férreo existente que en la actualidad es administrado por el Gobierno a través de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), contemplando la construcción de pasos elevados en los principales cruces viales de la zona urbana. Además, se realizará la construcción de once estaciones dentro de la ciudad de Bogotá y seis estaciones entre los municipios contemplados. La operación de este sistema de transporte se proyecta como tren de cercanías ligero en el sector suburbano, circulando a 70 km/h y en el sector urbano a 28 km/h aproximadamente.(Ministerio de transporte 2017)



*Ilustración 46 Simulación de posible estación Regiotram
Fuente: (Caracol Radio 2017)
Año: 2018*

En los últimos estudios realizados, se contempla la conexión con el aeropuerto El Dorado una vez esté completada su renovación a través de un corredor nuevo y el nuevo aeropuerto proyectado El Dorado II.

El proyecto además traería beneficios ambientales con la reducción de 180 toneladas de emisiones de gas carbónico por año y bajos niveles de ruido con la implementación de trenes eléctricos en todo el corredor planteado.(Díaz Marín y Mahecha García 2015)

En cuanto al diseño geométrico, el trazado no presenta mayores cambios respecto a la vía ya existente. Se realizarán pasos elevados en la Avenida de Las Américas, Avenida NQS, Avenida 68, Avenida Boyacá, Avenida Ciudad de Cali y la Carrera 50, con el fin de no afectar movilidad en estas intersecciones con semaforización o cruces con barreras.



Ilustración 47 Trazado propuesto para Regiotram
Fuente: (Santamaría 2017)
Año: 2018

Uno de los objetivos del proyecto Regiotram es que se una eventualmente a la primera línea del metro de Bogotá proyectada para el 2022 en la futura estación de la Avenida Caracas como se muestra en la ilustración 47.

El proyecto será financiado por el Gobierno Nacional, la Gobernación de Cundinamarca y a través de una alianza público privada. La rehabilitación y la adaptación del tramo ya existente, estima una inversión aproximada de \$5,5 billones de pesos, de los cuales la Nación y la Gobernación asumirán

\$1,65 billones correspondientes al 30%, mientras que el restante 70% provendrá de los recursos privados. Ni los municipios beneficiados, ni la ciudad de Bogotá tendrán que asumir ningún monto adicional. (El Tiempo 2017a)

- **TransmiCable**

El proyecto TransmiCable tiene como objetivo la mejora de la movilidad de los habitantes de los barrios Paraíso, Juan Pablo II, Manitas y Mirador de la localidad de Ciudad Bolívar desde el Portal Tunal de Transmilenio, a través de cabinas por cable aéreo a 2827 msnm. Los usuarios acceden al sistema de TransmiCable desde el portal Tunal en un recorrido total de 3,34 km en un tiempo estimado de 13,5 minutos a través de cuatro estaciones (dos intermedias, una de retorno y una de transferencia). Se estima que el sistema beneficie a 669.000 personas de las zonas de influencia del servicio, porque además contará con nuevas zonas verdes y espacios públicos alrededor de las estaciones proyectadas.



Ilustración 48 Línea de TransmiCable Ciudad Bolívar (Portal Tunal – Barrio Paraíso)

Fuente: (SITP 2015a)

Año: 2018

Las estaciones serán edificios de tres pisos que contarán con amplios espacios de cicloparqueaderos, baños públicos e incluso conexión Wi-Fi gratuita. Además, estarán vigiladas por equipos de cámaras de seguridad, al igual que los pilones donde se apoya el cable principal del sistema en un centro de monitoreo por estación.



*Ilustración 49 Estación modelo del sistema TransmiCable.
Fuente: (Colombia.com 2016)
Año: 2018*

Las cabinas tendrían capacidad de 10 pasajeros sentados que podrán ser abordadas por los usuarios cada 10 segundos en un total de 160 cabinas funcionando simultáneamente, operando a una velocidad promedio de 5,5 m/s. La máxima capacidad del sistema esperada será de 3600 pasajeros por hora por sentido. Estas cabinas contarán con un sistema de vigilancia con cámaras de seguridad y, para casos de emergencia, un intercomunicador con el operador en cada una de ellas y sillas plegables para el ingreso de bicicletas y sillas de ruedas. Las caracterizará el color rojo y negro similar al de un vehículo de Transmilenio, al igual que los puertos o lugares de abordaje de las estaciones. (Alcaldía Mayor de Bogotá 2017b)



*Ilustración 50 Primeras pruebas de las cabinas de TransmiCable
Fuente: (RED+ Noticias 2018)
Año: 2018*

En la actualidad el sistema se encuentra en aproximadamente 90% del avance de la obra y se espera que empiece a operar en octubre de 2018 una vez sea adjudicado el operador en mayo del mismo año. Sin embargo, ya se realizaron las pruebas a las primeras 120 cabinas que deben contar con al menos 400 horas de vuelo para estar certificadas internacionalmente y luego entrar en servicio. Su vida útil es de aproximadamente 30 años. (El Nuevo Siglo Bogotá 2018)



Ilustración 51 Avance de la construcción estación de transferencia Portal Tunal
Fuente: (El Espectador 2018)
Año: 2018

La tarifa se integrará a la existente en el sistema de transporte público de la ciudad con el fin de interconectarse inicialmente con Transmilenio a través del Portal Tunal y con los otros modos de transporte con un único medio de pago con tarjeta “TuLlave”.

Además de los beneficios en la reducción de los tiempos de viaje, se espera que existan beneficios económicos para los usuarios con la integración de las tarifas, la reducción de aproximadamente 119 accidentes por año en las vías de los barrios beneficiados y, por consiguiente, el aumento en el cuidado de la integridad de los usuarios. Además, se estima una reducción de 756 toneladas de dióxido de carbono anualmente.

- **Transmilenio**

El crecimiento del sistema Transmilenio también hace parte de los planes que tiene la alcaldía de Bogotá en algunos de los principales corredores viales de la ciudad como parte de las fases II y III. Uno de los proyectos más ambiciosos de los ya están listos los estudios necesarios es la renovación y

adaptación de la Carrera 7° en el oriente de la ciudad. Su objetivo es el de la descongestión de la troncal paralela del sistema como lo es la Avenida Caracas y conectarse con las demás. La troncal sería de 19,2 km desde la estación Museo Nacional sobre la calle 32 hasta el proyectado Portal Calle 200 en un trazado inicial de 21 estaciones. Se estima que el costo de la obra puede ser de alrededor de \$2,4 billones de pesos y finalizaría su construcción en el año 2021.



*Ilustración 52 Proyecto Transmilenio carrera 7 - calle 45
Fuente: (El Espectador 2017)
Año: 2018*

Además, se busca que en esta importante avenida se interconecten los demás modos de transporte que dispone la ciudad y que confluyen en este punto de la ciudad.(El Espectador 2017)

En los corredores de la Avenida Ciudad de Cali y Avenida 68 se están realizando los estudios y se está proyectando el inicio de las obras en el año 2019 para un inicio de operación en el 2022 que sumarian 45,3 km y se interconectarían a la primera línea del metro en el tramo suroccidental de la ciudad.(El Tiempo 2017c)

3.2. ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS FERROVIARIAS

En la actualidad, la ciudad de Bogotá cuenta con un trazado existente que fue utilizado como parte de la red ferroviaria para el transporte de pasajeros

y de carga de Colombia en el inicio de la industrialización del país a principios del siglo XX, con punto de partida en la Estación de La Sabana en el centro de la ciudad, hasta el año 1991 cuando fue liquidada la empresa encargada de su operatividad. Existen dos tramos que suman 43,5 km aproximadamente⁴ dentro del perímetro urbano de Bogotá que aún no han sido cubiertos por el pavimento para dar paso a los vehículos:

- El tramo occidental, inicia en el barrio El Charco de la localidad Fontibón en el extremo occidental sobre la calle 22 hasta la carrera 18 y gira hasta la calle 13 dentro de la estación de la Sabana.



*Ilustración 53 Inicio del tramo del sector occidental – Fontibón
Fuente: (Google 2016)
Año: 2018*

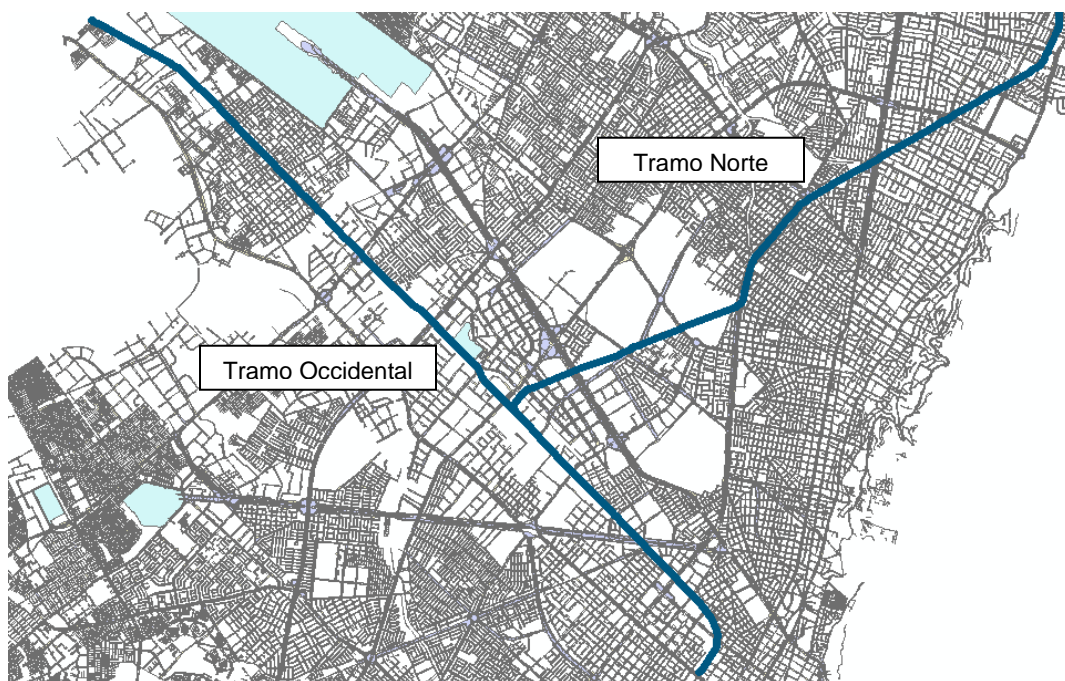
- El tramo norte se divide del occidental en la Carrera 66, toma la Carrera 47 en el sector de Salitre Greco en la localidad de Barrios Unidos, entra en el separador central de la avenida NQS a la altura de la Calle 63, creando una división de los sentidos de las estaciones del sistema Transmilenio para no ver comprometida su infraestructura, como lo muestra la ilustración 54, hasta la intersección con la diagonal 92, gira hacia la Carrera 9 hasta la Calle 245 donde toma sentido paralelo con la Autopista Norte.

⁴ Según modelo ArcGis de la ciudad de Bogotá, tomado de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – Plataforma digital IDECA y modificado para el trazado de las líneas férreas existentes.



*Ilustración 54 Estación Avenida Chile NQS
Fuente: (CIVICO 2018)
Año: 2018*

En la ilustración 55 pueden observarse los principales cruces viales que existen en la ciudad de Bogotá con los tramos ferroviarios occidental y norte que aún existen. La ilustración 56 muestra la influencia de los tramos norte y occidental sobre las localidades de la ciudad como: Fontibón, Puente Aranda, Teusaquillo, Los Mártires, Barrios Unidos, Chapinero y Usaquén.



*Ilustración 55 Ubicación de tramos ferroviarios existentes
Fuente: Autoría propia
Año: 2018*



*Ilustración 56 Localidades con presencia de vías férreas en la actualidad
Fuente: Autoría propia
Año: 2018*

Cabe resaltar que el tramo norte y parte del occidental es utilizado en la actualidad dentro del recorrido del Tren de la Sabana desde mayo de 1993 con locomotoras tradicionales a vapor restauradas para el uso turístico. (Turistren 2010)

3.3. MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS

En la parte de mantenimiento y readecuación de las vías férreas, el Manual de Normatividad Férrea del Ministerio de Transporte habla en el Capítulo 2 de los parámetros geométricos, parámetros de desgaste de los rieles, estado del balastro y cómo se debe realizar las inspecciones para un mantenimiento o cambio de los elementos férreos según corresponda. En la normatividad se habla de las ventajas y desventajas de realizar un mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo como se muestra en la tabla 16.

En este caso el mantenimiento de la infraestructura existente en la ciudad de Bogotá se debe realizar una revisión que indique el tipo de mantenimiento a realizar para iniciar la operación, los mantenimientos

realizados en estos momentos son preventivos, pues no se está realizando rediseños geométricos en las vías a intervenir. (Ministerio de Transporte 2013)

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
EXPLOTACIÓN HASTA EL FALLO	Ninguna inspección Ninguna puesta a punto innecesaria	Fallo no previsible Alto gasto de puesta a punto Largos tiempos de inutilización La seguridad puede peligrar
PUESTA A PUNTO PERIÓDICA PREVENTIVA	Breves tiempos de inutilización Seguridad elevada Baja probabilidad de fallos inesperados Buena posibilidad de planificación	Posibilidad de empeorar No se detecta el desgaste inesperado Es necesaria experiencia Paralizaciones posiblemente innecesarias
PUESTA A PUNTO DEPENDIENTE DEL ESTADO	Paralizaciones solo las necesarias Seguridad muy elevada Posibilidad muy pequeña de fallo Buena planificación Alto grado de aprovechamiento Posibilidad de evitar fallos graves	Elevado gasto de inspección Elevado gasto en equipos y personal Nuevas estructuras

Tabla 14 Ventajas e inconvenientes de cada tipo de estrategia de mantenimiento de vía

Fuente: (Ministerio de Transporte 2013)

Año: 2018

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA FÉRREO A IMPLEMENTAR EN EL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Los sistemas férreos son parte fundamental en el análisis de la movilidad de las ciudades de gran superficie, Bogotá, al ser una ciudad con alta densidad poblacional y tener una de las mayores superficies en América Latina se vio en la necesidad de proyectar varios sistemas férreos en la última década. El análisis del transporte actual de la ciudad en comparación con las ciudades estudiadas en el capítulo 2 es un factor importante para la toma de decisión de implementación del sistema férreo dentro y fuera de la ciudad. Como se observó en el capítulo 3, la demanda y la capacidad de los vehículos no son equivalentes entre sí, por esto se ha generado sobredemanda y colapso parcial del sistema.

Después de realizar estudios por más de 60 años para la debida implementación de sistemas férreos como tren metropolitano y tren de cercanías, la ciudad de Bogotá consideró varias ideas durante el transcurso de estos años, como integración de sistema de transporte público, sistema BTR con troncales y estrategias pedagógicas de disminución de uso de vehículo privado, como la medida de pico y placa. Sin embargo, al ser medidas a corto y mediano plazo, se generó disminución en la calidad del transporte con respecto al tiempo.

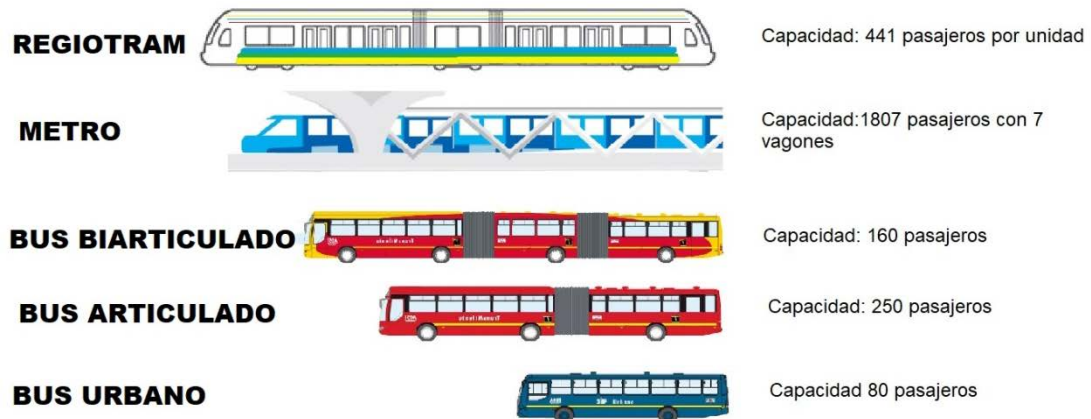
En este capítulo se realizará un análisis de los problemas existentes en el transporte de la ciudad, se expondrán las características de mejora por implementación de un sistema férreo a mediano plazo, se realizará un análisis de georreferenciación de estaciones propuestas para el proyecto Regiotram y un ejercicio de comparación entre los sistemas de transporte existentes en la ciudad de Bogotá y el eventual funcionamiento de la línea de cercanías con unos puntos de origen y destino definidos por las necesidades geográficas, comerciales, residenciales e industriales dentro del perímetro urbano.

4.1. PROBLEMAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO ACTUAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y CÓMO LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FÉRREOS MEJORARÍA LA MOVILIDAD.

La ciudad de Bogotá actualmente está implementando soluciones a largo plazo a nivel de transporte urbano, mejorando la calidad de las vías y la infraestructura existente, pero estas soluciones no son suficientes para las necesidades actuales, por lo cual se mencionarán las principales causas de atascamiento de movilidad de transporte y se analizarán los beneficios del sistema férreo a implementar.

4.1.1. Capacidad de los vehículos

Los estudios realizados y estudiados en el capítulo 3, indican que la capacidad de los vehículos no da abasto a la cantidad de viajes y pasajeros que se movilizan por transporte público. La implementación de sistemas férreos mejoraría la movilidad masiva de pasajeros, pues la cantidad de personas a movilizar por un solo vehículo abarcaría más de 400 pasajeros como muestra la ilustración 57 de comparación de capacidad de vehículos en los principales modos de transporte.



*Ilustración 57 Capacidad de los principales vehículos (Propuestos y existentes) de transporte público de la ciudad de Bogotá
Fuente: Autoría propia
Año: 2018*

Según Darío Hidalgo, experto en movilidad la implantación de sistemas ferroviarios se debe realizar en ciudades en donde la demanda supere los 40.000 pasajeros por hora, pero según las estadísticas que se observaron en el año 2018 el sistema troncal tiene un comportamiento constante de 100.000 pasajeros hora, y un máximo de aproximadamente 270.000 pasajeros por hora como se muestra en la ilustración 41 y en el sistema zonal un comportamiento constante de 70.000 pasajeros por hora y un máximo de 160.000 pasajeros por hora aproximadamente por lo cual la capacidad de los sistema se ve saturada sin un sistema férreo implementado. (Hidalgo 2005)

4.1.2. Vías exclusivas

La cantidad de vehículos privados saturan las vías que son compartidas en el sistema urbano, complementario, especial y tránsito de alimentadores, por lo cual estos sistemas pierden eficiencia al compartir las vías. El sistema Transmilenio cuenta con carril exclusivo con excepción de los buses duales, teniendo una mayor eficiencia que el transporte convencional, pero en

algunas líneas de operación son interrumpidas por la semaforización ocasionada por deficiencia en la infraestructura vial.

Los sistemas férreos, al ser sistemas automatizados y de grandes volúmenes requieren una operación continua por vías exclusivas, por lo cual se reducen los tiempos de espera por semaforización. El sistema de tren de cercanías utiliza la infraestructura ferroviaria existente, de esta manera se reducen costos en el diseño y construcción y se facilita una operación e implementación más rápida.

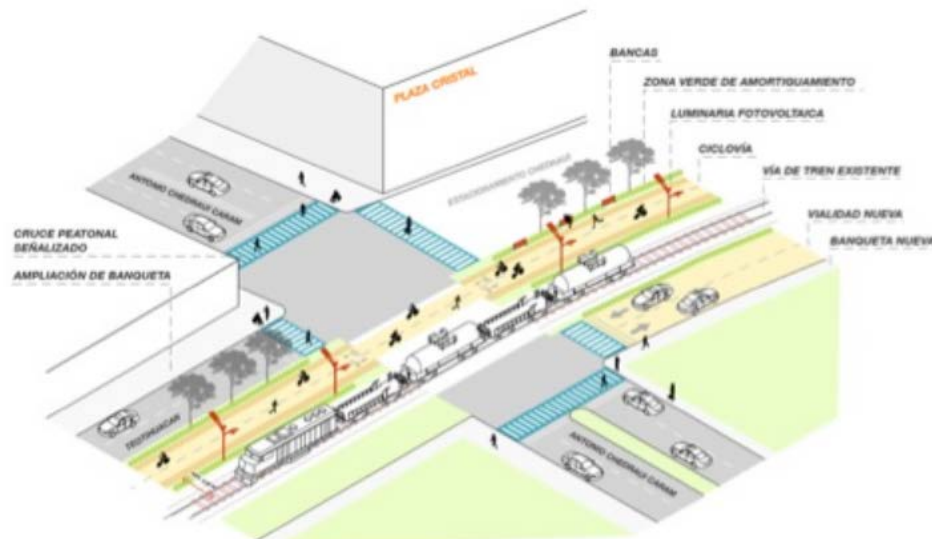


Ilustración 58 Sección típica de vías terrestres

Fuente: (Ciudades Sostenibles 2015)

Año: 2018

4.1.3. Tiempos de operación

En los sistemas de bus convencional, los tiempos de operación tienen un bajo control y un alto error de cálculo. En el sistema Transmilenio se puede realizar un control de tiempo más estricto con las rutas, pues no todas tienen paradas constantes y esto genera una mejor operatividad, pero al cruzar avenidas principales se generan congestiones que implican paradas innecesarias al tener una mayor vulnerabilidad al momento de accidentes y bloqueos.

Los sistemas férreos, por su funcionamiento tienen un mayor control en los tiempos, por la exclusividad de las vías se tiene una menor vulnerabilidad de detenciones, pero en el momento en el que se presentan se requiere una intervención inmediata. Los horarios son constantes y frecuentes, por lo cual se puede regular los tiempos según la zona en la que se encuentre ya sea

suburbano (velocidades de 65 a 80 km/h) o urbano (velocidades de 40 a 50 km/h).

4.1.4. Costos de construcción, operación y mantenimiento

La construcción y adecuación de vías es un factor fundamental en la movilidad de una ciudad, y más como Bogotá en la cual predominan suelos granulares en su composición como se muestra en la ilustración 59 y se explica en la tabla 17 tomada del decreto 523 de 2010, por lo cual se opta por utilizar pavimentos flexibles en gran parte de la infraestructura de su red vial. El predominio de zonas lacustres y aluviales que tienen en su mayoría un índice de plasticidad que alcanza hasta el 250%, indica que el suelo tiene baja capacidad portante. En la ciudad de Bogotá predomina la construcción de pavimentos flexibles por tener una mayor capacidad de deformación, a pesar de que estos pavimentos son más económicos, requieren un alto costo por mantenimiento como se ilustra en la tabla 16, la cual se muestran las diferentes características de los tipos de pavimento.

La reducción en los costos es una ventaja que poseen los sistemas férreos, pues al implementarse en una vía férrea ya existente con una vida útil en promedio de 25 años, el aprovechamiento y rediseño facilita y reduce la inversión a realizar. La vida útil de una vía de este tipo, depende de los componentes de la misma y, por lo tanto, cada uno de ellos tienen diferentes tiempos en la renovación en la instalación de una vía. Por ejemplo, la renovación de un carril completo puede darse cada 25 años, las traviesas cada 30 años y el balastro cada 20 años. De modo integral, la adaptación de la vía férrea construida en Bogotá representa una ventaja en los costos de construcción, operación e incluso de mantenimiento de sus partes. (Goicolea 2009)

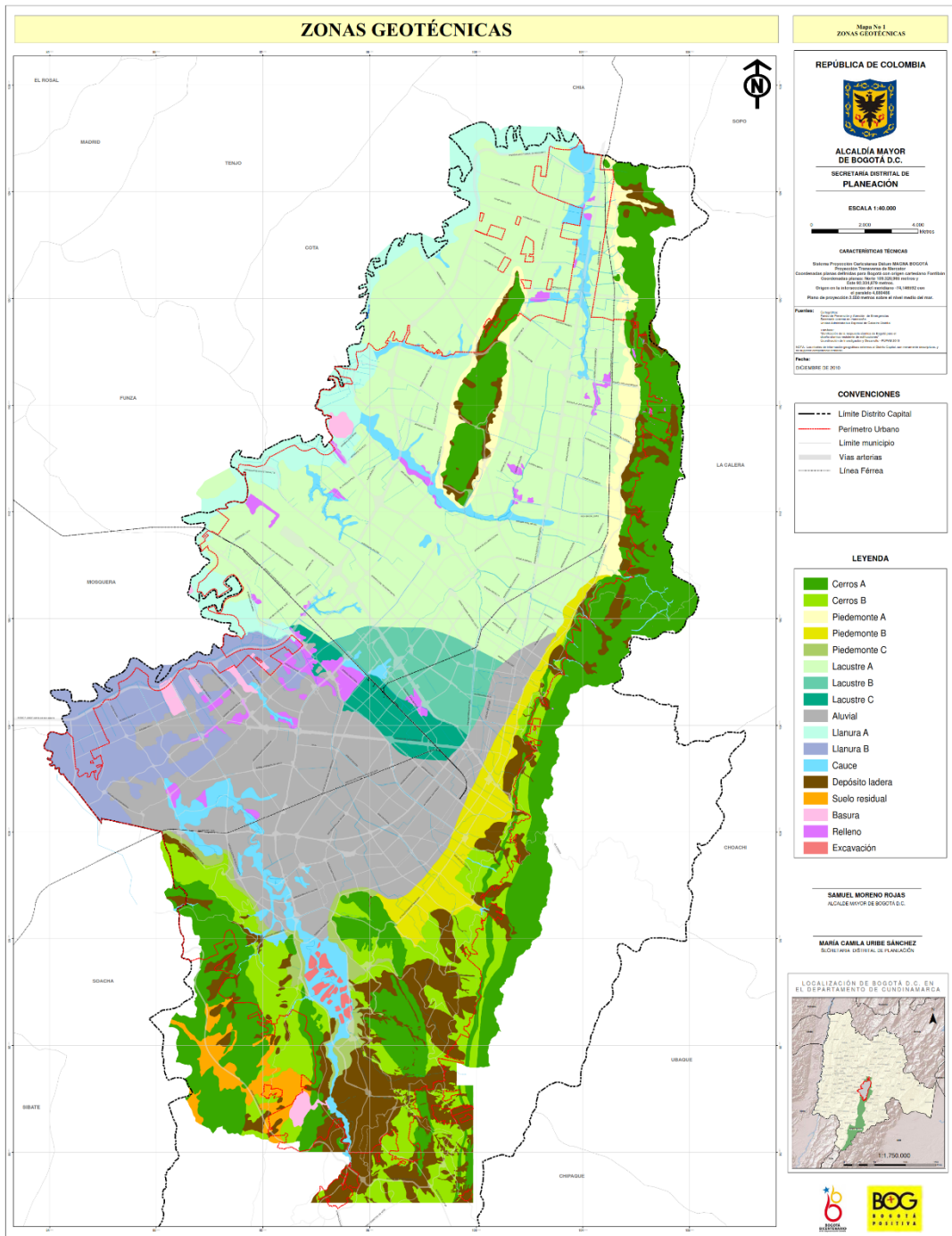


Ilustración 59 Zonificación geotécnica ciudad de Bogotá D.C.
 Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación 2010)
 Año: 2018

Nombre	Geotecnia	Geología	Geomorfología	Composición principal	Comportamiento geotécnico general
Cerros A	Roca de arenisca	Formaciones de Areniscas	Cerros de alta pendiente	Areniscas duras	Rocas competentes y resistentes a la meteorización, eventuales problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a ciclo abierto, principalmente cuando estén fracturadas o con intercalaciones de arcilofitas blandas
Cerros B	Roca de arcilofita	Formaciones de Arcilofitas	Cerros de moderada a alta pendiente	Arcilofitas blandas	Rocas de moderada competencia y susceptibles a la meteorización, problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a ciclo abierto, principalmente cuando estén fracturadas
Piedemonte A	Suelo coluvial y aluvial norte	Colecciones y Complejo de Conos Aluviales	Piedemonte	Gravas arcillo arenosas compactas	Suelos de alta capacidad portante pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas
Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial centro			Gravas arenoso arcillosas compactas	
Piedemonte C	Suelo coluvial y aluvial sur			Gravas arenoso arcillosas compactas	
Lacustre A	Suelo lacustre muy blando	Terraza Alta - Lacustre	Planicie	Arcillas limosas muy blandas	Suelos de muy baja a media capacidad portante y muy compresibles
Lacustre B	Suelo lacustre blando			Arcillas limosas blandas	
Lacustre C	Suelo lacustre - aluvial			Arcillas arenosas firmes	
Aluvial	Suelo aluvial grueso a medio	Terraza Baja - Aluvial y Complejo de Conos Aluviales	Planicie	Arenas arcillosas sueltas a compactas	Suelos de mediana a alta capacidad portante poco compresibles, susceptibles a licuación e inestables en excavaciones a ciclo abierto
Llanura A	Suelo de llanura - lacustre	Llanura de Inundación	Llanura	Arenas sueltas y arcillas limosas blandas	Suelos de moderada capacidad portante y compresibles, susceptibles a licuación
Llanura B	Suelo de llanura - aluvial			Arenas sueltas y arcillas arenosas duras	
Cauce	Cauce activo o antiguo	Cauces Activos	Piedemonte y Planicie	Gravas arenosas sueltas a compactas	Suelos de baja a mediana capacidad portante, susceptibles a licuación y problemas de estabilidad de taludes
Depósitos	Suelo de ladera	Depósitos de Ladera	Cerros	Gravas arenoso arcillosas compactas	Suelos de mediana capacidad portante susceptibles a problemas de estabilidad de taludes
Residual	Suelo residual	Suelo Residual	Cerros	Arcillas gravo arenosas firmes	Suelos de mediana a alta capacidad portante con posibles problemas de estabilidad de taludes en sectores de alta pendiente
Basura	Relleno de basura	Reellenos de Basuras	Piedemonte y Planicie	Basuras	Materiales heterogéneos, que acuerdo con su disposición pueden ser compresibles y susceptibles a problemas de estabilidad en taludes
Relleno	Relleno de excavación	Reellenos de Excavación	Piedemonte y Planicie	Reellenos heterogéneos	Materiales heterogéneos, que acuerdo con su disposición pueden ser compresibles y susceptibles a problemas de estabilidad en taludes
Excavación	Excavación especial	Excavaciones Especiales	Piedemonte	Gravas arcillosas sueltas a compactas	Zonas de explotación de agregados en el Río Tunjuelo, susceptibles a problemas de estabilidad de taludes

Tabla 15 Descripción de las zonas geográficas
Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación 2010)
Año: 2018

	Asfalto: "5 años de vida promedio"	Concreto: "30 años de vida promedio"
Construcción	Necesita mayor cantidad de material granular, lo cual es muy difícil de controlar.	Requiere 50% menos de material granular en las bases.
Construcción	Avances menores o iguales a los del pavimento de concreto.	Considera avances de construcción: un carril por día.
Mantenimiento	Se debe mantener desde los 2 a 5 años, por lo menos.	Se mantiene recién cada 10 años.
Mantenimiento	Se realiza en mayor tiempo: 1 Km. en 7 días.	Se realiza en menos días: 1 Km. en 3 días.
Mantenimiento		Costo de hasta 45% menos que asfalto.
Mantenimiento	Mayor costo social: congestión vehicular, mayor consumo de combustible, contaminación sonora.	Menor costo social: menor congestión vehicular, mayor ahorro de combustible, no contaminación sonora.
Resistencia		Aumenta su resistencia en el tiempo. Resiste derrames de gasolina y diesel.
Rehabilitación	Mantenimiento constante, nunca termina.	Después de su vida útil: 30 años.
Durabilidad	Menor durabilidad: se mantiene cada 2 años.	Mayor durabilidad: se mantiene después de 10 años de vida (excede su esperanza de vida).

Tabla 16 Comparación tipos de pavimento.

Fuente: (Unicon 2005)

Año: 2018

Para la rehabilitación del actual trazado ferroviario, la compra de predios privados es mucho menor si se realizara un diseño totalmente nuevo, porque se han mantenido los parámetros originales de seguridad para la circulación de trenes en esos sectores, y solo se haría necesaria luego de entregados los estudios definitivos sobre todo en el caso de las estaciones que serían construidas en el perímetro urbano.

4.1.5. Comparación de Aspectos Ambientales

En el tema ambiental las operaciones eléctricas de los sistemas férreos a implementar en la ciudad reducen la emisión de gases al tener una mayor capacidad de usuarios en menos viajes. Asimismo, se reducirían 171000 toneladas de Dióxido de Carbono anualmente para el Metro de Bogotá como lo indica la ilustración 60 y 190000 toneladas para Regiotram, por la reducción de combustibles fósiles en 19 millones de galones por año de vehículos públicos y privados, según estimaciones, como se observa en la ilustración 61.



Ilustración 60 Estimación de emisión de dióxido de carbono.

Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá 2017a)

Año: 2018



Ilustración 61 Reducción de combustible

Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá 2017a)

Año: 2018

Además de esto las estaciones a implementar contarán con diseño paisajístico, zonas verdes, senderos peatonales, cicloparqueaderos y ampliación y reconstrucción de ciclovías en los proyectos Metro de Bogotá y Regiotram, como se muestra en las ilustraciones 63 y 64.



Ilustración 62 Estación Facatativá Regiotram con diseño paisajístico
Fuente: (El Tiempo 2017b)
Año: 2018



Ilustración 63 Diseño estación Metro de Bogotá con diseño paisajístico
Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá 2017a)
Año: 2018

4.2. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN Y ADECUACIÓN DE LO EXISTENTE

4.2.1. Proyecto Regiotram de Occidente

Como se menciona en capítulo 3, el proyecto Regiotram se basa en el aprovechamiento de las vías férreas existentes en el corredor occidental desde la Estación de la Sabana hasta el municipio de Facatativá con seis estaciones en el sector suburbano de Bogotá y 11 estaciones dentro del perímetro urbano. Estas estaciones se distribuyen de la siguiente manera:

- **Sector Suburbano:**

Según el esquema preliminar de estaciones propuestas para los municipios aledaños de la ciudad de Bogotá, la primera estación nombrada Facatativá 2 que se encuentra en el extremo occidental, atravesando el casco urbano de Facatativá. Este es uno de los municipios con mayor extensión y

población y teniendo una segunda estación en la cabecera municipal, la tercera estación nombrada El Corzo hace parte del municipio de Madrid, Cundinamarca, donde también existe una cuarta estación en la cabecera municipal como se muestra en la imagen 64.



*Ilustración 64 Estación del tren municipio de Mosquera, Cundinamarca
Fuente: (Google 2017h)
Año: 2018*

La quinta estación mostrada en la ilustración 65 ubicada en el municipio de Mosquera, siendo una de las que más población podría recibir teniendo en cuenta el número de habitantes del municipio, y la sexta estación ubicada en el municipio de Funza. Esta última estación es la entrada a la ciudad de Bogotá y por lo tanto debe contar con las condiciones técnicas adecuadas para el funcionamiento y variación de modalidad de velocidad, como se ha mencionado previamente.



*Ilustración 65 Estación del tren municipio de Facatativá, Cundinamarca
Fuente: (El Transporte 2015)
Año: 2018*

Teniendo en cuenta el número de personas que potencialmente movilizaría, según las ubicaciones de las estaciones, aproximadamente se beneficiarían 126.000 personas diariamente según estimaciones oficiales.

- **Sector urbano**

El tramo correspondiente al perímetro urbano inicia en el occidente de la ciudad con la estación CATAM como parte de la interconexión con el tramo a construir para comunicar con el aeropuerto El Dorado. La segunda estación es la estación Fontibón, que ya se había construido en el trazado comercial que ya existía. Esta estación se reconstruirá en el sector para la rehabilitación del tramo de Regiotram, ampliando la capacidad de recepción y operación como se muestra en la ilustración 66.



Ilustración 66 Actual estación del tren de Fontibón

Fuente: (Google 2017g)

Año: 2018

La tercera estación es la Avenida Ciudad de Cali donde se cruza con la avenida del mismo nombre y recorre el sector occidental de la ciudad como eje principal de esta zona. En el sector se localizan múltiples zonas residenciales que han crecido en los últimos años y la ubicación del centro comercial Hayuelos es un factor importante para la movilidad como se muestra en la ilustración 67.



Ilustración 67 Cruce férreo con Avenida Ciudad de Cali

Fuente: (Google 2017e)

Año: 2018

La cuarta estación se encuentra en el cruce de la Calle 22 con la Avenida Boyacá y es un sector clave para la descongestión de la movilidad del occidente de la ciudad, porque es un corredor que une el norte con el sur y viceversa. Además, la cercanía que este cruce tiene con el Terminal de Transporte Central, lo convierte en una estación clave para la distribución de pasajeros que llegan a la ciudad por medio de autobuses intermunicipales e interdepartamentales. Según los estudios preliminares, en estos cruces se realizarán pasos elevados para no afectar la movilidad de la avenida con cierres por el paso del tren como se muestra en la ilustración 68.



Ilustración 68 Cruce Avenida Boyacá
Fuente: (Google 2017d)
Año: 2018

La siguiente estación sería en la Avenida 68, donde se existen sectores comerciales y residenciales que aportan a la movilidad de pasajeros en el corredor de esta avenida. La estación planteada en el sector sería un factor fundamental para la intermodalidad con el mencionado proyecto de la troncal de Transmilenio, porque interconectaría estos modos de transporte como se muestra en la ilustración 69.



Ilustración 69 Cruce Avenida 68
Fuente: (Google 2017b)
Año: 2018

En el sector de Quinta Paredes en Teusaquillo, se ubicaría la estación Carrera 50, que, por su localización geográfica, se convierte en un lugar donde confluyen la industria, la vivienda y el comercio, en especial el sector hotelero por su cercanía a la Embajada de Estados Unidos. Es por esto que una estación de tren en ese punto movilizaría turistas hacia los municipios que la línea de Regiotram interconectaría como se muestra en la ilustración 70.



Ilustración 70 Cruce Carrera 50

Fuente: (Google 2017a)

Año: 2018

La ilustración 71 muestra la posible estación es en la Carrera 40, que se convierte en un lugar importante porque cerca se encuentra el Centro de Exposiciones Corferias y el nuevo Centro de Convenciones Ágora. Ambos lugares tienen importante ocupación de personas y las salidas masivas en horas críticas, congestionan los demás modos de transporte público y las vías por la ocupación excesiva de los vehículos particulares.



Ilustración 71 Cruce Carrera 40

Fuente: (Google 2017b)

Año: 2018

En el cruce de la Avenida de las Américas existiría otra estación de Regiotram como se muestra en la ilustración 72. Esta apoyaría el flujo de pasajeros de la estación de la Carrera 40 e interconectaría con la avenida y los modos de transporte público que existen allí. Es necesaria la intervención de las vías aledañas por la situación actual de deterioro en las que se encuentran para facilitar el acceso a la futura estación.



Ilustración 72 Cruce Avenida Américas
Fuente: (Google 2017c)
Año: 2018

En la Avenida NQS, también existiría una estación que conectaría con la troncal de Transmilenio que circula en ella como se muestra en la ilustración 73. En este lugar, el comercio y el corredor vial son importantes en la ciudad, porque en él se movilizan los vehículos que transportan alimentos y otros insumos a la plaza de Paloquemao y al Centro Comercial Calima.

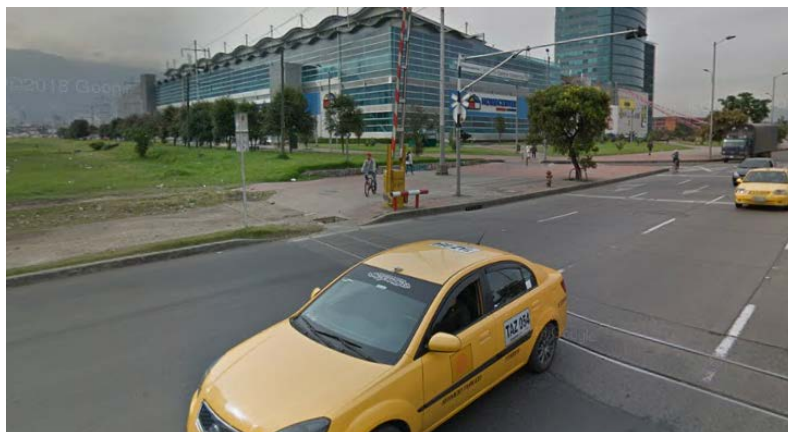


Ilustración 73 Cruce Avenida NQS
Fuente: (Google 2017f)
Año: 2018

La actual Estación de la Sabana que hace parte de la infraestructura del tren turístico, sería parte del recorrido del Regiotram, conectar a la Avenida

Caracas con la construcción de un tramo nuevo y esta a su vez con el sistema Transmilenio y eventualmente con la primera línea del Metro de Bogotá que allí circulará.

4.2.2. Otros Proyectos Regiotram (Norte, Sur)

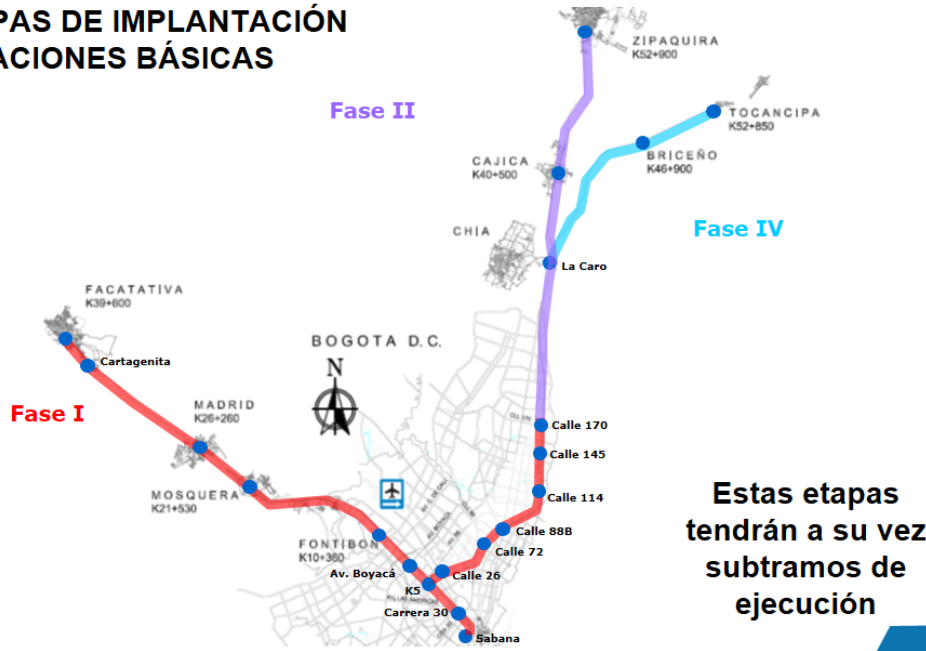
El proyecto de realizar un tren de cercanías que conecte a la ciudad de Bogotá con las principales ciudades dormitorio como Facatativa, Zipaquirá y Soacha, genera que existan 5 proyectos sobre el tren de cercanías, de los cuales el proyecto de occidente es el más próximo a realizar como se mencionó anteriormente, seguido del proyecto sur. A pesar de que muchas de las vías férreas existentes del Tren de la Sabana del tramo a Soacha han sido pavimentadas, es el próximo proyecto a realizar. Esta cuenta con aproximadamente 18 estaciones, iniciando en la estación de la Sabana. Las demás estaciones están en etapa de diseño y se unirían con antiguas estaciones existentes dependiendo de los tramos en los cuales se mantenga el trazado antiguo del Tren de la Sabana, cruzando por la localidad de Bosa, la cual es una de las más pobladas de la ciudad de Bogotá.



Ilustración 74 Regiotram Sur
 Fuente: (La Republica 2014)
 Año: 2018

Con respecto al tramo norte, desde el año 2008 se tiene proyectado la rehabilitación de las vías férreas para implementar un tren de cercanías según el Ministerio de Transporte, pero hasta el momento aún está en etapa de diseño, y además tiene algunos problemas de implementación por factores económicos, políticos y fiscales que han retrasado la aprobación de implementación de este sistema. La ilustración 75 muestra las posibles estaciones propuestas para este tramo del cual se dice que cuenta con 9 estaciones oficiales partiendo de la Estación de la Sabana de las cuales no se conoce con certeza la ubicación en el diseño. (El Nuevo Siglo 2014)

**ETAPAS DE IMPLANTACIÓN
ESTACIONES BÁSICAS**



*Ilustración 75 Esquema Tren de Cercanías en la ciudad de Bogotá
Fuente: (Ministerio de Transporte 2008)
Año: 2018*

4.2.3. Análisis de movilidad según la situación actual

Los planes descritos por el Distrito para la mejora de la movilidad de manera integral, han permitido la creación de estrategias para el beneficio de los usuarios de transporte público a largo plazo luego de la aplicación del modelo de intermodalidad en la ciudad. La implementación de Regiotram con el aprovechamiento de las vías férreas existentes, facilita la construcción, reduce costos y funciona conectando los puntos principales de Bogotá con las arterias más importantes que atraviesa.

Dentro de la fase II del proyecto de desarrollo del Regiotram, se busca la implementación del sistema en el tramo norte de la ciudad de Bogotá por el que actualmente circula en Tren de la Sabana, que es un tren netamente

turístico por el tipo de infraestructura y además del parque automotor existente.

Por otro lado, el crecimiento de la ciudad de Bogotá se empieza a basar en la calidad de la infraestructura vial y los servicios que tienen a disposición los usuarios de transporte público, no solo para los habitantes dentro del perímetro urbano, sino también la población flotante que diariamente debe recibir la ciudad. Describiendo la situación de la movilidad de la ciudad, se hace necesaria la implementación de sistemas que apoyen la descongestión y sobretodo la eficiencia del sistema en general que busca ser integrado de forma tarifaria y logística.

En este caso, la implementación de un sistema diferente al Transmilenio, como es el Regiotram en un corredor central diferente a los principales en donde se divide la ciudad en dos zonas (norte y sur), define el crecimiento de la ciudad a través de los planes de movilidad integrada y las redes viales, descongestionando el centro de la ciudad hacia las zonas más habitadas, como se observó en capítulo 3, donde se encuentran más apartadas y respecto la tasa de viajes que se realizan diariamente en horas críticas de mayor demanda de pasajeros.

La organización de las ciudades estudiadas es de estilo compacto, lo que a nivel de movilidad permite que los modelos de transporte público mejoren en su eficiencia. En Bogotá, la ciudad en general es de comportamiento difuso, sin embargo, existen zonas residenciales que se sectorizan de manera compacta y facilitan la movilidad con trayectos cortos y eficientes en transporte público o en medios de transporte alternativos. Es decir, que estos trayectos causan un impacto positivo en la intermodalidad que se busca en toda la ciudad. Las tasas de viaje que experimenta la ciudad de Bogotá en el inicio de un día laboral, muestra también este comportamiento de manera global focalizándose en el centro de la ciudad.

La ciudad de Boston tiene una dinámica similar a la ciudad de Bogotá. Sin embargo, es una ciudad más pequeña y las soluciones de transporte abarcan a mayor población en áreas y suburbios estratégicos. Además, la incorporación de diferentes modos de transporte público lo convierte en un referente de intermodalidad porque es una sola empresa la que regula el sistema tarifario y la operatividad del mismo como es el Massachusetts Bay Transportation Authority (MBTA).

En las otras ciudades analizadas, el mecanismo para lograr la intermodalidad de los modos de transporte es la cooperación de las empresas oficiales reguladas por los entes gubernamentales locales y regionales. En Bogotá, el avance del sistema de transporte en este sentido se basa en la integración de las tarifas y el modo de pago a través de las

empresas operadoras y de recaudo en el marco del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), con la implementación de infraestructura, accesibilidad y logística adecuadas para los vehículos, las vías y los usuarios. A pesar de no estar implementado totalmente en la actualidad, la proyección realizada del sistema en general causará un impacto positivo en la población. No obstante, las deficiencias que aún presenta, lo alejan de la calidad que en las otras ciudades estudiadas (Santiago, Barcelona y Boston) existe para el beneficio de sus usuarios y todas las ventajas de desarrollo en general que constituye.

4.3. EJERCICIO DE COMPARACIÓN DEL SISTEMA FÉRREO FRENTE A LOS SISTEMAS CONVENCIONALES DE TRANSPORTE

En este caso de aplicación se hará la comparación de efectividad de tiempos del sistema férreo de occidente al ser el más próximo al entrar en funcionamiento, en contraste con el automóvil convencional, los sistemas integrados de transporte, sistema Transmilenio y sistema multimodal con respecto a un tramo en específico que inicia en la estación Fontibón que se ubica en la Calle 22 con Carrera 100 hacia la Estación de la Sabana, ubicada en la Carrera 18 con Calle 13. Se utilizaron aplicaciones de georreferenciación para cálculo de rutas optimas existentes para la movilidad como TransmiSITP, Moovit y Maps.

Se realizó toma de tiempos cada hora durante un día laboral desde las 5:00 am hasta las 10:00 pm. Se tomaron los tiempos mínimos promedio para un análisis con el sistema férreo, los cuales se calculan con la velocidad de tren en zona urbana (25 a 40 km/h) y los kilómetros de las vías férreas (10,5 km aproximadamente) que se tomaron de acuerdo a las herramientas de georreferenciación vistas en el capítulo 3.

La velocidad de recorrido, que es uno de los parámetros para revisar la efectividad de la movilidad, se define como la relación entre la distancia recorrida y el tiempo que tarda en completar esta distancia, como se observa en la ecuación 1, que se utiliza para el cálculo de los tiempos de duración del sistema férreo a implementar (Regiotram).

$$v = \frac{X}{T}$$

Ecuación 1: Ecuación de velocidad

Dónde: X Es la distancia de recorrido

T Es el tiempo de recorrido del sistema

v Es la velocidad del sistema

Además de lo descrito anteriormente se tendrán en cuenta las 8 estaciones intermedias con tiempos de espera de 20 a 30 segundos aproximadamente en cada estación los cuales se evidencian en la ecuación 2. Estos tiempos se tomaron con respecto a los estudios de tiempos de ingreso realizados en sistemas férreos públicos como metro. (Dragicevic, Suazo y Asociado 2017)

Variable	Promedio (s)	Tiempo promedio explicado por la variable
PE	12,88	1,98
PB	17,57	0,39
BD	2,87	1,71
ED	2,72	13,42

Tabla 17 Tiempos promedio de espera en estaciones
Fuente: (Dragicevic, Suazo y Asociado 2017)
Año: 2018

Variable	Descripción
TD	Tiempo de detención del tren (variable dependiente)
PE	Corresponde a la cantidad de personas que entran en la puerta crítica durante el intercambio, es decir, a la variable Personas Entran
PB	Corresponde a la interacción entre las variables Personas Salen y Baldosas Antes. Es decir: (Personas Salen · Baldosas Antes)
BD	Corresponde a la densidad de personas en el andén luego de realizado el intercambio, es decir, a la variable Baldosas Después
ED	Corresponde a una nueva variable sobre la Densidad Carro. Es decir: $e^{(Constante \cdot Densidad)}$

Tabla 18 Variables que afectan el tiempo de espera en estaciones
Fuente: (Dragicevic, Suazo y Asociado 2017)
Año: 2018

$$T = \frac{X}{v} + t_e(N)$$

Ecuación 2

Dónde: t_e Es la velocidad de espera en estaciones

N Es el número de estaciones intermedias durante el recorrido

4.3.1. Cálculo de tiempos para el sistema férreo propuesto

De acuerdo a los datos registrados anteriormente y a la aplicación de la ecuación 2 se realiza el cálculo de los tiempos de recorrido con un promedio de las velocidades a las cuales puede transitar el tren Regiotram en la zona urbana y la distancia a recorrer.

$$T = \frac{10,5 \text{ km}}{\left(\frac{25 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{2} \right) * h} + \left(\frac{30s * \text{min}}{60s} \right) \quad (8)$$

$$T = 23,4 \text{ min}$$

El tiempo neto del sistema férreo Regiotram en el tramo propuesto es de 23,4 minutos, no se tiene en cuenta elementos como tiempos de espera del usuario por tener unos horarios fijos por contar con un sistema automatizado y cíclico.

4.3.2. Tiempos actuales de movilidad y tráfico de la ciudad de Bogotá

En este caso, se utilizó la aplicación Maps para el cálculo de rutas en vehículos privados y transporte público. Esta herramienta cuenta con una calificación de 4,3 y más de 1.000 millones de descargas por lo cual es uno de las más confiables en el manejo de movilidad. Los tiempos estimados que se encontraron varían a lo largo del día verificando tiempos de ida (Fontibón-Sabana) y vuelta (Sabana-Fontibón). Además de esto se toma una distancia de 14 km aproximadamente dependiendo de la ruta realizada.



Ilustración 76 Cálculo de rutas según aplicación TransmiSITP (Sabana-Fontibón, Fontibón-Sabana)

Fuente: Tomado de aplicación TransmiSITP

Año: 2018

En tanto al sistema público la aplicación oficial TransmiSITP hace un cálculo general del tiempo con una velocidad de operación general de la ruta sin tener presente el estado actual del tráfico como se muestra en la ilustración 76. El tiempo promedio de ida es de 58 minutos y de vuelta de 61 minutos. En este cálculo no se tiene en cuenta el transcurso de caminata a paraderos, espera de buses alimentadores, trayecto hasta Estación de la Sabana y tiempo de espera de las rutas.

De acuerdo a los datos anteriormente mencionados y haciendo un cálculo con la ecuación 1 se puede encontrar la velocidad del sistema que equivale a 14,11 km/h, lo que indica una muy baja velocidad y además un transporte ineficiente.

Partiendo de estos análisis y remplazando los datos se puede encontrar:

$$v = \frac{14 \text{ km}}{\left(\frac{61 \text{ mins} + 58 \text{ mins}}{2} \right) \frac{h}{60 \text{ mins}}}$$

$$v = 14,12 \text{ km/h}$$



Ilustración 77 Cálculo de rutas según aplicación Moovit (Sabana-Fontibón, Fontibón-Sabana)
 Fuente: Tomado de aplicación Moovit
 Año: 2018

La aplicación Moovit, número 7 en aplicaciones de mapas y navegación tiene más de 10 millones de descargas y una calificación de 4,3, tiene información de transporte público en más de 2000 ciudades y 80 países, con una base de datos de rutas de bus, BTR, sistemas metropolitanos y trenes de cercanías es una de las más óptimas para el análisis de tráfico con respecto a transporte y cálculo de rutas. Esta aplicación tiene en cuenta la espera en los paraderos y el recorrido a pie desde el punto de salida hasta el punto de llegada. Esta aplicación también calcula los tiempos de recorrido en Bicicleta que en promedio es de 82 minutos y calculando la velocidad de este sistema que tiene velocidad de 10,24 km/h, tiene un mínimo de paradas, emisiones de gases por combustible.

Aplicación Moovit (Fontibón-Sabana)				
Tiempo de Recorrido (mins)				
Hora	Ruta 1 (Urbano T50)	Ruta 2 (Combinación urbanos)	Ruta 3 (Combinación urbanos y troncales)	Ruta 4 (Troncales)
5:00 a. m.	45	55	71	69
6:00 a. m.	47	65	69	69
7:00 a. m.	58	77	71	80
8:00 a. m.	58	70	75	73
9:00 a. m.	55	69	72	71
10:00 a. m.	48	68	68	72
11:00 a. m.	48	69	69	75
12:00 p. m.	48	69	69	80
1:00 p. m.	50	67	67	75
2:00 p. m.	49	68	71	79
3:00 p. m.	58	71	72	80
4:00 p. m.	58	66	70	77
5:00 p. m.	59	72	71	75
6:00 p. m.	61	73	71	75
7:00 p. m.	58	72	71	77
8:00 p. m.	63	72	69	76
9:00 p. m.	62	75	68	78
10:00 p. m.	52	73	69	80

Tabla 19 Resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Moovit)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

Análisis de resultados	Tiempo Mínimo (mins)	Tiempo máximo (mins)	Desviación estandar (mins)	Tiempo promedio (mins)	Distancia recorrida (km)	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)
	45	80	9,03	67,39	14	12,46	18,67

Tabla 20 Análisis de resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Moovit)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

Según la aplicación anteriormente mencionada se pueden generar aproximadamente 4 tipos de rutas distintas con implementación multimodal y además indica los tiempos que se mostraran en las tablas 19 y 21 y las ilustraciones 78 y 79 que indican el comportamiento de los tiempos de viaje según el tipo de ruta que se tome.

Aplicación Moovit (Sabana-Fontibón)				
Tiempo de Recorrido (mins)				
Hora	Ruta 1 (Urbano T50)	Ruta 2 (combinación urbanos)	Ruta 3 (Combinación urbanos y troncales)	Ruta 4 (Troncales)
5:00 a. m.	60	68	71	69
6:00 a. m.	69	69	71	69
7:00 a. m.	58	69	71	80
8:00 a. m.	58	66	69	73
9:00 a. m.	55	68	68	71
10:00 a. m.	48	67	68	72
11:00 a. m.	48	67	69	75
12:00 p. m.	48	66	69	80
1:00 p. m.	50	65	67	75
2:00 p. m.	49	68	69	79
3:00 p. m.	58	69	72	80
4:00 p. m.	58	60	70	77
5:00 p. m.	59	72	71	75
6:00 p. m.	61	66	70	75
7:00 p. m.	58	68	70	77
8:00 p. m.	63	75	72	76
9:00 p. m.	62	70	71	78
10:00 p. m.	52	61	69	80

Tabla 21 Resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Moovit)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

Además de los datos encontrados por medio de esta aplicación se realiza un análisis de resultados con elementos como tiempos promedio de recorrido con una distancia estándar de 14 km, tiempo mínimo y máximo de recorrido, velocidad promedio, velocidad máxima de operación, desviación estándar, estos elementos se observan en las tablas 20 y 22.

Análisis de resultados	Tiempo Mínimo (mins)	Tiempo máximo (mins)	Desviación estandar (mins)	Tiempo promedio (mins)	Distancia recorrida (km)	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)
	48	80	8,05	67,31	14	12,48	17,50

Tabla 22 Análisis de resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Moovit)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

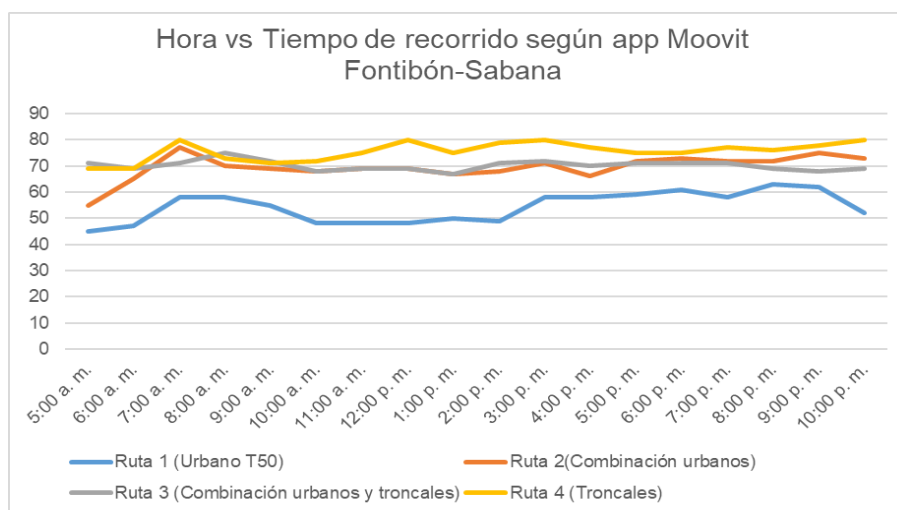


Ilustración 78 Comportamiento horario trayecto Fontibón-Sabana (aplicación Moovit)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

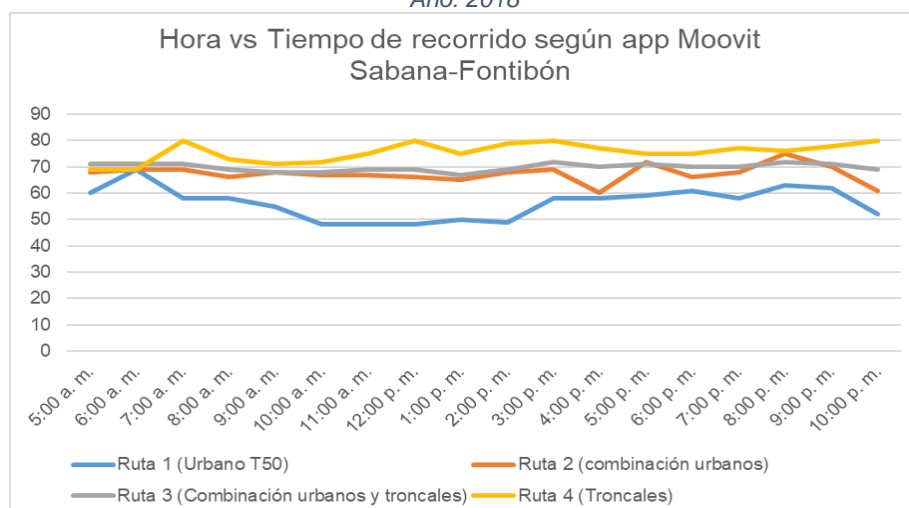


Ilustración 79 Comportamiento horario trayecto Sabana-Fontibón (aplicación Moovit)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018



Ilustración 80 Cálculo de rutas según aplicación Maps (Sabana-Fontibón, Fontibón-Sabana)
 Fuente: Tomado de aplicación Moovit
 Año: 2018

Maps, al ser una de las más importantes en transporte a nivel mundial tiene falta de actualización en tanto a rutas existentes de transporte implementadas en el año en curso, por lo cual tiene una deficiencia con respecto a Moovit, pero se puede realizar un análisis adecuado en tanto a la variedad en cálculo de rutas multimodal, tráfico de vehículos privados y calculo rutas alternas para vehículos privados.

La aplicación Maps será utilizada en el estudio del tráfico de vehículos públicos como se observa en la ilustración 80, teniendo en cuenta los datos observados que se muestran en las tablas 23 y 25, que indican los tiempos mínimos de transporte dependiendo las rutas que se utilicen. Cabe aclarar que en este tipo de cálculo de rutas existe un alto porcentaje de error en cuenta tiempos de espera reales por vehículos, es decir el tiempo promedio de espera del usuario en los paraderos. Se puede observar el comportamiento de los tiempos utilizados en las ilustraciones 82 y 83.

Como se realizó con la aplicación Moovit se estudiaron elementos como tiempos promedio de recorrido con una distancia estándar de 14 km, tiempo mínimo y máximo de recorrido, velocidad promedio, velocidad máxima de operación, desviación estándar, estos elementos se observan en las tablas 24 y 26.

Aplicación Maps (Fontibón-Sabana)				
Tiempo de Recorrido (mins)				
Hora	Ruta 1 (Combinación urbanos)	Ruta 2 (Combinación urbanos y troncales)	Ruta 3 (Troncales)	Vehículo privado
5:00 a. m.	45	45	52	21
6:00 a. m.	47	46	53	24
7:00 a. m.	49	47	53	42
8:00 a. m.	58	48	54	36
9:00 a. m.	55	45	55	38
10:00 a. m.	48	49	57	36
11:00 a. m.	48	50	55	34
12:00 p. m.	48	49	55	31
1:00 p. m.	50	48	57	33
2:00 p. m.	49	50	57	32
3:00 p. m.	58	51	56	29
4:00 p. m.	58	47	58	27
5:00 p. m.	59	49	55	29
6:00 p. m.	61	47	57	26
7:00 p. m.	58	51	58	26
8:00 p. m.	63	50	56	25
9:00 p. m.	62	50	56	23
10:00 p. m.	52	48	56	23

Tabla 23 Resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Maps)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

Análisis de resultados	Tiempo Mínimo (mins)	Tiempo máximo (mins)	Desviación estandar (mins)	Tiempo promedio (mins)	Distancia recorrida (km)	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)
Vehículo público	45	63	4,26	52,90	14	15,88	18,67
Vehículo privado	21	42	5,899207879	29,72222222	14	28,26	40,00

Tabla 24 Análisis de resultados de tiempos Fontibón-Sabana (aplicación Maps)

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

Aplicación Maps (Sabana-Fontibón)				
Tiempo de Recorrido (mins)				
Hora	Ruta 1 (Combinación urbanos)	Ruta 2 (Combinación urbanos y troncales)	Ruta 3 (Troncales)	Vehículo privado
5:00 a. m.	52	47	48	21
6:00 a. m.	52	46	47	24
7:00 a. m.	54	47	53	25
8:00 a. m.	56	48	56	27
9:00 a. m.	53	45	58	27
10:00 a. m.	56	49	56	30
11:00 a. m.	55	43	56	31
12:00 p. m.	57	49	55	31
1:00 p. m.	55	48	55	31
2:00 p. m.	52	49	60	26
3:00 p. m.	56	47	54	27
4:00 p. m.	54	47	59	30
5:00 p. m.	56	49	55	35
6:00 p. m.	55	47	55	30
7:00 p. m.	55	48	57	25
8:00 p. m.	58	49	56	21
9:00 p. m.	52	50	56	19
10:00 p. m.	60	48	56	19

Tabla 25 Resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Maps)
Fuente: Autoría propia
Año: 2018

Análisis de resultados	Tiempo Mínimo (mins)	Tiempo máximo (mins)	Desviación estandar (mins)	Tiempo promedio (mins)	Distancia recorrida (km)	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)
Vehículo público	43	60	4,29	52,52	14	15,99	19,53
Vehículo privado	19	35	4,565070567	26,611111111	14	31,57	44,21

Tabla 26 Análisis de resultados de tiempos Sabana- Fontibón (aplicación Maps)
Fuente: Autoría propia
Año: 2018

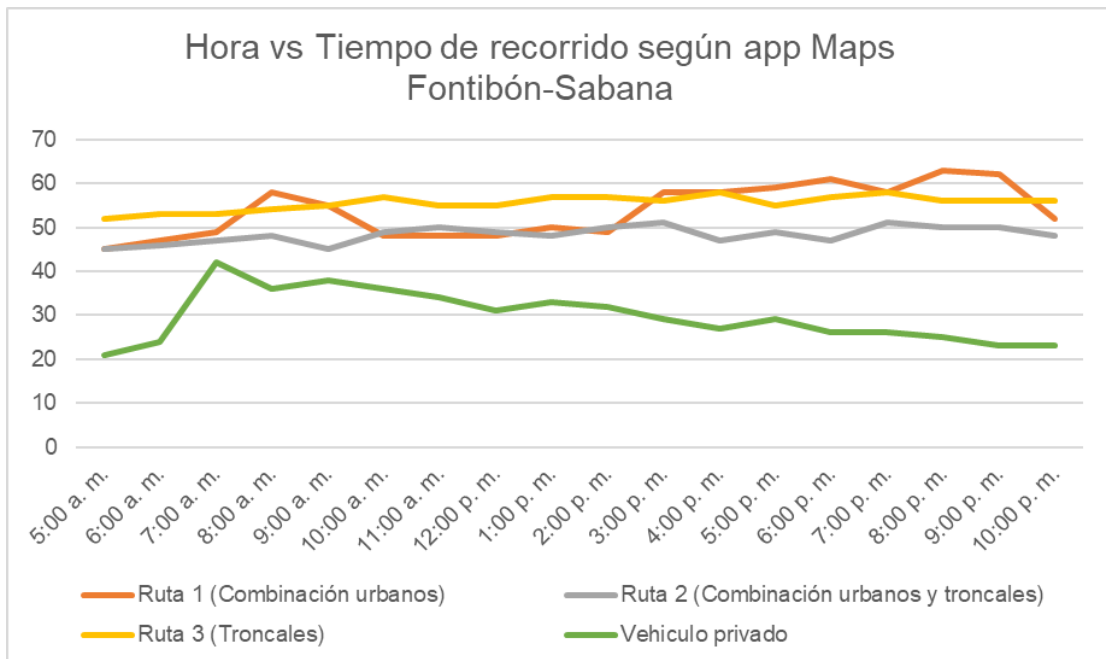


Ilustración 81 Comportamiento horario trayecto Fontibón-Sabana (aplicación Maps)
 Fuente: Autoría propia
 Año: 2018

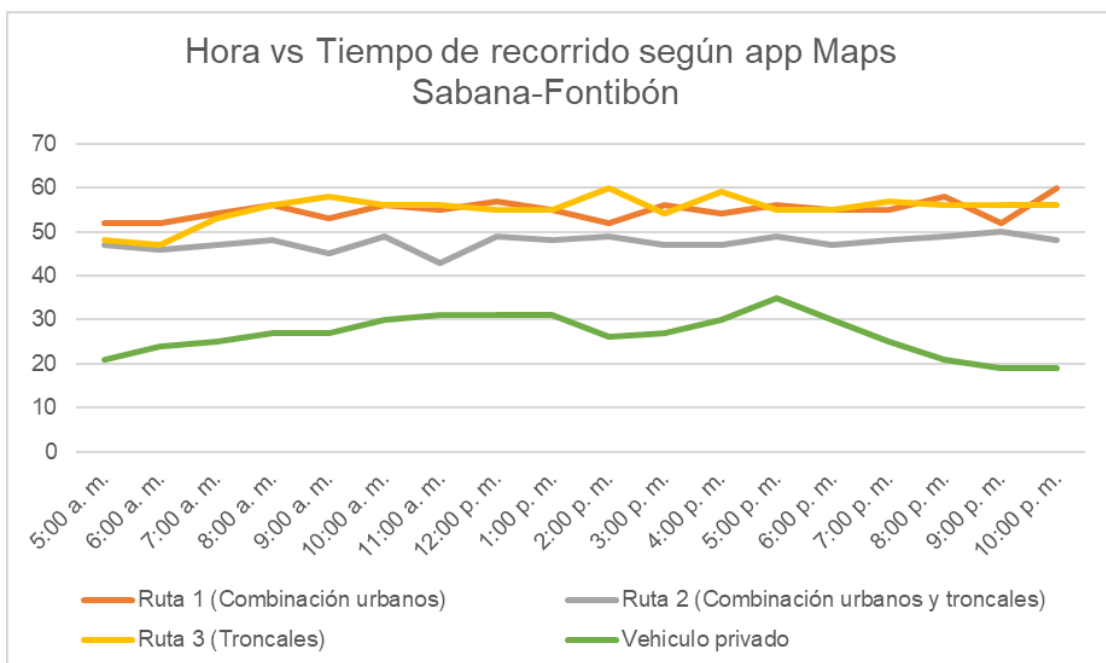


Ilustración 82 Comportamiento horario trayecto Sabana-Fontibón (aplicación Maps)
 Fuente: Autoría propia
 Año: 2018

Se puede observar que la utilización del vehículo privado reduce los tiempos establecidos por vehículos de servicio público, pero la calidad de vías y el horario de movilización (horas valle o pico) dificultan una normalización en el comportamiento de este tipo de modelos, que se pueden comparar con las velocidades propuestas para sistemas como tren de cercanías en las zonas urbanas

Con base en lo observado en el capítulo 3, el cual habla del estado del transporte actual de Bogotá, la comparación entre los distintos medios de transporte analizados indica, desde el ejercicio realizado, que el mejor tiempo de operación en promedio es el sistema férreo, seguido del vehículo particular y por último el sistema de transporte público actual. Asimismo, el recorrido requerido para los modos de transporte convencional es mucho mayor, por lo cual, a nivel de capacidad de vehículos, se puede analizar un transporte masivo de personas y a nivel ambiental la reducción de emisiones de Dióxido. de carbono por combustibles fósiles.

Los sistemas de transporte que se implementan en las grandes ciudades y sobretodo el tren de cercanías, es una muestra de desarrollo de la integración de los suburbios donde se concentran las zonas residenciales y claramente el número de personas que ingresan a las grandes urbes por trabajo, estudio u otras actividades. Como se ha demostrado, la problemática actual ocurre por la falta de infraestructura y logística para el sistema que opera en la ciudad con los buses urbanos zonales y troncales, que el tren de cercanías Regiotram resolvería con su implementación, si se basa en el trazado y la infraestructura que ya existe dentro del perímetro urbano. Este modo de transporte reduciría inicialmente los costos de construcción y evidentemente, de los tiempos de viaje en lugares clave de la ciudad (Ida y vuelta) que recorre el trazado de la línea planteada.

Se busca que los trenes de cercanía no causen congestión en la ciudad con la construcción de pasos elevados, y así lograr una velocidad adecuada para reducir los tiempos de viaje y que estos sean constantes en cualquier hora del día; comparando con la situación actual de la ciudad, se demuestra que el eventual funcionamiento de la línea de tren de cercanías Regiotram, incluso mejoraría el tiempo de recorrido de los vehículos particulares, generando una conciencia de la utilización del transporte público sobre el privado y contribuyendo a la descongestión de la malla vial.

Con base a estos resultados, se puede deducir que el tramo norte puede aplicarse un estudio similar a pesar de ser de una extensión mayor que incluso traería mayores beneficios. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para fines turísticos con el Tren de la Sabana, sumado a que los estudios de prefactibilidad en cuanto a la situación de movilidad en los distintos puntos críticos que cubriría, la continuidad del tren turístico y la problemática actual

en cuanto a la intervención que tendría que realizarse en todas las secciones para readaptarlo a un nuevo sistema de transporte como el que se piensa realizar en el tramo occidental, no se han realizado a profundidad.

En la tabla a continuación, se comparan los resultados obtenidos en las aplicaciones tecnológicas frente a la alternativa planteada del tren de cercanías Regiotram:

Resumen análisis	Tipo de transporte	Tiempo Mínimo (mins)	Tiempo máximo (mins)	Desviación estandar (mins)	Tiempo promedio (mins)	Distancia recorrida (km)
Moovit	Público	45	80	9,03	67,39	14
		48	80	8,05	67,31	14
Maps	Público	45	63	4,78	52,56	14
		21	42	5,90	29,72	14
	Privado	43	60	4,29	52,52	14
		19	35	4,57	26,61	14
TransmiSITP	Público	N/A	N/A	N/A	59,5	14
Sistema Férreo	Público	N/A	N/A	N/A	23,4	10,5

Tabla 27 Resumen Análisis de resultados de tiempos

Fuente: Autoría propia

Año: 2018

CONCLUSIONES

- En el presente documento se identificaron los componentes de intermodalidad de las ciudades de Barcelona, Boston y Santiago para realizar una comparativa con el sistema actual de la ciudad de Bogotá y cómo la implementación de un sistema férreo mejoraría la calidad del transporte a nivel operativo, económico, ambiental y social. Para la ingeniería, es un factor muy importante optimizar cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, pues en sus distintas ramas se busca la conexión entre el desarrollo integral de sus comunidades y los aspectos técnicos con los cuales se lograría este objetivo. Las ciudades estudiadas en el capítulo 2 indican que la calidad del transporte público depende de la estructura de sus redes intermodales, además de un control automatizado de los sistemas de transporte público en los horarios, fundamental para el análisis de eficiencia de movilidad.
- La falta de implementación de rutas más adecuadas y óptimas frente a la aplicación de un sistema de transporte intermodal, causa la reducción en la eficiencia del funcionamiento que se tenía planeado inicialmente porque no se motiva al usuario a utilizar diferentes rutas para un mismo destino con diferentes modos de transporte, sino que se sobrepasa la capacidad operativa de algunas de ellas, según la cantidad de usuarios que las utilizan, congestionando los vehículos y desvirtuando rutas alternas. La línea del tren de cercanías busca apoyar el crecimiento de la ciudad con la llegada diaria de pasajeros provenientes de otros municipios y aliviaría la situación de velocidad y congestión de la malla vial, como se ha indicado a lo largo del documento.
- El Sistema Integrado de Transporte Público de la ciudad de Bogotá necesita implementar a su red sistemas férreos masivos como el tren metropolitano y Regiotram, proyectados para el año 2022, por el rápido crecimiento poblacional en zonas residenciales cada vez más alejadas de la zona neutra y comercial. Además de implementar un rediseño a las tecnologías de transporte intermodal existente, pues, por la cantidad de rutas urbanas en la actualidad, las condiciones de movilidad no generan un impacto adecuado, generando falencias como se muestran en las estadísticas mostradas en el capítulo 3 y los resultados de toma de tiempos de recorrido presentados en el capítulo 4, que se podrían, eventualmente, implementar a la red Norte y Sur de Regiotram.

- La implementación de un tren de cercanías a mediano plazo generaría un impacto positivo dentro y fuera del perímetro urbano, movilizandando más de 400 pasajeros por viaje. Asimismo, se puede indicar que el sistema BTR implementado en la ciudad ya no es el eje central del transporte público, pues la capacidad de los vehículos existentes en la estructura del transporte público de Bogotá no abarca las necesidades requeridas.
- Al analizar el sistema ferroviario existente para la ciudad de Bogotá, se encontraron diversas propuestas como el tren metropolitano y el tren de cercanías, las cuales mejorarían la calidad del tránsito de pasajeros como se muestra en el ejercicio de aplicación propuesto en el capítulo 4, realizando un análisis de crecimiento poblacional, reducción de costos por construcción, operatividad, mantenimiento, mejoramiento de la calidad ambiental, eficiencias de sistemas públicos masivos con automatización de los horarios y continuidad de las rutas de los sistemas férreos.
- En el estado actual de la infraestructura del sistema férreo de la ciudad de Bogotá se debe realizar una revisión minuciosa en los rieles, traviesas y diversos elementos que intervienen en su funcionamiento, para conocer el tipo de mantenimiento que se debe realizar ya sea preventivo o correctivo dependiendo del estado en que se encuentren. Las estaciones propuestas por el proyecto Regiotram son las indicadas por su posicionamiento geográfico dentro de la ciudad al realizar un análisis poblacional, tipo de zona (comercial, residencial e industrial) y distancia del trayecto. Además, la ubicación de la línea de occidente que divide la ciudad en zona norte y zona sur y la interconexión entre las proyecciones con los servicios troncales, generarían una movilidad eficiente en una ciudad con un área tan extensa como Bogotá.

RECOMENDACIONES

- Para el mejoramiento de la movilidad que se busca en la ciudad de Bogotá a nivel general con la implementación de sistemas férreos, la ampliación de los sistemas ya existentes y la integración de todos ellos bajo un modelo logístico y tarifario, lo más adecuado sería realizar un estudio más profundo sobre el impacto en la calidad de vida que tendría para los habitantes de las zonas que rodean los corredores viales a intervenir y así mismo en el estado de la malla vial. Estos estudios deben incluir el impacto en el medio ambiente que se ve beneficiado con la reducción de emisiones de dióxido de carbono por la implementación de trenes eléctricos y un análisis de los efectos económicos para el usuario y para Bogotá con la inversión que un sistema de transporte público como este, beneficia al comercio local.
- La eventual implementación del Regiotram, hace necesario definir nuevas rutas zonales y troncales y rediseñar las ya existentes para motivar el uso del sistema férreo en la zona de influencia del corredor occidental de la Calle 22. Con las proyecciones que tiene el Distrito para la ampliación del sistema Transmilenio y, según el recorrido de Regiotram, las interconexiones adecuadas a nivel estructural en las posibles estaciones, facilitaría la logística y omitiría el uso de algunas rutas de buses urbanos y su parque automotor ser utilizado para otras zonas de la ciudad que lo requiera, teniendo en cuenta la deficiente oferta de vehículos respecto a la demanda de pasajeros.
- El sistema tarifario debe definirse por el crecimiento de la línea de tren de cercanías, y podría aplicarse por zonas como lo hacen las ciudades de Boston y Barcelona, lo que permitiría un mayor control de los trenes que se movilizarían a las zonas desde el centro de la ciudad hacia las periferias, según la demanda de pasajeros. Para ello se haría necesaria además la contratación de personal para la venta, distribución y revisión de pasajes dentro del sistema dirigiéndose de una zona a otra para un determinado destino, sumado a la aplicación de pedagogías para el entendimiento de este modelo tarifario desde la puesta en marcha del proyecto Regiotram.
- El estado físico, la calidad de los materiales y los componentes en la actualidad de los tramos existentes de las vías férreas en el corredor de la Calle 22 de Bogotá, evidencia que deben someterse a una inspección adecuada para conocer el verdadero estado de deterioro que les ha representado por el paso del tiempo en los sectores donde

fueron inutilizados y el estado de la sección que le corresponde actualmente a la circulación del Tren Turístico de la Sabana. Los estudios a realizar, deben incluir los comportamientos que tendría la vía con el uso de trenes eléctricos planteados inicialmente.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2009. *DECRETO 309 DE 2009*. 2009. Bogotá D.C.: s.n.
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2017a. Resultados de la Estructuración Primera Línea del Metro de Bogotá. . Bogotá D.C.:
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2017b. Transmicable, un sueño de volar hecho realidad. *Unidad de Servicios de Salud Usaquén* [en línea]. Bogotá D.C.: Disponible en: <http://www.hospitalusaquen.gov.co/website/index.php/2-principal/138-nueva-era-del-sector-salud>.
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ y SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD, 2015. Encuesta de Movilidad 2015. *Bogotá D.C.* [en línea], pp. 62. ISSN 10282092. DOI 10.1007/s13398-014-0173-7.2. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0ByNoeWkPXuHpakpSeFVODnBsQ3c/vi>ew.
- ASPILLA LARA, Y. y REY GUTIÉRREZ, E., 2012. La implementación del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá y sus retos en el futuro. *Revista Tecnogestión*. S.l.:
- BOLIVAR GARCIA, F., 2017. *Diseño de horarios en redes metropolitanas de transporte ferroviario que minimizan el consumo energético*. S.l.: Universidad Politecnica de Madrid.
- BOTERO HERNANDEZ, N., 2016. *Estación multimodal del occidente*. S.l.: Pontificia Universidad Javeriana.
- BURCKHART, K., 2007. *Análisis comparativo y evaluación cuantitativa de la intermodalidad del tren de alta velocidad Una perspectiva europea de la interconexión e integración en estaciones ferroviarias de ciudades intermedias*. S.l.: s.n.
- CAL Y MAYOR, R. y CÁRDENAS, J., 2007. *Ingeniería de tránsito*. 8. Mexico Ciry: s.n.
- CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, 2017. La competitividad de Bogotá en el marco del POT. . S.l.:
- CARACOL RADIO, 2017. Tren ligero en Bogotá_ En 30 días se estaría dando luz verde a tren ligero entre Bogotá y Cundinamarca. [en línea]. Disponible en: http://caracol.com.co/emisora/2017/06/02/bogota/1496365397_215066.html.
- CARRASCO, A.G.M., 2008. La multimodalidad en México. *Comercio Exterior*, vol. 58, pp. 720–730.
- CIUDADES SOSTENIBLES, 2015. 3 claves para cruzar las vías del tren y no morir en el intento. *Blog* [en línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2015/02/27/cruzar-las-vias-del-tren/>.

- CIVICO, 2018. Fotos de Estación Avenida Chile en Barrios Unidos. *Estación Avenida Chile* [en línea]. Disponible en: <https://www.civico.com/lugar/estacion-avenida-chile-bogota/fotos>.
- COLOMBIA.COM, 2016. Transmicable promete mejorar la movilidad de Ciudad Bolívar. [en línea]. Disponible en: <https://www.colombia.com/actualidad/nacionales/sdi/143167/transmicable-promete-mejorar-la-movilidad-de-ciudad-bolivar>.
- CONCEJO DISTRITAL DE BOGOTÁ, 2012. Acuerdo 489 de 2012. .
- CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 1989. *Ley 86 de 1989*. 1989. S.l.: s.n.
- CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 1996. *Ley 310 de 1996*. 1996. S.l.: s.n.
- CORREA R., J.S., 2017. *Transporte y desarrollo urbano en Colombia: los tranvías de Bogotá y Medellín*. S.l.: s.n.
- CROSBY, C., CASTRO, L. y DÍAZ, D., 2016. *Historia del Transporte Público en Bogotá* [en línea]. 2016. S.l.: s.n. Disponible en: <https://plazacapital.co/webs/produccion5/Transporte-publico-bogota/historia/Transporte.html#texto>.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2017. Boletín técnico Muestra Trimestral de Comercio Exterior de Servicios (MTCES) Boletín técnico. , pp. 1–34.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2010. Boletín técnico Perfil Bogotá. . S.l.:
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2017a. Boletín técnico. . S.l.:
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2017b. Boletín técnico COMERCIO DE VEHICULOS AUTOMOTORES NUEVOS. . S.l.:
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2017c. Muestra trimestral de comercio exterior de servicios. , vol. 2017, pp. 1–18.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, 2014. ¿Qué es el Sisben? [en línea]. Disponible en: <https://www.sisben.gov.co/sisben/Paginas/Que-es.aspx>.
- DÍAZ ACOSTA, J., ESPITIA PEÑA, G. y MURILLO SOLARTE, B.O., 2015. Lineamientos para la mejora del sistema de gestión de la calidad en entidades responsables de la movilidad en el Distrito Capital *. , vol. 7, pp. 41–62.
- DÍAZ MARÍN, K.A. y MAHECHA GARCÍA, V.A., 2015. *TREN DE CERCANÍAS DE FACATATIVÁ - BOGOTÁ - SOACHA* [en línea]. S.l.: Universidad Santo Tomas de Aquino. Disponible en: <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2623/Diazkaren2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- DIRECTORIO DE TRANSPORTE PÚBLICO METROPOLITANO, 2017. Informe de Gestion 2017 DTP. . S.l.:

- DIRECTORIO DE TRANSPORTE PÚBLICO METROPOLITANO, 2018. Tarifas Vigentes. 01 Abril [en línea]. Disponible en: <https://www.dtpm.cl/index.php/2013-04-24-14-09-34/2013-04-26-16-56-48>.
- DRAGICEVIC, M., SUAZO, G. y ASOCIADO, P., 2017. ¿Qué factores influyen en el tiempo de detención de un tren para dejar y recoger pasajeros? Un enfoque econométrico. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE ESCUELA DE INGENIERÍA* [en línea], pp. 80–84. Disponible en: http://ipre.investigacion.ing.uc.cl/wp-content/uploads/2017/02/JI32014n04_sci08-1.pdf.
- EL ESPECTADOR, 2017. Así se vería Transmilenio por la séptima, según el Distrito. *El Espectador* [en línea]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/asi-se-veria-transmilenio-por-la-septima-segun-el-distrito-articulo-719198>.
- EL ESPECTADOR, 2018. Arranca desmonte de 29 rutas del SITP Provisional. *Redacción Bogotá* [en línea]. Bogotá D.C., 20 marzo 2018. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/arranca-desmonte-de-29-rutas-del-sitp-provisional-articulo-745329>.
- EL ESPECTADOR, 2018. Obras del TransMiCable de Ciudad Bolívar ya tienen un avance del 88 % |. 22 Ene 2018 [en línea]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/obras-del-transmicable-de-ciudad-bolivar-ya-tienen-un-avance-del-88-articulo-734678>.
- EL NUEVO SIGLO, 2014. Y los trenes de cercanías, ¿que? [en línea]. Bogotá D.C., 2014. Disponible en: <http://elnuevosiglo.com.co/articulos/10-2014-y-los-trenes-de-cercanias-que>.
- EL NUEVO SIGLO BOGOTÁ, 2018. TransMiCable estará listo en octubre de este año. [en línea]. Disponible en: <http://elnuevosiglo.com.co/articulos/04-2018-transmicable-estara-listo-en-octubre-de-este-ano>.
- EL TIEMPO, 2017a. Así es el proyecto del tren de cercanías de Cundinamarca y Bogotá. [en línea]. Bogotá D.C., 11 enero 2017. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/bogota/asi-es-el-proyecto-del-tren-de-cercanias-de-cundinamarca-y-bogota-49817>.
- EL TIEMPO, 2017b. Hoy entregan propuesta para construir tren de cercanías, Rapiotram. *El tiempo* [en línea], Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16388006>.
- EL TIEMPO, 2017c. Planeación de troncales de TransMilenio en avenidas Ciudad de Cali y 68. *El tiempo* [en línea]. S.l.: Disponible en: <http://www.eltiempo.com/bogota/planeacion-de-troncales-de-transmilenio-en-avenidas-ciudad-de-cali-y-68-151332>.
- EL TRANSPORTE, 2015. Hoy entregan propuesta para construir tren de cercanías, Rapiotram. *El Transporte* [en línea]. Disponible en: <http://www.eltransporte.com/hoy-entregan-propuesta-para-construir-tren-de-cercanias-rapiotram/>.

- ESCOBAR, F. y PAEZ, D., 2017. Modelling Transport-based Land-use Scenarios in Bogota. *Proceedings of the 3rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management* [en línea], no. May, pp. 357–365. DOI 10.5220/0006386503570365. Disponible en: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006386503570365>.
- FERNANDEZ, R. y PLANZER, R., 2002. On the capacity of bus transit systems. *Transport Reviews*, vol. 22, no. 3, pp. 267–293. ISSN 01441647. DOI 10.1080/01441640110106328.
- FGC, 2017. Memòria d'FGC 2016. . S.l.:
- FICKER, S.K., 2017. *La expansión ferroviaria en América*. 2017. S.l.: s.n. ISBN 9786074628449.
- GARZON BEJARANO, C., 2016. *¿Qué papel juega la logística ante los nuevos retos en el comercio internacional? Caso Colombia*. S.l.: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- GEOTEXAN, 2015. sección típica de una vía férrea. [en línea]. Disponible en: <https://geotexan.com/wp-content/uploads/2015/02/balasto-via-ferrea.jpg>.
- GOICOLEA, J., 2009. Estudio del comportamiento a medio y largo plazo de las estructuras ferroviarias de balasto y placa. *Universitat Politècnica de Catalunya*, pp. 1–49.
- GONZÁLEZ TRUJILLO, J.M., 2017. Una reflexión sobre el paradigma de la integralidad en el transporte público de Bogotá. , vol. 12, pp. 149–178.
- GOOGLE, 2016. Bogotá - Google Maps. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.es/maps/place/Bogotá/@4.6482837,-74.2478938,11z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-74.072092>.
- GOOGLE, 2017a. Cruce av 50 con calle 22. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com.co/maps/@4.6353199,-74.1007999,3a,75y,349.15h,87.73t/data=!3m6!1e1!3m4!1sy8hEQY5zZ1IEf2ibZ1lb8w!2e0!7i13312!8i6656>.
- GOOGLE, 2017b. Cruce Av 68 con calle 22. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com.co/maps/@4.6452663,-74.1104315,3a,75y,154.79h,88.6t/data=!3m6!1e1!3m4!1s23-Ktwg02QbQRkXnl1vI0Q!2e0!7i13312!8i6656>.
- GOOGLE, 2017c. Cruce Av americas con cra 36. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: https://www.google.com.co/maps/@4.6252271,-74.091154,3a,75y,123.35h,75.12t/data=!3m6!1e1!3m4!1sgjelnB_vp2UnuA1gxiw3VA!2e0!7i13312!8i6656.
- GOOGLE, 2017d. Cruce Av Boyaca con calle 22. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com.co/maps/@4.6559568,->

- 74.1208772,3a,75y,111.18h,88.12t/data=!3m7!1e1!3m5!1sdKtBbuHnce
kDKTG9AHBN5Q!2e0!6s%2F%2Fgeo3.ggpht.com%2Fcbk%3Fpanoid
%3DdKtBbuHncekDKTG9AHBN5Q%26output%3Dthumbnail%26cb_cli
ent%3Dmaps_sv.tactile.gps%26thumb%3D2%26w%3D203%26h%3D1
00%26yaw%3D144.58868%26pitch%3D0%26thumbfov%3D100!7i1331
2!8i6656.
- GOOGLE, 2017e. Cruce Av cali calle 22. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com.co/maps/@4.6659918,-74.1305923,3a,75y,148.44h,98.7t/data=!3m6!1e1!3m4!1s2GKzH2kus0vtAq2Zn-Bigg!2e0!7i13312!8i6656>.
- GOOGLE, 2017f. Cruce Av NQS con calle 22. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: fuente: (Google 2017b) %0AAño: 2018%0A.
- GOOGLE, 2017g. Estación Fontibón. *Google Maps - Street View* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com.co/maps/@4.6759478,-74.1405154,3a,75y,11.11h,86.07t/data=!3m6!1e1!3m4!1sEsXZ5M4FTZHnj89hEAiekQ!2e0!7i13312!8i6656>.
- GOOGLE, 2017h. Mosquera - *Google Maps. Street View* [en línea]. Disponible en: https://www.google.com.co/maps/@4.7071915,-74.228826,3a,47y,286.01h,90.89t/data=!3m6!1e1!3m4!1shzTciwe6MP_leZEgbSYa0Q!2e0!7i13312!8i6656.
- GOOGLE, 2018a. Aplicaciones de Android en Google Play. [en línea]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=unc.eco.app&hl=es>.
- GOOGLE, 2018b. Boston Transit_ MBTA Bus, Subway & Rail Tracker - Aplicaciones en Google Play. .
- GOOGLE, 2018c. TransantiagoMaster - Aplicaciones en Google Play. .
- HENAO, J.J.P. y CALDERÓN, C.A.G., 2010. *Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales*. S.l.: s.n.
- HIDALGO, D., 2005. Comparación de Alternativas de Transporte Público Masivo - Una Aproximación Conceptual. *Revista de Ingeniería* [en línea], no. 21, pp. 94–105. ISSN 01214993. DOI 10.16924/riua.v0i21.408. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=20001262&lang=es&site=ehost-live>.
- HUERTA AVILES, C.G. y DURAN CELIS, L., 2009. *PROYECTO DE FERROCARRILES ASISTIDO POR SOFTWARE DE INGENIERIA CIVIL*. S.l.: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
- INRIX, 2017. INRIX Global Traffic Scorecard. *Inrix Global Traffic Scorecard* [en línea]. Disponible en: <https://media.bizj.us/view/img/10360454/inrix2016trafficscorecarden.pdf>.
- JORGE ORLANDO MELO, 1988. Gaitán: el impacto y el síndrome del 9 de abril. *Credencial Histórica* [en línea]. [Consulta: 21 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.jorgeorlandomelo.com/gaitan.htm>.
- LA REPUBLICA, 2014. Tren ligero para Bogotá, Facatativá y Soacha sería una realidad en 2019. [en línea]. Bogotá D.C., 12 diciembre 2014.

- Disponible en: <https://www.larepublica.co/economia/tren-ligero-para-bogota-facatativa-y-soacha-seria-una-realidad-en-2019-2201516>.
- LEVINSON, H., ZIMMERMAN, S., CLINGER, J. y RUTHERFORD, G., 2002. Bus Rapid Transit: An Overview. *Journal of Public Transportation* [en línea], vol. 5, no. 2, pp. 1–30. ISSN 1077-291X. DOI 10.5038/2375-0901.5.2.1. Disponible en: <http://scholarcommons.usf.edu/jpt/vol5/iss2/1/>.
- MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORITY, 2017. Ridership Trends. [en línea], Disponible en: [http://www.mbta.com/uploadedfiles/About_the_T/Board_Meetings/M.Ridership Trends Final 022717.pdf](http://www.mbta.com/uploadedfiles/About_the_T/Board_Meetings/M.Ridership_Trends_Final_022717.pdf).
- MASSACHUSETTS BAYTRANSPORTATION ASSOCIATION, 2017. MBTA - Presentation. . S.l.: s.n.,
- MATEU, J., MARIA, J. y RUIZ, M., 2017. Mallorca y sus dinámicas metropolitanas : proximidad y movilidad cotidiana en una isla-ciudad. , vol. 43, pp. 27–47.
- MEI-CHENG, S., DICK, C.T. y BARKAN, C.P.L., 2015. Impact of Passenger Train Capacity and Level of Service on Shared Rail Corridors with Multiple Types of Freight Trains. *25th European Safety and Reliability Conference ESREL* [en línea], vol. 2, no. 3, pp. 438–456. ISSN 0951-8320. DOI 10.1061/(ASCE)1076-0342(2001)7:3(95). Disponible en: http://www.destinationrail.eu/documents%255Cnhttp://abstracts.aetransport.org/paper/index/id/1074/confid/6%255Cnhttp://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%253Ab30d21bb-c123-4d8c-b02f-cf6c1cb6dae8/%255Cnhttp://www.ejtir.tudelft.nl/issues/2001_04/pdf/2001_04_04.pdf%25.
- METRO DE BOGOTÁ, 2016a. Por qué elevado. [en línea]. Disponible en: <http://www.metrodebogota.gov.co/por-que-elevado>.
- METRO DE BOGOTÁ, 2016b. *Proyecto primera línea del metro de Bogotá* [en línea]. 2016. Bogotá D.C.: s.n. Disponible en: <http://www.metrodebogota.gov.co/que-es-metro>.
- MINISTERIO DE FOMENTO, 2015. Áreas urbanas en España 2015. [en línea]. S.l.: Disponible en: <http://atlasau.fomento.gob.es/>.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2008. TREN CERCANIAS BOGOTA. . S.l.:
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2013. *Manual de Normatividad Férrea Parte I* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=10879>.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2017. Gobierno da luz verde a Regiotram de Occidente Que conectará a Bogotá con municipios de la Sabana. [en línea]. Disponible en: https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/gobierno_da_luz_verde_a_regiotram_de_occidente_que_conectara_a_bogota_con_municipios_de_la_sabana.
- MOJICA, C.H., 2018. Transmilenio en cifras. [en línea]. S.l.: Disponible en:

- <http://www.transmilenio.gov.co/loader.php?IServicio=Publicaciones&ITipo=WFAccionA&IFuncion=visualizar&id=14098&bd=m>.
- MONTEZUMA, R., 2008. *La ciudad del tranvía, 1880-1920*. S.l.: s.n.
- MOOVIT, 2017. *Estadísticas y datos de transporte público en Bogotá _ Índice de Transporte Público de Moovit* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. Disponible en: https://moovitapp.com/insights/es-419/Moovit_Insights_Índice_de_Transporte_Público-762.
- MTBA, 2018a. Fares. [en línea]. Disponible en: <https://mbta.com/fares>.
- MTBA, 2018b. Subway _ Schedules & Maps _ MBTA. .
- PODER PÚBLICO - RAMA LEGISLATIVA, 2002. *Ley 769 de 2002*. 2002. S.l.: s.n.
- PUBLIMETRO COLOMBIA, 2017. Mapa del metro de Bogotá_ conozca el mapa de las estaciones y por dónde pasará. [en línea]. Disponible en: <https://www.publimetro.co/co/noticias/2017/11/01/mapa-metro-bogota.html>.
- RADIO 316, 2018. A personalizar la tarjeta de transmilenio. [en línea]. Disponible en: <https://radio316.com.co/a-personalizar-la-tarjeta-de-transmilenio/>.
- RED+ NOTICIAS, 2018. Obras del TransMiCable entran en la recta final. [en línea]. Disponible en: <http://www.redmas.com.co/bogota/obras-del-transmicable-entran-la-recta-final/>.
- RENFE, 2015. EPE Renfe-Operadora 2015 - Cuentas Anuales Consolidadas e Informe de Gestión. . S.l.:
- REPÚBLICA, B. de la, 2006. Exposición: Imágen del ferrocarril en la numismática colombiana. [en línea]. [Consulta: 5 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/ferrocarriles/menu.htm>.
- ROBERTO CABRERA-MOYA, D.R., 2017. Towards a framework of generating sustainable competitive advantages in the Integrated Public Transport Systems -PTS in Colombia. Contribution of dynamic innovation capabilities. *Dyna* [en línea], vol. 84, no. 200, pp. 169–175. DOI 10.15446/dyna.v84n200.54118. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n200.54118>.
- SANTAMARÍA, M.C., 2017. Regiotram. *twitter @mauriciocard* [en línea]. Disponible en: <https://twitter.com/mauriciocard/status/924689392429682688?lang=es>.
- SANTIAGO, M. de, 2017. Metro de Santiago. [en línea]. Disponible en: <https://www.metro.cl/>.
- SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, 2010. ZONAS GEOTÉCNICAS. [en línea]. Bogotá D.C.: Disponible en: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/MCZSB-Geotecnico-2010.pdf>.
- SITP, 2012a. Servicio Complementario. [en línea]. Disponible en: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_complementario.

- SITP, 2012b. Servicio Urbano. [en línea]. Disponible en: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urbano.
- SITP, 2012c. TransMilenio. [en línea]. Disponible en: <http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/TransMilenio>.
- SITP, 2015a. Proyecto Cable de Bogotá. [en línea]. Disponible en: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/modos_alternativos_sitp/proyecto_cable_de_bogota.
- SITP, 2015b. Servicio Especial. [en línea]. Disponible en: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_especial.
- SUAREZ, M.R. y PIÑA HERNÁNDEZ, I.D., 2016. *Estudio técnico para la determinación de alternativas de mejora en la operación del sistema integrado de transporte público SITP de Bogotá*. S.l.: Universidad Militar Nueva Granada.
- THE DATA TEAM, 2015. Bright lights, big cities. *The Economist* [en línea]. Disponible en: <https://www.economist.com/node/21642053>.
- TMB TRANSPORTS METROPOLITANS DE BARCELONA, 2015. Informe de gestión 2015. [en línea], pp. 127. DOI 10.1016/j.rce.2009.11.001. Disponible en: https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Transparencia/Presupuesto/Informe de Gestión y de Resultados/ANEXO 1. INFORME DE GESTION METRO.pdf.
- TRAM, 2018. Mapa Web TRAM Barcelona. [en línea]. Disponible en: <http://www.tram.cat/es/mapa-web/>.
- TRANSANTIAGO, 2018. Transantiago Web oficial. .
- TRANSMILENIO S.A., 2017. Rutas. [en línea]. Disponible en: http://www.sitp.gov.co/plano_de_estaciones_y_portales_de_transmilenio.
- TRANSPORTS METROPOLITANS DE BARCELONA, 2018. TMB Barcelona bus y metro | Transports Metropolitans de Barcelona. [en línea]. Disponible en: <https://www.tmb.cat/es>.
- TURISTREN, 2010. TURISTREN - Tren Turístico de la Sabana. *Tren turístico de la Sabana* [en línea]. Disponible en: http://www.turistren.com.co/?page_id=15.
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 2005. American factfinder. *Choice Reviews Online* [en línea]. Disponible en: <http://choicereviews.org/review/10.5860/CHOICE.43-1925>.
- UJUETA, K., ALVARADO, J.C. y PLAZAS, H.E., 2016. *Estudio de Prefactibilidad para el Montaje de un servicio de alquiler de bicicletas a través de una red de estaciones en Bogotá*. S.l.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- UNICON, 2005. *Concreto : “ 30 años de vida promedio ”* [en línea]. 2005. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/pavitipopv/TIPOS DE PAVIMENTO.pdf>.
- VAN AUDENHOVE, F.-J., KORIICHUK, O., DAUBY, L. y POURBARX, J.,

2014. *The Future of Urban Mobility 2.0: Imperatives to Shape Extended Mobility Ecosystems of Tomorrow*. Arthur D. Little; *International Association of Public Transport (UITP)*. S.l.:
- VIANA SUBERVIOLA, E., 2017. Ciudad y transporte: transformación urbanística e impacto ambiental. ,
- VILLAVECES NIÑO, M.J. y HERNÁNDEZ ORTEGA, R.E., 2017. CARRETERAS Y RED ELÉCTRICA. , vol. 11, no. 1, pp. 7–36.
- WINSTON, C. y MAHESHRI, V., 2007. On the social desirability of urban rail transit systems. *Journal of Urban Economics*, vol. 62, no. 2, pp. 362–382. ISSN 00941190. DOI 10.1016/j.jue.2006.07.002.

FIRMA ESTUDIANTE 1
LORENZO DUBAN CUBAQUE
PORRAS
505022

FIRMA ESTUDIANTE 2
JAIRO ALFONSO VELANDIA
MEDINA
505355

FIRMA ASESOR DEL TRABAJO DE GRADO
YELINCA SALDEÑO MADERO

FECHA

(22/05/2018)