



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Evaluación Económica Ex Post de Los Sistemas Integrados De Transporte Masivo Urbanos de Bogotá y Medellín. Análisis comparativo desde una Perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional

William Leonardo Rincón Pertuz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Bogotá, Colombia

2023

Evaluación Económica Ex Post de Los Sistemas Integrados De Transporte Masivo Urbanos de Bogotá y Medellín. Análisis comparativo desde una Perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional

William Leonardo Rincón Pertuz

Tesis investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería – Transporte

Director:

Ph.D. César Augusto Ruiz Rojas

Línea de Investigación:

Planeación de la movilidad

Grupo de Investigación:

Programa de Investigación en Transporte Movilidad y Territorio (PIT)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Bogotá, Colombia

2023

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

William Leonardo Rincón Pertuz

Fecha 31/07/2023

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, mi alma máter, por brindarme la posibilidad de haber recibido una formación académica integral a lo largo de mi trayectoria educativa universitaria.

Al profesor César Augusto Ruiz Rojas, mi director, por los conocimientos compartidos, el acompañamiento permanente, el tiempo dedicado y su ejemplo de integridad y arduo trabajo.

A los profesores de la Maestría en Ingeniería – Transporte por sus valiosos aportes, emitidos desde cada una de sus experticias y trayectorias, y que enriquecieron mi formación.

A los estudiantes de la Maestría, mis compañeros, por los espacios compartidos, las discusiones académicas, amistad y compañerismo que hicieron más amable mi paso por la universidad.

A las entidades Transmilenio S.A, Metro de Medellín, Secretaría Distrital de Movilidad (SDM), Contraloría de Bogotá, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, al Departamento Nacional de Planeación (DNP) por haber facilitado la realización de este trabajo, no solo brindando información primaria, sino por los conceptos y opiniones aportadas desde la experiencia de quienes hacen posible el funcionamiento de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo.

Resumen

Evaluación Económica Ex Post de Los Sistemas Integrados De Transporte Masivo Urbanos de Bogotá y Medellín. Análisis comparativo desde una Perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional.

El propósito de esta tesis es evaluar económicamente Ex Post la implementación y operación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivos de Bogotá y Medellín y su incidencia en el crecimiento económico de las ciudades, desde una perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional, con el fin de medir y comparar el desempeño económico de dos proyectos de transporte masivo basados en tecnologías de operación diferentes, el primero un sistema basado en buses de tipo BRT y el segundo un sistema basado en trenes pesados.

Para el desarrollo de la investigación, primero se realiza un Análisis de Costo - Beneficio (ACB) por medio de flujos de caja conformados con ingresos, inversiones, costos y beneficios generados por los SITM. Segundo se realiza una evaluación de impacto urbano mediante un modelo de Diferencias en Diferencias (DiD) empleando datos de los valores comerciales o precios del suelo de los predios de las ciudades de Bogotá y Medellín obtenidos a partir de información de las lonjas de propiedad raíz y de observatorios oficiales. Por último, se realiza un análisis comparativo entre el desarrollo de los SITM frente al crecimiento económico de las ciudades mediante un Análisis de Causalidad de Granger a partir de métodos econométricos de series de tiempo con datos de PIB per Cápita y número de viajes de los SITM de Bogotá y Medellín.

Como resultado principal se encontró que en la práctica de su implementación y a lo largo de la operación, los SITM de Bogotá y Medellín son proyectos muy diferentes al momento de generar los beneficios en una perspectiva de evaluación económica, en particular desde las perspectivas de transporte, urbana e institucional. Así mismo, se identifica que ambos SITM han respondido de forma diferente ante los impulsos generados por el crecimiento económico de las ciudades de Bogotá y Medellín.

Palabras clave: Transporte Público, Evaluación Económica, Análisis Costo Beneficio, Impactos Urbanos, Crecimiento Económico, Transmilenio, Metro de Medellín.

Abstract

Ex Post Economic Evaluation of the Urban Integrated Mass Transit Systems of Bogotá and Medellín. Comparative Analysis from a Transport, Urban, and Institutional Perspective.

The purpose of this thesis is to perform an Ex-Post economic evaluation of the implementation and operation of the Integrated Mass Transit Systems (SITM) in Bogotá and Medellín, assessing their impact on the economic growth of these cities from the perspectives of Transportation, Urban Development, and Institutional aspects. The aim is to measure and compare the economic performance of two mass transit projects based on different operational technologies: The first being a Bus Rapid Transit (BRT) system and the second, a Heavy Rail-based system.

The research approach begins with a Cost-Benefit Analysis (CBA) using cash flows constructed from revenues, investments, costs, and benefits generated by the SITMs. Subsequently, an urban impact evaluation is conducted using a Difference-in-Differences (DiD) model, employing data from commercial property values or land prices in Bogotá and Medellín, obtained from real estate exchanges and official observatories. Finally, a comparative analysis between the development of the SITMs and the economic growth of the cities is undertaken using a Granger Causality Analysis based on econometric time series methods with data from per capita GDP and the number of trips within the SITMs in Bogotá and Medellín.

The primary finding indicates that in practical implementation and throughout operation, the SITMs in Bogotá and Medellín demonstrate substantial differences in terms of the benefits generated from an economic evaluation perspective, particularly in the realms of transportation, urban development, and institutional impacts. Additionally, it is identified that both SITMs have responded differently to the stimuli generated by the economic growth of the cities of Bogotá and Medellín.

Keywords: Economic Evaluation, Cost-Benefit Analysis, Urban Impacts, Economic Growth, Transmilenio, Medellín Metro.

Contenido

	Pág.
Contenido	8
Introducción	13
1. Capítulo 1. SITM de Bogotá y Medellín: Antecedentes, componentes funcionales y factores de producción.	18
1.1 Historia de los SITM de Bogotá y Medellín	19
1.2 Componentes de los SITM de Bogotá y Medellín	27
1.3 Factores de oferta y operación SITM de Bogotá y Medellín	38
2. Capítulo 2. Análisis de costos y beneficios de los SITM de Bogotá y Medellín.	43
2.1 Revisión de estudios previos	44
2.2 Modelo de evaluación económica vía flujos de costos y beneficios	50
2.3 Valoración económica de costos y beneficios	54
2.4 Evaluación financiera SITM de Bogotá y Medellín	61
2.4.1 Inversiones a precios de mercado	62
2.4.2 Ingresos a precios de mercado	65
2.4.3 Costos a precios de mercado	70
2.4.4 Flujos de inversiones, ingresos y costos a precios de mercado	75
2.4.5 Evaluación financiera con corte al año 2019	78
2.5 Evaluación económica de los SITM de Bogotá y Medellín	81
2.5.1 Costos a precios económicos (precios cuenta)	82
2.5.2 Beneficios generados por los SITM de Bogotá y Medellín	85
2.5.3 Flujos de costos y beneficios a precios económicos (precios cuenta)	105
2.5.4 Evaluación económica a corte al año 2019	107
3. Capítulo 3. Estimación de los impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín	111
3.1 Modelo de Diferencias en Diferencias (DiD)	113
3.2 Área de Influencia Directa de los SITM de Bogotá y Medellín	116
3.3 Procesamiento de información para definición de variables urbanas	120
3.4 Impactos urbanos SITM de Bogotá y Medellín	123
4. Capítulo 4. Análisis comparativo entre el desarrollo de los SITM y el crecimiento económico de las ciudades de Bogotá y Medellín	127
4.1 Tendencias de la demanda y funciones de producción de los SITM de Bogotá y Medellín	128
4.2 Análisis estructural de las series históricas de demanda de los SITM de Bogotá y Medellín	134
4.3 Análisis estructural de las series históricas de demanda de los SITM de Bogotá y Medellín	142
4.4 Pronóstico de demanda futura de los SITM de Bogotá y Medellín	146

4.5	Principales resultados	149
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	151
5.1	Conclusiones.....	151
5.2	Recomendaciones.....	158
	Bibliografía	160
	Anexos	165
	Anexo A: Flujos de caja SITM de Bogotá.....	165
	Anexo B: Flujos de caja SITM de Medellín.....	169
	Anexo C: Solicitudes de información.....	173

Lista de Esquemas

	Pág.
Esquema 1-1. Componentes funcionales de los SITM de Bogotá y Medellín.	28
Esquema 2-1. Esquema de flujo de caja de un proyecto de inversión	52
Esquema 2-2. Detalle beneficios generados en los usuarios por la variación entre las tarifas del TPC y las tarifas del SITM.....	88
Esquema 2-3. Detalle beneficios generados por ahorro de tiempo de usuarios por la implementación del SITM.	92
Esquema 2-4. Detalles beneficios económicos generados por el nivel de satisfacción de los usuarios.	95
Esquema 2-5. Detalle beneficios institucionales SITM de Bogotá y Medellín.....	99
Esquema 3-1. Proceso consecución de información secundaria de instituciones públicas o privadas.....	121

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1-1. Línea de tiempo comparativa de evolución de los Sistemas de Transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín 1880 - 2019.	20
Figura 3-1. Área de Influencia del SITM de Bogotá.	118
Figura 3-2. Área de Influencia del SITM de Medellín.	119
Figura 4-1. Línea de Proyecto Sistema Integrado de Transporte (SITP) de Bogotá	137
Figura 4-2. Línea de Proyecto Sistema Integrado de Transporte de Medellín	141

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 2-1. Representación de excedentes del productor y del consumidor	56
Gráfica 2-2. Excedentes Sociales Variación Precio Generalizado del Transporte.....	58
Gráfica 2-3. Inversiones SITM de Bogotá y Medellín a precios de mercado	63
Gráfica 2-4. Ingresos de los SITM de Bogotá y Medellín a precios de mercado	67
Gráfica 2-5. Comparación Ingresos Operacionales SITM de Bogotá y SITM de Medellín	69
Gráfica 2-6. Series de Costos a precios de mercado SITM de Bogotá y Medellín.	72
Gráfica 2-7. Comparación entre costos operacionales de los SITM de Bogotá y Medellín	74
Gráfica 2-8. Relación Ingresos y Costos a precios de mercado SITM de Bogotá y Medellín	79
Gráfica 2-9. Beneficio por variación de la tarifa a usuarios cambio de excedente del consumidor.....	86
Gráfica 2-10. Beneficios por variación de tarifas transporte público SITM Bogotá y Medellín	89
Gráfica 2-11. Beneficio ahorro de tiempo de usuarios cambio de excedente del consumidor.....	91
Gráfica 2-12. Beneficios por ahorro de tiempo SITM de Bogotá y Medellín	93
Gráfica 2-13. Beneficio nivel de satisfacción de los usuarios cambio de excedente del consumidor.....	94
Gráfica 2-14. Beneficios por nivel de satisfacción usuarios SITM de Bogotá y Medellín	97
Gráfica 2-15. Beneficio modelo institucional cambio de excedente del productor	99
Gráfica 2-16. Beneficios institucionales SITM de Bogotá y Medellín.....	100
Gráfica 2-17. Resumen beneficios SITM de Bogotá y Medellín a precios cuenta	103
Gráfica 2-18. Relación Beneficio/Costo anual histórica comparación entre SITM de Bogotá y SITM de Medellín	108
Gráfica 3-1. Estimador Modelo de Diferencias en Diferencias (DiD)	115
Gráfica 4-1. Series de Validaciones y Longitud Histórica Acumulada SITM Bogotá (BRT)	129
Gráfica 4-2. Series de Validaciones y Longitud Histórica Acumulada SITM Medellín (Tren Urbano).	130
Gráfica 4-3. Serie de tiempo Validaciones/Longitud de los SITM de Bogotá y Medellín	131
Gráfica 4-4. Series PIB per Cápita ciudades en donde operan los SITM de Bogotá y Medellín	132
Gráfica 4-5. Cambios Estructurales serie Validaciones SITM de Bogotá	135
Gráfica 4-6. Cambios Estructurales serie Validaciones/Longitud SITM de Bogotá.....	136
Gráfica 4-7. Cambios Estructurales Serie Validaciones SITM de Medellín	138
Gráfica 4-8. Cambios Estructurales Serie Validaciones/Longitud SITM de Medellín.	139

Gráfica 4-9. Respuesta de la Demanda del SITM ante un impulso en el PIB per Cápita de Medellín	145
Gráfica 4-10. Respuesta de la Demanda del SITM ante un impulso de la misma Demanda del SITM de Medellín	145
Gráfica 4-11. Pronóstico de la Demanda "Validaciones" SITM de Bogotá (ARIMA).....	147
Gráfica 4-12. Pronóstico de la Demanda "Validaciones/Longitud" SITM de Bogotá (ARIMA)	148
Gráfica 4-13. Pronóstico de la Demanda "Validaciones" SITM de Medellín (ARIMA)....	148
Gráfica 4-14. Pronóstico de la Demanda "Validaciones/Longitud" SITM de Medellín (ARIMA)	149

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Componentes y Organizaciones SITM de Bogotá y Medellín	30
Tabla 1-2. Características generales de los SITM de Bogotá y Medellín.....	37
Tabla 1-3. Factores de producción SITM de Bogotá y Medellín	39
Tabla 2-1. Evaluaciones Económicas Desarrolladas sobre el SITM de Bogotá (Transmilenio).	45
Tabla 2-2. Evaluaciones Económicas Desarrolladas sobre el SITM de Medellín (Metro de Medellín)	47
Tabla 2-3. Costos y Beneficios Económicos identificados en los estudios previos.	48
Tabla 2-4. Metodologías Evaluación Económica de Proyectos de Transporte	49
Tabla 2-5. Áreas excedentes sociales según caso.....	59
Tabla 2-6. Resultado variación del precio generalizado de transporte según el caso....	60
Tabla 2-7. Flujos de Ingresos, Inversiones y Costos a precios de mercado SITM de Bogotá.....	76
Tabla 2-8. Flujo de Inversiones, Ingresos y Costos a precios de mercado SITM de Medellín	77
Tabla 2-9. Resultados de la Evaluación Financiera SITM de Bogotá y SITM de Medellín	78
Tabla 2-10. Indicadores Razón Precios Cuenta empleados para la Investigación y definidos por el DNP para los Insumos en Colombia	82
Tabla 2-11. Factores RPC Costos SITM de Bogotá	83
Tabla 2-12. Factores RPC Costos SITM de Medellín	83
Tabla 2-13. Flujos de Costos a precios económicos (Precios Sombra) SITM de Bogotá	84
Tabla 2-14. Flujos de Costos a precios económicos (Precios Sombra) SITM de Medellín	84
Tabla 2-15. Factores RPC Beneficios SITM de Bogotá y Medellín.....	101
Tabla 2-16. Flujo Beneficios a precios financieros (de mercado) SITM Bogotá	102
Tabla 2-17. Flujo Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM Bogotá	102

Tabla 2-18. Flujo Beneficios precios financieros (de mercado) SITM Medellín.....	102
Tabla 2-19. Flujo Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM Medellín.....	102
Tabla 2-20. Flujos de Costos y Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM de Bogotá.....	106
Tabla 2-21. Flujos de Costos y Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM de Medellín.....	106
Tabla 2-22. Resultados de la Evaluación Económica SITM de Bogotá y SITM de Medellín	107
Tabla 3-1. Resultados modelo DiD. Impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín en términos monetarios por unidad de área	124
Tabla 4-1. Resultados Prueba de Causalidad de Granger SITM Bogotá.....	143
Tabla 4-2. Resultados Prueba de Causalidad de Granger SITM Medellín.....	144

Introducción

Los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de las ciudades de Bogotá y Medellín son los sistemas de transporte masivo urbanos más importantes del país. Son dos SITM que se encuentran basados en tecnologías operacionales y de infraestructura diferentes, y que a lo largo de sus más de 20 años de operación se han consolidado como los ejes de movilidad de cada una de las ciudades.

Por un lado, el SITM de Bogotá se encuentra basado en buses de tipo BRT (Bus Rapid Transit) que transitan por carriles parcialmente segregados del tráfico mixto y que emplean estaciones y portales de menor capacidad que las estaciones del SITM de Medellín. Estos portales y estaciones se encuentran ubicados a nivel de la calzada vehicular mixta, en donde se realiza la operación de recoger y dejar pasajeros. Por otro lado, el SITM de Medellín se encuentra basado en trenes de tipo Metro Pesado (HRT), transita por viaductos completamente segregados del tráfico mixto y emplean estaciones elevadas de mayor capacidad que las estaciones del SITM de Bogotá, en donde se realiza la operación de recoger y dejar los pasajeros.

El éxito alcanzado por los SITM en las ciudades de Bogotá y Medellín ha motivado a los planificadores y responsables de la toma de decisiones del sector público a seguir adelante con la expansión de las redes de transporte utilizando estos mismos modelos de transporte en dichas ciudades. De hecho, el modelo del SITM de Bogotá, basado en buses tipo BRT, ha sido replicado en otras ciudades del país y del mundo (Rincón, 2018), aunque con resultados diferentes (DNP, 2014).

Durante los últimos años, la determinación del modelo de SITM más eficiente en términos de inversiones, costos e ingresos ha sido objeto de intenso debate académico, técnico y político. En algunas ocasiones, esta discusión se ha extendido a la evaluación de los

costos y beneficios económicos generados por los SITM. No obstante, este tipo de evaluaciones es un campo del conocimiento que ha sido escasamente explorado a nivel nacional, y por lo tanto esta investigación busca contribuir a ampliar el conocimiento en esta área.

En este contexto, desde el año 2016 el profesor César Ruiz de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá) ha venido desarrollando una investigación sobre la evolución y evaluación de impactos de los sistemas de transporte masivo tanto en Colombia como en el Mundo, algunos de los resultados se han presentado en la Conferencias de (Ruiz, 2016) y (Ruiz, 2018), la ponencia de (Rincón & Ruiz, 2020) y la Monografía (Rincón, 2018).

En el marco de esa investigación, se desarrolla la presente tesis de maestría cual tiene como propósito general ***Evaluar económicamente Ex Post la implementación y operación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivos de Bogotá y Medellín y su incidencia en el crecimiento económico de las ciudades, desde una perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional, con el fin de medir y comparar el desempeño económico de dos proyectos de transporte masivo basados en tecnologías de operación diferentes***". En particular, esta evaluación busca realizar una contribución significativa al estado actual del conocimiento en el ámbito económico y de transporte en relación con los SITM de Bogotá y Medellín, en donde se considera que aún existe una brecha de investigación en este campo por explorar.

Dado el alcance del presente trabajo de investigación, es importante tener en cuenta que **en el desarrollo de esta evaluación se consideran como SITM solo a los componentes troncales de los Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP) de las ciudades de Bogotá y Medellín**. Es decir, en el caso de Bogotá, el SITM corresponde al sistema de buses articulados de tipo BRT (Buses de Transmilenio), y en el caso de Medellín, el SITM corresponde al sistema de tipo Metro (Metro de Medellín). **Los sistemas de cables aéreos, tranvías y buses, se consideran como sistemas alimentadores de los SITM y no harán parte de la evaluación, o por lo menos no directamente**.

Así mismo, considerando que la presente investigación se trata de una tesis de maestría, el alcance de la evaluación se verá limitado a la identificación y valoración económica de solo algunos de los costos y beneficios generados por los SITM de Bogotá y Medellín

desde las perspectivas de transporte, urbana e institucional. No obstante, el modelo de evaluación económica que se emplea para esta investigación es un modelo flexible que permite realizar ajustes sobre la metodología para estimar los costos y beneficios identificados, o incorporar variables de estudio adicionales que puedan representar costos, beneficios o impactos adicionales que permitan ajustar el modelo. Por lo tanto, queda abierta la posibilidad de que los resultados de la presente evaluación sean ajustados y complementados en futuras investigaciones.

Así las cosas, esta investigación se encuentra dirigida a analizar desde un punto de vista económico y comparativo los SITM de Bogotá y Medellín, con el propósito de identificar algunos de los costos, beneficios e impactos que han generado estos proyectos de transporte masivo desde su implementación, y aquellos aspectos que resultan coincidentes o diferentes entre ambos.

La investigación partirá del reconocimiento de los principales componentes y factores que constituyen la oferta y operación integral de los sistemas integrados de transporte masivo urbano desde una perspectiva de Transporte, Urbano e Institucional. Con esto, se buscará comprender los SITM desde sus orígenes a partir de su estructura institucional mediante un análisis teórico y conceptual empleando la teoría de los arreglos institucionales y la economía del transporte.

Se realiza la definición y desarrollo de un modelo que permita evaluar cuantitativamente los costos y beneficios (ACB) generados por los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de las ciudades de Bogotá y Medellín. Este modelo se verá complementado por un modelo econométrico de evaluación de impacto que permitirá identificar los impactos urbanos generados por la implantación de la infraestructura de transporte de los sistemas.

Así mismos, se analiza de forma económica y comparativa, la relación entre el desarrollo de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo urbano y el crecimiento de las ciudades de Bogotá y Medellín. Para ello se emplean herramientas econométricas de series de tiempo que permitan analizar la causalidad entre ambas dimensiones.

Por medio de esta investigación se busca entender **¿Cómo se han desempeñado económica y comparativamente los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de las ciudades de Bogotá y Medellín desde su implementación?** Ante esta pregunta

inicial de investigación, se plantea la hipótesis de que, **desde la perspectiva económica, los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de las ciudades de Bogotá y Medellín se comportan de forma diferenciada, dependiendo de la tipología de los Sistemas y de la tecnología que estos empleen. El enfoque de análisis comparativo permite revelar algunos elementos coincidentes y diferenciadores entre ambos Sistemas, relacionados con la eficiencia económica, desempeño y el crecimiento económico de las ciudades en donde operan.** Esta hipótesis será contrastada y validada a lo largo del desarrollo de la presente investigación, la cual se encuentra organizada en cuatro capítulos.

En el primer capítulo se analiza la evolución de los Sistemas de Transporte Público de las ciudades de Bogotá y Medellín desde finales del siglo XIX hasta los SITM actuales. Se revisan los antecedentes de los diferentes modelos de sistemas de transporte masivo que se implementaron a lo largo de los años identificando los aspectos coincidentes y diferenciadores entre ambas ciudades. Se reconocen y analizan los componentes funcionales que conforman los SITM a través del concepto de los arreglos institucionales. Así mismo, se reconocen y analizan los factores de producción del servicio de transporte que prestan los actuales SITM, a partir del marco conceptual y teórico de la economía del transporte.

En el segundo capítulo se define y desarrolla un modelo de evaluación económica de Análisis de Costo – Beneficio para analizar comparativamente los SITM de Bogotá y Medellín. En este capítulo se conforman los flujos de caja de ambos sistemas, los cuales se encuentran constituidos por inversiones, ingresos, costos y beneficios. Empleando los tres primeros rubros, se realiza la evaluación financiera de los proyectos y estimando los indicadores que permiten medir la rentabilidad de los proyectos. Finalmente se realiza la valoración económica de los costos y beneficios económicos, y se realiza la evaluación económica del proyecto, estimando el aporte real que realiza el proyecto al agregado de la economía de las ciudades.

En el tercer capítulo se evalúan los impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín. Se establece un modelo econométrico para la evaluación de impactos de tipo Diferencias en Diferencias (DiD) y se estiman los impactos generados por cada uno de los

SITM en términos de variación anual del metro cuadrado construido en los predios ubicados en el área de influencia de los SITM, empleando información disponible sobre precios del suelo y avalúos comerciales en cada una de las ciudades.

En el cuarto capítulo se analizan desde una perspectiva económica la relación entre el desarrollo de los SITM en términos de número de viajes y el crecimiento económico de las ciudades en términos de PIB per Cápita. Para ello emplean herramientas econométricas de series de tiempo que permiten identificar el nivel y se sentido de la causalidad entre ambas variables.

Finalmente, se presenta un capítulo con las conclusiones y recomendaciones derivadas de la presente investigación. En este capítulo se exponen las reflexiones principales basadas en los resultados de la evaluación económica ex post comparativa entre los SITM de Bogotá y Medellín. En términos generales, los hallazgos de esta investigación permiten concluir que, desde la perspectiva económica, las diferencias en los modelos institucionales adoptados por cada SITM, así como las diferentes tecnologías de operación en las cuales se encuentran basados, han generado un comportamiento diferenciado en ambos sistemas. Así mismo, el enfoque de análisis comparativo que se ha empleado en la presente investigación revela algunos elementos coincidentes y diferenciadores entre ambos Sistemas, relacionados con la eficiencia económica, desempeño y el crecimiento económico de las ciudades en las que operan.

1. Capítulo 1. SITM de Bogotá y Medellín: Antecedentes, componentes funcionales y factores de producción.

En el presente capítulo se realiza el reconocimiento y caracterización de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de las ciudades colombianas de Bogotá D.C. y Medellín. Para ello se hace una revisión general sobre los proyectos de transporte masivo que se han implementado a lo largo de la historia y antecedieron a los actuales SITM en ambas ciudades colombianas, así como la identificación, revisión y análisis de los componentes funcionales para la provisión del servicio de transporte que prestan los SITM y los factores de producción que constituyen su oferta y operación integral.

El contenido del capítulo se encuentra organizado en tres partes: Antecedentes, componentes funcionales y factores de producción de los SITM de Bogotá y de Medellín.

En la primera parte se realiza una revisión general de la historia de los Sistemas de Transporte Masivos de las ciudades de Bogotá y Medellín. En esta parte se reconocen desde una perspectiva de transporte, urbana e institucional, los orígenes y antecedentes históricos que dieron lugar a la implementación de los actuales SITM, identificando los elementos coincidentes y diferenciadores entre los proyectos implementados en ambas ciudades.

En la segunda y en la tercera parte se caracterizan y reconocen con mayor profundidad los SITM desde una perspectiva de transporte e institucional, identificando y reconociendo los principales componentes funcionales y factores de producción para la provisión del

servicio de transporte que constituyen la oferta y operación integral de los actuales SITM de Bogotá y Medellín, identificando y analizando los elementos coincidentes y diferenciadores entre ambos.

1.1 Historia de los SITM de Bogotá y Medellín

El estado actual de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de las ciudades de Bogotá y Medellín son el resultado de la constante evolución y transformación que han vivido los Sistemas de Transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín desde finales del siglo XIX. Por lo tanto, es importante revisar y comprender su contexto histórico, identificando y reconociendo sus orígenes y antecedentes antes de abordar los aspectos particulares de la valoración económica de los costos y beneficios de los actuales SITM, los cuales serán tratados en los capítulos 2, 3 y 4 de este documento.

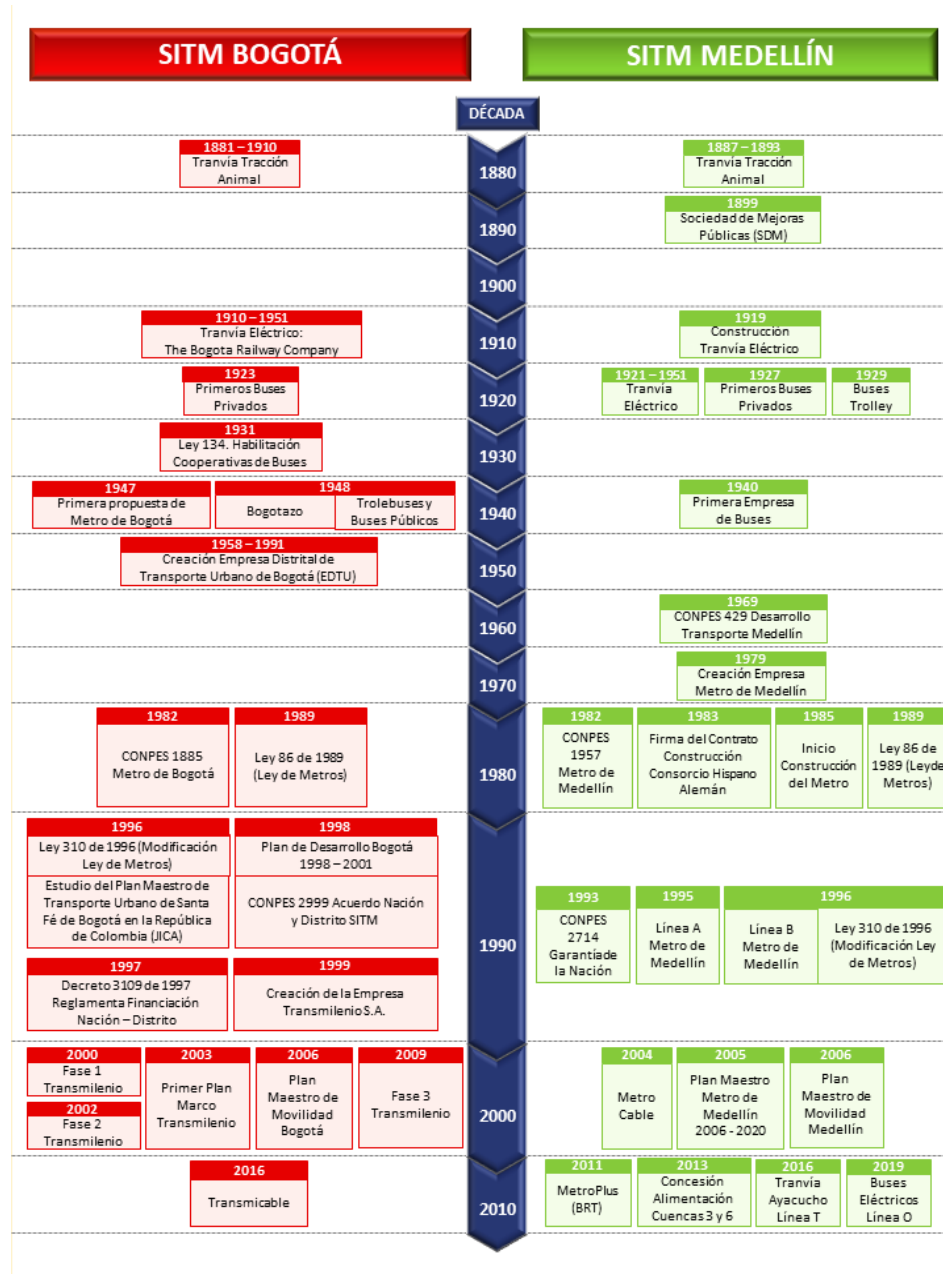
El propósito de esta sección es reconocer y comprender a nivel general los orígenes y antecedentes históricos que dieron lugar a la implementación de los actuales SITM, que sirvan como contexto general para el desarrollo de la investigación. Por lo tanto, el alcance de esta revisión antecedentes llegará únicamente hasta la identificación y mención de los principales hechos históricos de Transporte, Urbanos e Institucionales de cada uno de los SITM, identificando y analizando los elementos coincidentes y diferenciadores entre ambas ciudades.

Para revisar más en detalle la historia de los Sistemas de Transporte de Bogotá y Medellín se pueden consultar publicaciones como las realizadas por Acevedo et al., (1993), Correa et al., (2017), o la empresa Transmilenio S.A (2005), en donde de manera rigurosa se han enfocado en el análisis de los aspectos históricos y análisis más específicos sobre el desarrollo histórico de los Sistemas de Transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín.

El reconocimiento de los Sistemas de Transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín, desde una perspectiva histórica, se realiza a partir de una amplia revisión bibliográfica de libros, artículos científicos, artículos de prensa, documentos CONPES entre otros tipos de literatura, retomando más de 15 fuentes diferentes que se irán referenciando a lo largo del capítulo. El contenido de estos documentos fue complementado con los comentarios y

testimonios de funcionarios y expertos de ambas ciudades con los que se realizaron reuniones durante del periodo en el que se realizó la investigación.

Figura 1-1. Línea de tiempo comparativa de evolución de los Sistemas de Transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín 1880 - 2019.



Fuente: Elaboración Propia a partir de diversas fuentes de información

Como resultado de esta revisión bibliográfica se conforma la línea de tiempo que se presenta en la **Figura 1-1**. En esta figura se identifican los principales acontecimientos históricos que estuvieron relacionados con la evolución de los Sistemas de Transporte Masivo de ambas ciudades a través de los años desde la década de 1880.

A partir de la consolidación de la línea de tiempo, se realiza un análisis comparativo entre la evolución de los Sistemas de Transporte Masivo de las ciudades de Bogotá y Medellín desde las perspectivas Transporte, Urbana e Institucional, identificando los aspectos coincidentes y diferenciadores entre ambos proyectos de SITM.

- **Desde los tranvías de tracción animal del siglo XX hasta los BRT y Metro actuales**

Históricamente los sistemas de transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín han basado su operación en vehículos de diversas tecnologías. En un principio, los sistemas de transporte empleaban vehículos de tracción animal operados directamente por personas sin ningún nivel de automatización. Poco tiempo después, dado el avance en la industria automotriz, se comenzaron a emplear vehículos propulsados por motores de combustión interna o eléctricos de tipo tranvía, trolley o buses (Ómnibuses).

En la actualidad, se continúan empleando vehículos que utilizan ambos tipos de propulsión, tanto eléctrica como de motores de combustión interna, bien sean a Diesel o de Gas Natural Vehicular (GNV). Sin embargo, la tecnología de los SITM va mucho más allá de sus sistemas de propulsión, puesto que también contempla otros aspectos muy importantes relacionados con la infraestructura de transporte necesaria para el funcionamiento de los sistemas, como lo son la infraestructura vial (vías pavimentadas o rieles), los tipos de estaciones o portales y el nivel de segregación que deben mantener los SITM de los otros modos de transporte público y privado.

Los actuales SITM de Bogotá y Medellín han optado por la adopción de dos tecnologías muy diferentes, por un lado, buses de tipo BRT y por el otro lado, trenes de tipo Metro. Dos tecnologías que se han consolidado como las dos principales alternativas en las cuales se basan los sistemas de transporte urbano de pasajeros a nivel global. En la investigación desarrollada por Rincón, W. L. (2018), se analizan comparativamente la evolución de la implementación de estos dos tipos de sistemas a nivel mundial.

En el caso de Bogotá, el actual SITM se encuentra basado en buses de tipo BRT, un sistema que requiere de estaciones y portales para recoger y dejar los pasajeros, así como carriles exclusivos separados de los demás modos de transporte para desplazarse a lo largo del sistema. En este caso, la infraestructura vial se encuentra al mismo nivel de los otros modos, por lo tanto, es necesaria la presencia de intersecciones reguladas mediante semáforos que permiten el tránsito seguro de todos los usuarios, pero que generan paradas adicionales para el SITM y demoras adicionales para los usuarios.

En el caso de Medellín, el actual SITM se encuentra basado en trenes pesados urbanos de tipo metro, un sistema que al igual que el SITM de Bogotá, requiere de estaciones y portales para recoger y dejar los pasajeros, así como carriles exclusivos separados de los demás modos de transporte para desplazarse a lo largo del sistema. Sin embargo, en este caso los carriles exclusivos corresponden a viaductos elevados que no interactúan en ningún momento con los otros modos de transporte, lo cual le permite operar con menores interferencias que las del SITM de Bogotá, mejorando de esta forma la eficiencia del sistema.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que el tipo de tecnología en la que se basan los SITM de las ciudades, ya sea de tipo férreo en Medellín o carretero en Bogotá, definen el tipo de infraestructuras de transporte que se requieren para permitir la operación del sistema, es decir las ciudades también se han ido adaptando a las necesidades de los SITM, por este motivo es importante considerar y analizar los SITM a través de diferentes perspectivas, más allá de la perspectiva del transporte, tales como las perspectivas urbanas e institucionales que se exploran en esta investigación.

A continuación, se analizan desde la perspectiva del transporte los elementos históricos coincidentes y diferenciadores que se han identificado entre los sistemas de transporte de las ciudades de Bogotá y Medellín. Esta perspectiva permite analizar los elementos relacionados principalmente con la tecnología en la cual se basan los SITM y la infraestructura requerida para su operación.

Comenzando con el análisis comparativo entre ambos sistemas, se refiere como primer elemento coincidente el hecho de que los dos primeros Sistemas de Transporte Masivo de Colombia surgen hacia la década de 1880 en las ciudades de Bogotá y Medellín

respectivamente. De acuerdo con Correa et al., (2017, p. 6) y Correa (2002, p.2) estos sistemas de transporte se encontraban basados en tecnología de tipo tranvía y su sistema de propulsión se basaba en la tracción animal, o también denominados en la época como Tranvías de Sangre.

La puesta en marcha de estos Sistemas trajo consigo la construcción de las primeras infraestructuras exclusivas para el transporte público urbano en las ciudades, y por lo tanto los rieles se convirtieron en parte del paisaje urbano de ambas ciudades durante las primeras décadas del Siglo XX. Hacia la década de 1910, ambos sistemas de tranvía a tracción animal fueron reemplazados por tranvías eléctricos utilizando y ampliando la red eléctrica y ferroviaria inicialmente construida.

Como segundo elemento coincidente se encuentra que, los primeros buses de propiedad privada comenzaron a operar de manera informal en las ciudades de Bogotá y Medellín en la década de 1930. De acuerdo con notas de prensa de diarios nacionales¹ y Transmilenio S.A. (2003, p 12), los primeros buses que prestaron el servicio de transporte público en ambas ciudades fueron de tipo ómnibus propulsados por motores a gasolina.

El fenómeno de los buses surgió ante la necesidad de atender la creciente demanda de pasajeros en los sectores ubicados en la periferia de las ciudades, hasta donde la red de tranvía aún no se extendía. En consecuencia, durante la segunda parte del siglo XX, los buses asumieron las rutas de los tranvías y se consolidaron como el principal medio de transporte público colectivo de las ciudades.

El tercer gran elemento coincidente en la dimensión transporte hace referencia a que, hacia finales del siglo XX, se conciben los Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP) en las ciudades de Bogotá y Medellín, cuya estructura operacional se encuentra basada en la implementación de un componente troncal de alta capacidad (SITM) y varios componentes alimentadores. En el estudio elaborado por Steer D.&G (1999), se encuentra el diseño técnico operacional del proyecto Transmilenio, componente troncal del SITP de Bogotá.

¹ https://www.elcolombiano.com/historico/transporte_da_cuenta_de_la_historia_en_medellin-JDec_113684

Por otra parte, es necesario plantear que también se dieron diferencias entre los desarrollos de los sistemas de las dos ciudades que desde la perspectiva del transporte. De acuerdo con Daniels (2005) en Bogotá, se definió la operación del SITM basada en tecnología BRT y cuyo componente de alimentación se encuentra conformado por Sistemas de Cables Aéreos y Buses Alimentadores (p. 132). Por el contrario, como lo comenta Acevedo et al., (1993) en Medellín el SITM se definió basado en tecnología de trenes de tipo Metro, cuyo componente de alimentación se encuentra conformado por sistemas de Cables Aéreos, Tranvía, el BRT y Buses Alimentadores (p. 148).

- **Planificación de Ciudades a través de los Sistemas de Transporte.**

Desde una perspectiva urbana e histórica, los elementos coincidentes y diferenciadores que se han identificado entre los Sistemas de Transporte Masivo de las ciudades de Bogotá y Medellín se encuentran relacionados principalmente con el papel que han cumplido los SITM de ambas ciudades en sus respectivos Planes de Desarrollo, Planes Maestros de Movilidad. Seguidamente, se identifican los elementos coincidentes y diferenciadores entre los Sistemas de ambas ciudades.

En relación con la dimensión urbana las principales coincidencias tienen que ver con que los SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín se encuentran incorporados como componentes estructurales de los sistemas de movilidad de las ciudades, en el Plan de Desarrollo Distrital 2020 – 2024 “ Un Nuevo Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del Siglo XXI” y en el Plan de Desarrollo ““Medellín Futuro” 2020 – 2023” respectivamente. En ambos planes, se contempla el fortalecimiento de las empresas públicas gestoras de los SITM y el desarrollo de nuevas líneas de componentes troncales y alimentadores que aumenten la cobertura de los Sistemas. Así mismo, tanto el Plan Maestro de Movilidad de Bogotá, como el Plan Maestro de Movilidad de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá consideran a los SITM de Bogotá y Medellín como componentes troncales y ejes del desarrollo de los sistemas de movilidad de las respectivas ciudades.

En relación con los elementos diferenciadores, es necesario mencionar que, hasta mediados de la década de 1990, en Bogotá los resultados de los estudios técnicos señalaban la necesidad de realizar el proyecto Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB),

sin embargo, a partir del CONPES 2999 se comienza a mencionar un sistema de buses con carril exclusivo como componente flexible y alimentador de la PLM y finalmente, mediante el CONPES 3093 se decide optar por un SITM basado en tecnología BRT para la ciudad de Bogotá. En Medellín, por su parte, los estudios previos arrojaron varias dudas sobre la viabilidad técnica y financiera para emprender el proyecto, sin embargo, el municipio y la Gobernación de Antioquia deciden emprender el proyecto.

Otro elemento diferencial frente a la dimensión urbana ha sido que, en Bogotá, las estrategias a largo plazo para la planificación, crecimiento, renovación y mantenimiento del SITM y sus componentes de alimentadores se encuentran consignadas dentro de un documento denominado “Plan Marco”. Este plan ha contado con diferentes versiones desde el año 2003, y actualmente se encuentra vigente en el Plan Marco del SITP de Bogotá 2019 – 2030. En Medellín, estas estrategias se encuentran consideradas dentro de un mismo Plan Maestro desde el año 2006, que ha dotado de continuidad y una perspectiva de mayor alcance en la proyección del sistema. Actualmente, se encuentra vigente el Plan Maestro de la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá. Metro de Medellín (2006 – 2030).

- **Estructuras Institucionales Públicas y Privadas.**

Por último, desde una perspectiva institucional e histórica, los elementos comunes y diferenciadores entre los sistemas de Bogotá y Medellín están relacionados principalmente con la función que han tenido cada una de las organización y entidades en la gestión y operación de los Sistemas de Transporte Masivo de las ciudades a lo largo de la historia.

Por una parte, como elementos coincidentes, se encuentra que desde la década de 1980 hasta la actualidad, el Gobierno Nacional ha venido establecido las directrices y asesorado a las ciudades de Bogotá y Medellín para el desarrollo e implementación de sus SITM, mediante el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). En el caso de Bogotá, el primer documento CONPES específico para el desarrollo de un proyecto SITM fue el 1885 de 1982 “Proyecto Metro de Bogotá”, mientras que en el caso de Medellín fue el documento CONPES 1957 de 1982 “Proyecto Tren Metropolitano de Medellín” .

Así mismo, las estructuras institucionales de los SITP de las ciudades Bogotá y Medellín están encabezadas por organizaciones gestoras públicas. De acuerdo con la Contraloría General de la República (2005, P 93) la función de los entes gestores es “*planear el ciclo de operación para proveer la capacidad necesaria de atención de la demanda, controlar y fiscalizar el cumplimiento de la programación operacional, hacer los controles de costos y cálculos de tarifas y mantener el equilibrio financiero del sistema y las condiciones de equidad entre los prestadores del servicio de transporte*”. Más adelante en este capítulo se analizarán las estructuras institucionales de ambos SITM.

De otro lado, en la dimensión institucional se plantean algunas diferencias entre ambos SITM. En el caso de Bogotá, las primeras empresas de buses (ómnibus) privados se crearon hacia principios de la década de 1930 constituyéndose bajo la figura de Cooperativa de Transporte (Transmilenio S.A., 2003, p. 13). Sin embargo, en Medellín las empresas de buses de transporte público tradicional se constituyeron cerca de 10 años después, a principios de la década de 1940.

Así mismo, Bogotá se diferencia en que hacia el año 1958 se crea la Empresa Distrital de Transportes Urbanos (EDTU), una empresa pública encargada de gestionar y operar directamente algunas de las rutas del transporte colectivo de la ciudad, haciendo frente a la competencia de las empresas privadas que prestaban el mismo servicio de transporte hasta 1991, año en el cual liquidó la empresa. En 1999 se constituyó nuevamente una empresa pública de transporte, la empresa Transmilenio S.A. la cual está encargada de gestionar el SITP de la ciudad.

Mientras tanto en Medellín, con excepción de la participación de la Empresa de Buses Municipales, la gestión y operación del Transporte Público Colectivo de buses ha sido asumida en su mayoría por empresas privadas. Hasta el año 1979 se constituyó La Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada – Metro de Medellín Ltda, encargada de gestionar y operar el SITM de Medellín y sus componentes alimentadores.

Otra diferencia destacable es que mientras en Bogotá, las condiciones para la contratación, garantía y financiación con recursos provenientes del Gobierno Nacional o créditos externos para los costos de inversión iniciales fueron establecidas por la ley 86 de 1989 y la ley 310 de 1996. Esta última ley, conocida como la ley de metros, permitió a la nación

participar en el 70% de las inversiones en las líneas del SITM de la ciudad. En cambio, Medellín, estas mismas condiciones solo fueron establecidas por la ley 86 de 1989, limitando la participación del Gobierno Nacional a ser el garante de la deuda contratada por el Municipio de Medellín.

De acuerdo con Acevedo et al. (1993, p. 70). Esta situación dio pie a que, como resultado de la materialización de los riesgos financieros del proyecto, el Gobierno Nacional debió asumir las deudas contraídas por el Municipio con la banca extranjera y ejecutó las contragarantías que había acordado con el Municipio, mediante la posterior elaboración de un acuerdo de pago.

Una última diferencia en la dimensión institucional es que, en Bogotá, la operación de los Sistema de Transporte Masivo ha sido delegada durante algunos periodos a los concesionarios privados. En un principio, la operación del tranvía fue concesionada a operadores extranjeros por cerca de 30 años hasta que la compañía fue comprada por la ciudad en 1910. Desde finales de la década de 1950, los Sistemas de Transporte Público pasan ser gestionados y operados por la Empresa Distrital de Transporte Urbano (EDTU) hasta principios de los años 1990, cuándo prevalece el Transporte Público Tradicional y desaparece la empresa.

En la actualidad, la operación del SITM y sus componentes alimentadores se encuentran concesionados a organizaciones privadas desde la implementación del sistema en el año 2000 (Daniels. M, 2005, p.186). Mientras que, en Medellín tradicionalmente la operación ha sido asumida directamente por una empresa pública, desde un comienzo los Tranvías fueron operados por la ciudad y el SITM actual con sus componentes alimentadores son gestionados y operados por la Empresa Metro de Medellín.

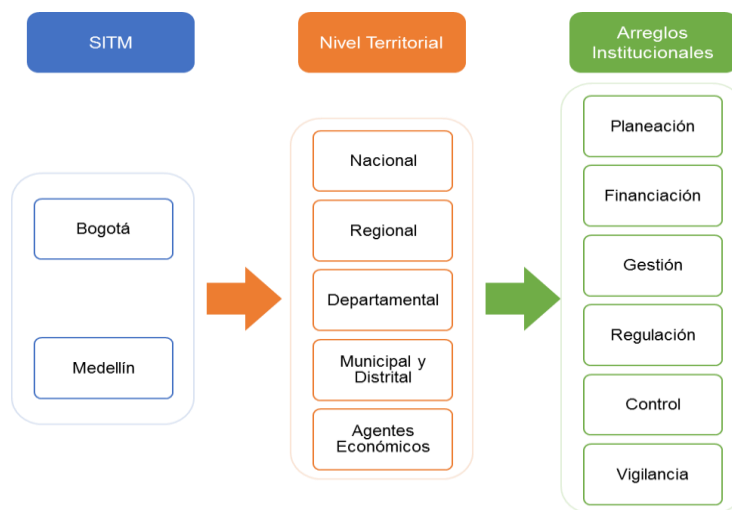
1.2 Componentes de los SITM de Bogotá y Medellín

En esta sección se caracterizan desde una perspectiva institucional los SITM de Bogotá y Medellín. Se reconocen los componentes funcionales que constituyen la oferta y operación integral de los actuales SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín, así mismo se

identifican las organizaciones públicas o privadas que se encuentran directamente relacionadas con cada uno de estos componentes. De esta forma, se realiza un análisis comparativo entre los componentes y organizaciones que conforman los SITM de ambas ciudades, identificando los principales aspectos coincidentes y diferenciadores.

Para el caso de esta investigación, los componentes se definen como los componentes funcionales en la provisión del servicio de transporte público colectivo que prestan los SITM (**Esquema 1-1**), tomando como marco conceptual los Arreglos Institucionales del Sector Movilidad definidos por la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá (SDP) para el análisis de los hechos metropolitanos de la Región Metropolitana de Bogotá (SDP, 2015, P, 69).

Esquema 1-1. Componentes funcionales de los SITM de Bogotá y Medellín.



Fuente: Elaboración Propia a partir de Secretaría Distrital del Planeación (2015)

De acuerdo con lo establecido por la SDP, los componentes funcionales para la provisión de bienes y servicios corresponden a: Planeación, Financiación, Gestión, Prestación Regulación, Control y Vigilancia. De estos siete componentes que se definen, se abordarán en mayor profundidad los últimos 5 componentes mencionados, los cuales conforman la oferta y operación integral de los SITM.

Con el propósito de facilitar el análisis comparativo entre los SITM de Bogotá y Medellín, los componentes del SITM de Bogotá y el SITM de Medellín, serán definidos a partir de los

Arreglos Institucionales definidos por la SDP para el Área Metropolitana de Bogotá. En este sentido, es importante destacar que el SITM de Medellín se encuentra operando en un entorno metropolitano, puesto que su operación se extiende hasta los municipios de Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta y La Estrella.

Por otra parte, cada uno de los componentes de los SITM cuenta con una o más organizaciones relacionadas, las cuales pueden ser de origen público o privado. De acuerdo con la perspectiva institucionalista del economista e historiador económico norteamericano Douglas North (2012), la interacción entre las instituciones y las organizaciones puede interpretarse como un juego, en el que las instituciones son las reglas de juego y las organizaciones son los jugadores que interactúan según las reglas de juego, sin embargo, las organización también pueden llegar a incidir en el cambio de las reglas de juego establecidas por las instituciones, con el propósito de redistribuir los beneficios recibidos entre los diferentes agentes económico que conforman la sociedad.

Tal y como se presenta en la **Esquema 1-1**, las organizaciones que participan en la oferta y operación del SITM, pertenecen a diferentes niveles territoriales, desde el nivel nacional, hasta el de los agentes económicos que se encuentran a cargo de subcomponentes del Sistema.

Entre las organizaciones que se encuentran relacionadas con los SITM, se encuentran las entidades públicas locales, departamentales, regionales y nacionales que inciden o afectan a los diferentes componentes de los SITM, tales como Alcaldías, Secretarías de Movilidad, Entidades de Control, Entidades de Supervisión, Empresas Públicas de Transporte, entre otras. Así mismo, se encuentran organizaciones privadas, cuyas funciones se encuentran principalmente relacionadas con la operación de los Sistemas.

Como resultado de la revisión bibliográfica y las diversas reuniones realizadas con funcionarios de la Empresa Transmilenio S.A., la Empresa Metro de Medellín, y otras entidades públicas que se encuentran relacionadas con los SITM de Bogotá y Medellín, se lograron identificar los componentes y organizaciones que constituyen la provisión del servicio de Transporte Público Masivo en ambas ciudades. En la **Tabla 1-1**, se presenta un cuadro comparativo con los resultados de este ejercicio.

Tabla 1-1. Componentes y Organizaciones SITM de Bogotá y Medellín

SITM DE BOGOTÁ		COMPONENTE	SITM DE MEDELLÍN	
ORGANIZACIÓN	TIPO		TIPO	ORGANIZACIÓN
Bogotá	Público	Planeación	Público	Medellín
				Gobernación de Antioquia
Nación	Público	Financiación	Público	Nación
Distrito				Medellín
				Gobernación de Antioquia
Transmilenio S.A.	Público	Gestión	Público	Metro de Medellín Ltda
		Prestación		
		Modos		
N.A.		Metro	Público	Metro de Medellín Ltda
N.A.		Tranvía	Público	Metro de Medellín Ltda
Operadores Privados	Concesión a Privado	BRT	Público	Metro de Medellín Ltda
Operadores Privados	Concesión a Privado	Cable	Público	Metro de Medellín Ltda
N.A.		Alimentación Metro	Concesión a Privado	Operadores Privados
			Público	Metro de Medellín Ltda
Operadores Privados	Concesión a Privado	Alimentación BRT	Concesión a Privado	Operadores Privados
		Infraestructura		
Transmilenio S.A.	Público	Estaciones	Público	Metro de Medellín Ltda
Instituto de Desarrollo Urbano	Público	Vías	Público	Metro de Medellín Ltda
Recaudo Bogotá S.A.S	Concesión a Privado	Recaudo	Público	Metro de Medellín Ltda
Entidades Financieras	Concesión a Privado	Fiducia	Público	Metro de Medellín Ltda
Ministerio de Transporte	Público	Control y Vigilancia	Público	Ministerio de Transporte
Superintendencia de Puertos y Transporte				Superintendencia de Puertos y Transporte
Contraloría General de la República				Contraloría General de la República
Procuraduría General de la República				Procuraduría General de la República
				Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Contraloría General de Bogotá				Contraloría General de Medellín
Concejo de Bogotá D.C.				Concejo de Medellín
Personería de Bogotá D.C.				Personería de Medellín
Veeduría de Bogotá D.C.				Veeduría de Medellín

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se definen cada uno de los componentes funcionales para la provisión del servicio de transporte que prestan los SITM de Bogotá y Medellín identificando los elementos coincidentes y diferenciadores entre ambos.

Es importante precisar que, la presente investigación se centra en los componentes relacionados con la oferta y operación de los SITM, por lo tanto, como se mencionó anteriormente, se analizan con mayor detalle aquellos componentes que se encuentren relacionados con la operación de los SITM. Los componentes de Planeación y Financiación se encuentran relacionados principalmente con fases previas a la entrada en operación de los SITM, por lo tanto, en esta investigación, solo se comentan y analizan de forma general. El análisis por separado de estos dos últimos componentes podría constituir el objeto de una nueva investigación.

- **Planeación**

En el componente funcional de planeación se consideran aquellos elementos vinculados a la política pública que respaldaron la determinación de la viabilidad de implementar los proyectos de SITM en las ciudades de Bogotá y Medellín. Entre estos elementos se encuentran disposiciones dadas por el Gobierno Nacional y las acciones realizadas por los municipios y gobernaciones.

A partir de la década de 1980, en Colombia se inició un proceso de descentralización (o federalismo) en donde el Estado busca resolver tres problemas económicos a través de los gobiernos locales: la asignación de los recursos en términos de provisión de bienes públicos, la distribución de ingresos y beneficios, y la estabilización de la economía vía precios y empleo (Ruiz Rojas, 2015). Esto conllevó a que el Ministerio de Transporte delegara en los gobiernos locales de las Ciudades de Bogotá y Medellín la función de estructurar y planificar los proyectos de SITM, mientras que el gobierno nacional por medio del DNP, asesoraba a los municipios y establecía las directrices para desarrollo de los proyectos. Por lo tanto, estos lineamientos de política pública constituyen un elemento coincidente en el componente funcional de planeación de ambos Sistemas.

En términos de planeación la principal diferencia ha sido que, en Bogotá, el SITM fue concebido como un proyecto de Transporte Masivo Urbano local (CONPES 3093), por lo

tanto, la planeación del proyecto ha estado encabezada por la administración distrital a través de las Secretarías de Planeación Distrital y de Movilidad. Sin embargo, a partir de la propuesta e implementación de la extensión del SITM hasta el municipio de Soacha, la planeación del proyecto conto con la participación de la alcaldía de Soacha y de la Gobernación de Cundinamarca.

Por su parte, en Medellín, el proyecto fue concebido desde un comienzo como un proyecto de integración metropolitana (CONPES 1982), por lo tanto, la planeación del proyecto ha sido asumida por el Municipio de Medellín y la Gobernación de Antioquia, contando con la participación del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y los municipios que la integran.

▪ **Financiación**

En la revisión del componente funcional de la financiación de los proyectos de SITM, se tienen en cuenta algunos aspectos generales y relevantes que frecuentemente son mencionados en la literatura y considerados en los análisis técnicos desarrollados sobre ambos sistemas como el libro de Acevedo et al., (1993) o Transmilenio S.A. (2003).

Como elemento coincidente se resalta que de acuerdo con el artículo 14 de la Ley 86 de 1989 los Sistemas de Transporte deben ser financieramente sostenibles, por lo tanto, los ingresos directos e indirectos deberán ser suficientes para cubrir los costos de operación, administración, mantenimiento, y reposición de los equipos. Por lo tanto, los SITM de Bogotá y Medellín no cuentan con la financiación del estado para su operación.² Este artículo ha sido modificado por el artículo 31 de ley 1753 del año 2015 del Congreso de la República³ y por el artículo 184 de la ley 2294 del año 2023 del Congreso de la República⁴

La principal diferencia en el aspecto de financiación ha sido que en Bogotá la financiación del SITM fue asumida por la Nación (70%) y el Distrito (30%). En Medellín, en un principio la financiación para las inversiones del SITM fue asumida por el Municipio y la Gobernación de Antioquia (100%), contando con la participación del estado en calidad de garante. Sin

² Esta disposición ha sido modificada por modificada transitoriamente por los decretos del Capítulo 2 del Decreto Legislativo número 575 de 2020, debido a la emergencia sanitaria causada por el Covid-19 en donde el Estado financió la operación de los SITM del país.

³ Ley Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 “Todos por un nuevo país”

⁴ Ley Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”

embargo, después del proceso de reestructuración de la deuda (CGR, 2004, p.6), el Municipio y la Gobernación financiaron el 60% de las inversiones y el Estado cofinanció el 40% restante.

- **Gestión**

El componente funcional de gestión para la provisión del servicio público de transporte que prestan los SITM de Bogotá y Medellín, considera las actividades realizadas para organizar el sistema de transporte, aplicar la política tarifaria, gestionar la operación del sistema mediante contratos de concesión u operación directa.

Frente a este componente los SITM de Bogotá y Medellín coinciden en que se encuentran gestionados por organizaciones públicas de las ciudades. En el caso de Bogotá, la empresa se denomina Transmilenio S.A. y fue constituida el 13 de octubre de 1999 bajo la figura de sociedad anónima de carácter comercial con aporte públicos (Acuerdo 04 de 1999).

En el caso de Medellín, la empresa se denomina Empresa Metro de Medellín Ltda. y fue constituida el 31 de mayo de 1979 bajo el nombre de Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada. Adicionalmente, otra coincidencia es que las funciones principales que desempeñan las organizaciones gestoras de los SITM de Bogotá y Medellín se encuentran relacionadas con organizar a los diferentes componentes de los SITM para garantizar la correcta prestación del servicio de transporte público a los usuarios de los Sistemas; aplicar las políticas, las tarifas y adoptar las medidas preventivas y correctivas frente a los operadores privados de componentes concesionados.

La principal diferencia en términos de gestión consiste en que, en Bogotá, la empresa Transmilenio S.A. únicamente cumple la función de gestionar el SITM, mientras que los demás componentes se encuentran concesionados a operadores privados o se encuentran delegados a otras organizaciones públicas. En Medellín, la empresa Metro de Medellín Ltda. se encuentra encargada de gestionar, construir y operar el SITM, solamente el subcomponente de alimentación de las cuencas 3 y 6 se encuentra concesionado a organizaciones privadas.

- **Prestación**

El componente funcional de la prestación del servicio hace referencia a las actividades relacionadas con la propia operación de los sistemas de transporte, en donde el operador público o privado dispone de una serie de recursos para movilizar a los pasajeros. En este componente se analizan los aspectos coincidentes y diferenciadores relacionados con los subcomponentes troncales y alimentadores de los sistemas de transporte, así como de la infraestructura instalada para implementación de los sistemas.

Alrededor de este aspecto puede decirse que resulta coincidente que el componente de prestación del servicio de transporte del SITM de Bogotá y del SITM Medellín está compuesto por cuatro subcomponentes, Los Modos, La Infraestructura, El Recaudo y Las Fiduciarias. Las organizaciones responsables de cada uno de estos subcomponentes pueden ser de tipo públicas o concesionadas a un operador privado.

Con relación a los modos de transporte que conforman los Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP) de las ciudades de Bogotá y Medellín se encuentra que por un lado el SITP de Bogotá cuenta con buses de tipo BRT (SITM), buses alimentadores de tipo ómnibus y un sistema de cable aéreo. Por otro lado, se encuentra que el SITP de Medellín cuenta con un sistema de tren de tipo Metro (SITM), buses alimentadores de tipo ómnibus, sistemas de trenes y un sistema de tranvía.

En el caso de los SITM, como se mencionaba anteriormente, es importante recordar que son dos sistemas de transporte distintos y que por lo tanto las necesidades de alimentación pueden resultar diferentes. Tanto los buses de tipo BRT como las estaciones que conforman el SITM de Bogotá cuentan con menor capacidad que cada uno de los trenes y estaciones que conforman cada uno de los trenes y de las estaciones que conforman el SITM de Medellín.

Como consecuencia se hace evidente que el sistema de BRT requiere de mayor cantidad de vehículos para cubrir la demanda, así como de la conformación de una red de líneas troncales que permitan distribuir la demanda en diferentes líneas en paralelo para equilibrar el sistema, evitando así que se sature alguna de las líneas.

De acuerdo con lo anterior, se observa que, si bien en Bogotá el BRT funciona como el modo troncal del SITP, el componente zonal del SITP representa casi el 17,7%⁵ de los viajes que realizan los bogotanos. Es decir, que representa casi la misma cantidad de los viajes que el representa el SITM (18%). Es por ello que, el SITM de Medellín tiene la capacidad de absorber la mayor parte de la demanda de pasajeros que llega a través de los sistemas alimentadores. Mientras que en Bogotá, es necesario que el componente zonal absorba gran parte de la demanda que el modo troncal (SITM) no tiene la capacidad operacional de satisfacer.

Por otro lado, con respecto a los Sistemas de Cable Aéreo, vale la pena destacar la importancia de este sistema en la alimentación de ambos SITM como modo troncal. El Sistema TransMiCable en la ciudad de Bogotá se encuentra operando desde el año 2018, cuenta con 3.3km de extensión, 1 línea, 4 estaciones, 163 cabinas y una capacidad de 3600 pasajeros hora sentido. El Sistema MetroCable de la ciudad de Medellín, se encuentra operando desde el año 2004, cuenta con 14.6 km de extensión, 6 líneas, 500 cabinas y una capacidad de 15 500 pasajeros hora sentido.

Finalmente, con relación al subcomponente de Infraestructura, se observa que el SITM de Medellín requiere para su operación de una infraestructura más robusta que el SITM de Bogotá. Por un lado, se encuentra el BRT de Bogotá que requiere de estaciones a nivel y portales de capacidad media ubicados a una distancia de alrededor de 500 m, por otro lado, se encuentra el Metro de Medellín el cual requiere de estaciones elevadas de alta capacidad ubicadas a una distancia cercana a los 1000 m.

En ambos casos se encuentra que, los costos de las infraestructuras de transporte para su operación hacen parte de los costos de inversión iniciales de los proyectos y es asumido por las organizaciones públicas dueñas del proyecto.

En Bogotá, las inversiones en infraestructura vial y estaciones son asumidas por el Distrito y la Nación, gestionadas a través de la empresa Transmilenio y ejecutadas por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). En Medellín, estas inversiones son asumidas por el Municipio,

⁵ Según encuesta de movilidad de Bogotá año 2019. La cifra representa la suma entre el SITP Zonal (11.1%) y el SITP Provisional (6.7%).

la Gobernación de Antioquia y la Nación, y gestionadas y ejecutadas por la empresa Metro de Medellín.

Como elementos diferenciadores en cuanto a la prestación del servicio de transporte es válido plantear que, en Bogotá, los subcomponentes de recaudo y de fiducia se encuentran concesionados a organizaciones privadas. Su remuneración se encuentra definida por los contratos de concesión firmados con la empresa Transmilenio S.A. y corresponde a un porcentaje sobre el recaudo de la tarifa pagada por los usuarios.

Por otra parte, en Medellín, estos subcomponentes son asumidos y administrados directamente por la empresa Metro de Medellín Ltda. Así mismo, los dos sistemas se diferencian en que en la capital del país el SITM es el sistema Transmilenio, un sistema basado en el modo bus de tipo BRT, el cual se encuentra operado por concesionarios privados. Así mismo, el SITM de la ciudad el Metro de Medellín, un sistema basado en el modo tren de tipo Metro Pesado, el cual se encuentra operado por la misma Empresa Metro de Medellín Ltda.

A continuación, en la **Tabla 1-2** se presentan las características generales de los SITM de Bogotá y Medellín.

Tabla 1-2. Características generales de los SITM de Bogotá y Medellín.

SITM BOGOTÁ	CARACTERÍSTICAS	SITM MEDELLÍN
SITP – Componente Troncal (Transmilenio)	Nombre	Metro de Medellín
BRT (Bus Rapid Transit)	Modo Troncal	Tren Metro Pesado
Buses Alimentadores, Cable Aéreo.	Modos Alimentadores	Buses Alimentadores, Cables Aéreos, Tranvía, BRT.
04 de diciembre de 2000	Inicio Operación	30 de noviembre de 1995
114 km	Longitud	31.3 km
13 Troncales	Red	2 Líneas
149	Estaciones	27
2091 buses	Vehículos	80 trenes + 240 vagones
709 Millones	Pasajeros año (2019)	263 Millones
6.22 Millones	Pasajeros año / km (2019)	8.40 Millones
1.93 Millones	Pasajeros día (2019)	0.72 Millones
A nivel	Nivel Construcción	Elevado
Bogotá y Soacha	Ubicación	Medellín, Bello, Envigado, Itagüí, La Estrella y Sabaneta.
Urbana - Interurbana	Zona	Urbana - Interurbana
Concesionado	Modelo Institucional Prestación Servicio	Público

Fuente: Elaboración propia

▪ **Control y Vigilancia**

Para el componente de control y vigilancia resulta coincidente en las dos ciudades que las organizaciones gestoras de los SITM de Bogotá y Medellín se encuentran controladas y vigiladas por organizaciones públicas de los diferentes niveles territoriales. A nivel nacional, para ambos SITM, esta función la cumplen el Ministerio de Transporte, la Superintendencia de Transporte y la Contraloría General de la República. A nivel Distrital y Municipal, se encuentran las Contralorías, Consejos, Personerías y Veedurías de las ciudades correspondientes. Finalmente, a nivel regional departamental, la Empresa Metro de Medellín Ltda cuenta con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Gobernación de Antioquia respectivamente.

Para este componente los dos casos se diferencian en que mientras en Bogotá, los concesionarios privados que operan los componentes de Prestación, Recaudo y Fiducia

no son sujetos de ser vigilados y controlados por los organismos como las Contralorías o el Concejo Municipal, por lo tanto, esta función es asumida plenamente por la empresa gestora que se encarga de controlar y vigilar los contratos de concesión. En Medellín, la empresa Metro tiene a cargo los diferentes componentes que conforman el SITM, por lo tanto, el control y vigilancia que le realizan las organizaciones públicas antes mencionadas incorpora la revisión de todos los componentes.

1.3 Factores de oferta y operación SITM de Bogotá y Medellín

En este aparte, se reconocen los factores que constituyen la oferta y operación integral de los actuales SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín, realizando un análisis comparativo entre las características de los identificados en los SITM de ambas ciudades, analizando también los aspectos coincidentes y diferenciadores.

Para el caso de esta investigación, el concepto de factor se define desde la economía de transporte, considerando a los SITM como productores del servicio de transporte público colectivo urbano. A partir de esta perspectiva, los factores de producción se definen como aquellos recursos (inputs) necesarios para la producción de una cantidad determinada (output) de cualquier actividad de transporte. La relación entre estos factores y las cantidades de transporte producidas se formalizan por medio de la Función de Producción (De Rus G. 2003).

$$q = f(K, E, L, F, N, t) \quad (1.1)$$

La representación matemática de la función de producción se puede observar en la ecuación (1.1), en donde (q) hace referencia a la cantidad transporte producida a partir de los factores de producción de Capital (K), Equipo Móvil (E), Fuerza Laboral (L), Energía (F), Otros Recursos (N) y el Tiempo de los Usuarios (t).

Para el caso de los SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín, la cantidad de actividades de transporte producidas (q) se relaciona principalmente con la producción de servicio de transporte público colectivo regular que generan los SITM. Sin embargo, para poder producir este servicio de transporte es fundamental producir la infraestructura de transporte

necesaria para la implementación y operación de los SITM. Por lo tanto, la cantidad de transporte producido (q) se encuentra definida por la combinación de ambas actividades de transporte; por un lado, la prestación del servicio de transporte público y por el otro la generación de Infraestructura de Transporte (**Tabla 1-3**).

Tabla 1-3. Factores de producción SITM de Bogotá y Medellín

SITM BOGOTÁ	FACTOR PRODUCTIVO	SITM MEDELLÍN
Estaciones	Capital (K)	Estaciones
Infraestructura Vial		Infraestructura Vial
Patio - Talleres		Patio - Talleres
		Material Rodante
Conductores	Fuerza Laboral (L)	Conductores
Administración		Administración
Vehículos de Servicio		Vehículos de Servicio
Buses – BRT	Equipo Móvil (E)	
Electricidad	Energía (F)	Electricidad
Fuentes		Fuentes
Diésel		
GNV		
Suelo	Otros Recursos (N)	Suelo
Aire		Aire
Espacio Público		Espacio Público
Usuarios		Usuarios
	Tiempo Usuarios (t)	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se reconocen los factores de producción y los recursos que se requieren para la producción del servicio y la infraestructura de transporte de los SITM de Bogotá y Medellín. Se identifican los elementos coincidentes y diferenciadores en la comparación de ambos SITM.

- **Capital (K)**

Sobre el factor de Capital los dos sistemas coinciden en que la Infraestructura vial, estaciones y patio-talleres de los SITM de Bogotá y Medellín corresponden a las unidades físicas de capital para la producción del servicio de transporte público de ambos proyectos. En el caso de ambos proyectos estas unidades hicieron parte de los costos de inversión iniciales. En el caso de Bogotá, la infraestructura vial se encuentra asociada a los puentes y carriles exclusivos por donde transita el sistema BRT, y en el caso de Medellín, la infraestructura vial se encuentra asociada a los viaductos.

En este aspecto la principal diferencia identificada está dada por que, en Bogotá, el SITM se encuentra basado en tecnología de buses BRT, por lo tanto, no se consideraron las inversiones en “Material Rodante” o equipo fijo, que en el caso del BRT corresponderían a los buses. Mientras tanto, en Medellín, las inversiones en “Material Rodante” hicieron parte de las unidades físicas de capital para la producción del servicio de transporte. El material rodante y equipo fijo del SITM de Medellín corresponde con los vehículos de tipo tren, vagones, vías férreas, sistemas de control y de alimentación eléctrica.

- **Fuerza Laboral (L)**

Frente a la fuerza laboral de los SITM de Bogotá y Medellín cuentan con la fuerza laboral necesaria para Gestionar, Planear, Financiar, Gestionar, Controlar y Vigilar la producción del Servicio de Transporte Público Colectivo-Masivo, así como la generación y mantenimiento de la Infraestructura de transporte necesaria para la implementación de los SITM. En estos componentes se encuentra la Fuerza Laboral Especializada conformada por profesionales, especialistas y expertos que dirigen técnicamente los SITM.

Resulta diferenciador el hecho de que, en Bogotá, la fuerza laboral necesaria para la prestación del servicio del SITM se encuentra a cargo de los operadores privados a quienes les fue concesionada la operación del Sistema. En Medellín, la fuerza laboral para la operación del SITM es administrada directamente por la empresa pública Metro de Medellín Ltda. Entre la fuerza laboral específica para el componente de producción y prestación del servicio de transporte se encuentran los conductores de los buses y trenes, así como los operarios y técnicos para el mantenimiento del equipo móvil y la infraestructura.

- **Equipo Móvil (E)**

En este aspecto, los SITM de Bogotá y Medellín incluyen los vehículos de servicio, asistencia y emergencia. Entre las funciones de estos vehículos se encuentran, la asistencia técnica de los buses o trenes cuando presentan averías técnicas, el desplazamiento del personal en el Sistema, la atención de emergencias que se presenten dentro del Sistema.

Se diferencia el hecho de que, para Bogotá, los buses del sistema BRT no se incluyeron dentro de los costos de inversión del SITM y no hacen parte de las unidades físicas de

capital. La inversión de los buses es incorporada en los costos de operación del sistema y se encuentra a cargo de los operadores privados. Por lo tanto, los buses se pueden considerar como Equipo Móvil dentro de la función de producción del SITM. En Medellín, como se mencionaba anteriormente, los trenes y todo el material rodante hacen parte del factor Capital (K), en consecuencia, no se consideran parte del equipo móvil (E) del SITM.

- **Energía (F)**

En relación con el uso de energía los sistemas de Cable Aéreos que alimentan los SITM de Bogotá y Medellín coinciden en que se encuentran basados en tecnología de propulsión eléctrica.

Frente a la fuente de energía de los vehículos principales si existen diferencias importantes. Por un lado, en Bogotá, los buses de tipo BRT que conforman el SITM se encuentran basados en tecnologías de propulsión de motores de combustión interna. En un principio todos los buses contaban con motores de tipo Diésel, sin embargo, en los últimos años se han venido incorporando a la flota buses articulados propulsados por Gas Natural Vehicular. En cambio, en Medellín los trenes que conforman el SITM, han contado con tecnología de propulsión eléctrica desde el inicio de la operación. El sistema BRT (Metroplus), es único de los sistemas que alimentan el SITM de Medellín que no es eléctrico, en este caso, los buses se encuentran propulsados por motores a Gas Natural Vehicular⁶.

- **Otros Recursos (N)**

Los SITM de Bogotá y Medellín requieren de otros recursos de producción para la prestación del servicio de transporte público colectivo de pasajeros urbano. Entre ellos se encuentran el uso del suelo en donde se encuentran implementadas las estaciones, la infraestructura vial y otras infraestructuras asociadas a la oferta y operación de los SITM, elementos coincidentes para los dos sistemas.

El uso de otros recursos se diferencia de manera importante entre los casos, por ejemplo, en Bogotá, los buses de tipo BRT que conforman el SITM requieren directamente para su funcionamiento de recursos naturales no renovables como los combustibles fósiles y GNV

⁶ Información tomada de Medellín cómo vamos. <https://www.medellincomovamos.org/node/25154>

asociados al factor de producción de Energía (F). En Medellín, el funcionamiento de los trenes impulsados por energía eléctrica requiere del consumo de recursos renovables para la producción de este tipo de energía, entre ellos el agua, la energía eólica o la energía solar. Este análisis también puede hacerse en relación con el ciclo de vida de los componentes de los sistemas, en donde desde una perspectiva de valoración e impacto ambiental también se encontrarían diferencias relevantes.

- **Tiempo de los Usuarios (t)**

El factor productivo del tiempo de los usuarios de los SITM, es un elemento netamente coincidente para los SITM de Bogotá y Medellín. Al respecto De Rus et al., (2003) comentan que *“.. el tiempo no es un recurso aportado por las empresas productoras sino por los usuarios. Cada servicio de transporte es una actividad económica no almacenable que consume tiempo de los usuarios, ya sean estos pasajeros o bien propietarios de mercancías. Cuando un viajero decide desplazarse entre un punto de origen y uno de destino... el viajero está invirtiendo también un recurso escaso y no transferible: Su propio tiempo, que es gastado sin posibilidad de utilización alternativa.”* (p. 27)

2. Capítulo 2. Análisis de costos y beneficios de los SITM de Bogotá y Medellín

En el presente capítulo se desarrolla la evaluación económica de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de Bogotá y Medellín mediante el análisis económico de flujos de costos y beneficios (ACB) generados por los SITM en un marco comparativo. Con este análisis se busca identificar la contribución en términos económicos que han realizado los SITM de Bogotá y Medellín al bienestar de la sociedad en su conjunto desde el comienzo de su etapa de inversión hasta el año 2019.

De acuerdo con el objetivo general de la investigación, en un principio se pretendía desarrollar el ACB de los SITM de Bogotá y Medellín, desde tres perspectivas, transporte, urbana e institucional. Sin embargo, debido a las limitantes de información sobre las variables urbanas de los SITM de Bogotá y Medellín, solo fue posible incorporar al modelo ACB las perspectivas de transporte e institucional.

Por este motivo, en este capítulo se desarrollará un ACB comparativo entre los SITM de Bogotá y Medellín, abordando únicamente las perspectivas de transporte e institucional. Mientras que, en el siguiente capítulo, se procederá a evaluar los impactos urbanos generados por los SITM de ambas ciudades, lo que permitirá desarrollar el análisis comparativo de los SITM desde una perspectiva urbana, y así abarcar las tres perspectivas que inicialmente se tenían previstas explorar.

El análisis económico de los SITM se comienza a desarrollar a partir de la revisión del estado del arte de los estudios y evaluaciones económicas que se han realizado sobre los SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín. En esta revisión se incluyen documentos técnicos de consultorías privadas contratadas por el sector público, documentos de política

pública publicados por el estado, estudios académicos desarrollados en las universidades del país. Así mismo, se revisan las metodologías de evaluación económica de proyectos de transporte elaboradas por organizaciones multilaterales para países de la región.

Posteriormente, se analiza detenidamente el modelo de evaluación económica ACB definido para el análisis de los SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín. Este modelo se define con base en los resultados de la revisión de metodologías de evaluación económica, mientras que los costos y beneficios que hacen parte del modelo se definen de acuerdo con la información disponible.

Después de que se ha definido el modelo, se procede a construir los flujos de caja de inversiones, ingresos, costos y beneficios generados por los SITM de Bogotá y Medellín. Estos flujos se deben presentar en unidades físicas cuantitativas de tal forma que, primero puedan ser medidos en escalas continuas, y segundo sea posible valorarlos económicamente e incorporarlos al modelo de evaluación económica propuesto.

Sin embargo, como es habitual en el desarrollo de este tipo de evaluaciones, la unidad física que se emplea para la cuantificación de los flujos de caja es la unidad monetaria. Por lo tanto, aquellos costos y beneficios directos e indirectos que se han identificado generan los sistemas, pero que inicialmente no se encuentran expresados en estas unidades, deberán medirse y valorarse en unidades monetarias.

Finalmente, luego de que se encuentran debidamente contruidos los flujos de caja, se procede a desarrollar el modelo de evaluación económica ACB. En este punto, primero se obtienen los resultados de los indicadores de rentabilidad de las inversiones a partir de la evaluación financiera vía flujos de costos e ingresos, segundo se transforman los flujos financieros en económicos empleando los factores de Relación Precios Cuenta (RPC), y tercero se obtienen los resultados de los indicadores de eficiencia económica de los proyectos a partir de la evaluación económica vía flujos de costos y beneficios.

2.1 Revisión de estudios previos

En el caso de los estudios realizados por el Gobierno Nacional, algunos de estos se han realizado directamente por medio del Consejo de Política Social y Económica (CONPES) y

otros han sido contratados a consultores del sector privado nacional e internacional. Mientras que los estudios desarrollados en la académica han sido el resultado de Investigaciones académicas o trabajos finales y tesis de posgrado, como es el caso de la presente investigación.

A continuación, se presentan los principales estudios de evaluación económica que se han realizado para el SITM de Bogotá (**Tabla 2-1**). Se encuentran tres documentos con análisis económicos de tipo ex ante realizadas por el Concejo Nacional de Política Económica y Social (COPNIA) y cinco documentos con análisis económicos de tipo ex post desarrolladas en el marco de investigaciones académicas, o contratadas a consultores del sector privado.

Tabla 2-1. Evaluaciones Económicas Desarrolladas sobre el SITM de Bogotá (Transmilenio).

N°	AÑO	TÍTULO	AUTOR	TIPO DE PUBLICACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	
					EX ANTE	EX POST
B1	1998	Documento CONPES 2999	DNP	CONPES	x	
B2	2000	Documento CONPES 3093	DNP	CONPES	x	
B3	2002	Documento CONPES 3185	DNP	CONPES	x	
B4	2002	Evaluación de impacto socioeconómico del transporte urbano en la ciudad de Bogotá. El caso del transporte masivo, Transmilenio.	Irma Chaparro (CEPAL)	Consultoría		x
B5	2005	Una evaluación económica del Sistema Transmilenio	Juan Carlos Echeverry Ana María Ibáñez Andrés Moya	Artículo Revista		x
B6	2005	Cinco cuestionamientos y una recomendación a los autores del artículo "Una evaluación económica del Sistema Transmilenio"	Arturo Ardila Gómez	Artículo Revista		x
B7	2009	Evaluación Ex post Sistema de Transporte Masivo de Bogotá, Fases I y II	EMBARQ (DNP)	Consultoría		x
B8	2014	Síntesis de Evaluación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de Colombia	ZIMA – Ingenio Colectivo SAS (DNP)	Consultoría		x

Fuente: Elaboración propia

Tras la lectura de las evaluaciones se identifican que, por un lado, los documentos desarrollados por el CONPES que han permitido generar una línea base para la evaluación económica del proyecto. Entre estos se destaca el CONPES 3093, en donde se estiman los costos de la implementación del Sistema y la proyección de la extensión total de la red

(p. 4). Por otro lado, los artículos publicados por Echeverry (2005) y Ardila (2005) presentan resultados de eficiencia económica contrarios, permitiendo analizar dos perspectivas diferentes de la comprensión y estimación de los beneficios generados por el proyecto Transmilenio. Finalmente, los ejercicios de consultoría han permitido evaluar y estimar los impactos económicos que ha generado el proyecto una vez se ha implementado. Cada uno se ha realizado en momentos diferentes, y por lo tanto se ha considerado en sus estimaciones diferentes fases de desarrollo del Sistema. En el caso de Chaparro (2002), se consideró la fase I del Sistema, mientras que en el estudio realizado por la empresa EMBARQ (2009) se incorporó la fase II; no obstante, en ningún caso se ha considerado la fase III de desarrollo del Sistema, por lo tanto, la incorporación de la fase III en la evaluación económica será uno de los principales aportes de la presente investigación.

Con relación a los estudios de evaluación económica que se han realizado para el SITM de Medellín (**Tabla 2-2**), se encuentran seis documentos con análisis económicos tipo ex ante, algunas realizadas por consultores privados y otras por el COPNIA. Adicionalmente existen tres documentos con análisis de tipo ex post, una desarrollada por un consultor independiente, otra por el CONPES y otra publicada como Trabajo Final de Maestría de una institución educativa del país⁷. Un recuento de los principales hallazgos, tipos de costos y beneficios incorporados en estos estudios se encuentran detallados más adelante en la **Tabla 2-3**.

En 1979 se comienza a analizar la idea de un sistema de metro para la ciudad de Medellín desde perspectiva económica. El primero de estos estudios fue realizado por Mott y Anderson (1979); sin embargo, a este estudio precedieron otros documentos realizados por la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá (ETMVA) en el año 1979 y consultores nacionales como Gustavo Esguerra y Álvaro Pachón e Internacionales como los consultores franceses Michel Bigey y Antoine Hurel en el año 1981. Básicamente, estos estudios analizan las alternativas de proyecto propuestas por la ciudad encontrando diferentes resultados de eficiencia económica entre los estudios, es decir algunos estudios

⁷ Fonseca y Delgado (1997). Tesis de Maestría en Economía. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia (Sede Bogotá).

recomendaban el proyecto y otros no lo recomendaban, esto dependiendo de la perspectiva desde la cual se cuantificaron los costos y beneficios económicos.

A diferencia del proyecto SITM de Bogotá, en el proyecto SITM de Medellín no se ha desarrollado un estudio técnico de evaluación económica desde la entrada en operación del sistema en el año 1995. El estudio técnico que más se aproxima al modelo de evaluación ex post, ha sido realizado por Pachón (1991) durante la fase de construcción del proyecto, el cual se encontraba enfocado en evaluar las alternativas de continuar o no con su implementación, después de que se materializaran los riesgos financieros del proyecto y el Gobierno Nacional tuviese que entrar a responder como garante de las obligaciones financieras adquiridas por la Gobernación de Antioquia y el Municipio de Medellín. Más adelante se cuantificaría la deuda del proyecto con la Nación mediante el CONPES 2640 de 1993 y finalmente se desarrollaría la Tesis de Maestría de Fonseca y Delgado (1997) en donde se evalúa económicamente ex post el proyecto.

Tabla 2-2. Evaluaciones Económicas Desarrolladas sobre el SITM de Medellín (Metro de Medellín)

N°	AÑO	TÍTULO	AUTOR	TIPO DE PUBLICACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	
					EX ANTE	EX POST
M1	1979	Factibilidad Económica y Técnica Tren Metropolitano de Medellín	Mott Hay y Anderson International Ltd	Estudio Técnico	x	
M2	1981	Evaluación Socioeconómica y Financiera (Actualización)	ETMVA	Estudio Técnico	x	
M3	1981	Revisión de los Estudios del Metro del Valle de Aburrá	Michel Bigey Antoine Hurel	Estudio Técnico	x	
M4	1981	Informe Evaluador del Proyecto Tren Metropolitano de Medellín	Gustavo Esguerra Álvaro Pachón	Estudio Técnico	x	
M5	1982	1886	CONPES	CONPES	x	
M6	1982	1957	CONPES	CONPES	x	
M7	1991	Evaluación Ex post del Metro de Medellín	Álvaro Pachón Asociados LTDA	Estudio Técnico		X *
M8	1993	2640	CONPES	CONPES		x
M9	1997	Evaluación ex post del Metro de Medellín	Claudia Fonseca Liliana Delgado	Tesis		x

*Evaluación realizada durante la fase de construcción del Sistema, antes de su entrada en operación en el año 1995.

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis comparativo del estado del arte de los estudios de evaluación de evaluación económica de los SITM de Bogotá y Medellín, se encuentra que en el proyecto de Bogotá se han desarrollado mayor cantidad de estudios económicos de forma ex post que en sus fases de planeación, mientras que en el proyecto de Medellín se realizaron mayor cantidad de estudios económicos de forma ex ante que durante su fase de operación. Esto se puede explicar debido a que el gobierno nacional desde hace varias décadas venía estudiando la idea de implementar en ambas ciudades SITM basados en trenes urbanos, sin embargo, en el caso de Bogotá, hacia finales delo siglo XX se tomó la decisión de dejar de lado el proyecto Primera Línea de Metro de Bogotá (PLMB) de tecnología férrea y se optó por un sistema basado en tecnología de tipo BRT (CONPES, 2999).

Tabla 2-3. Costos y Beneficios Económicos identificados en los estudios previos.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Costos Económicos																	
Inversión																	
Operación																	
Tiempos de Espera																	
Ingresos no Recibidos Sistema Tradicional																	
Pérdida de Tiempo Durante Construcción																	
Beneficios Económicos																	
Ahorros de Tiempo de los Usuarios																	
Ahorros de Costos de Operación Operadores																	
Beneficios Indirectos (% Directos)																	
Generación de Empleos																	
Ingresos Operacionales																	
Reducción de Emisiones																	
Reducción Mortalidad (Siniestralidad)																	
Ahorro en Mantenimiento de Vías																	
Aumento Precio de la Tierra Área de Influencia																	
Ahorro Repago Saldo Deuda																	

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado de la revisión de los estudios de evaluación económica realizados hasta el momento, se identificaron por medio de los principales costos y beneficios económicos que

se emplearon en cada uno de los estudios **Tabla 2-3** realizados para el SITM de Bogotá (**Tabla 2-1**) y en el SITM de Medellín (**Tabla 2-2**). Estos resultados serán tenidos en cuenta en el proceso de definición de los Costos y Beneficios que se emplearán más adelante en la presente investigación.

Finalmente, se mencionan algunas de las metodologías para la implementación de los modelos de evaluación de proyectos en transporte (**Tabla 2-4**).

Tabla 2-4. Metodologías Evaluación Económica de Proyectos de Transporte

AÑO	TÍTULO	AUTOR	ORGANIZACIÓN
2004	Project Appraisal Document on a Proposed Loan In The Amount of US\$250,0 Millon to The Republic of Colombia For The Integrated Mass Transit Systems Project	Banco Mundial	Banco Mundial
2004	Lineamientos de la JICA para la Evaluación de Proyectos	JICA - Agencia de Cooperación Internacional del Japón	JICA - Agencia de Cooperación Internacional del Japón
2005	RAILPAG - Railway Project Appraisal Guidelines	European Commission	European Commission
2005	Metodología General de Identificación, Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública	Edgar Ortegón Juan Francisco Pacheco Horacio Roura	Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social - ILPES - CEPAL
2006	Manual de Evolución Económica de Proyectos de Transporte	Ginés de Rus Mendoza Ofelia Betancur Cruz Javier Campos Méndez	BID
2009	Guía Metodológica para la Evaluación de Proyectos de Transporte Masivo Urbano	Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos - México	Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos - México
2011	Libro Blanco: Hoja de Ruta Hacia un Espacio Único Europeo de Transporte: Por una Política de Transportes Competitiva y Sostenible	Comisión Europea	Comisión Europea
2012	Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial en Costa Rica	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica - Costa Rica	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica - Costa Rica
2012	Pautas Generales para la Evaluación Ex post de Proyectos de Inversión Pública	JICA - Agencia de Cooperación Internacional del Japón	Ministerio de Economía y Finanzas de Perú
2013	Implementation Completion and Results Report On a Loan In The Amount of USD 757 Millon To The Republic of Colombia Fo The Integrated Mass Transit Systems Project	Banco Mundial	Banco Mundial
2013	Metodología General de Preparación y Evaluación de Proyectos	Ministerio de Desarrollo Social - Chile	Ministerio de Desarrollo Social - Chile

AÑO	TÍTULO	AUTOR	ORGANIZACIÓN
2013	General Guidance for Cost-Benefit Analysis	Gerbert Romijn Gusta Renes	CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis
2014	Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects	European Commission	European Commission
2018	Transport Analysis Guidance The Transport Appraisal Process	Department of Transport United Kingdom	Department of Transport United Kingdom
2020	Guía de Evaluación del Sector Transporte	Dirección Nacional de Inversión Pública - República de Argentina	Dirección Nacional de Inversión Pública - República de Argentina

Fuente: Elaboración Propia.

2.2 Modelo de evaluación económica vía flujos de costos y beneficios

El modelo de evaluación económica establecido para estudiar los SITM de Bogotá y Medellín se encuentra definido a partir de las metodologías desarrolladas para el análisis económico de los proyectos de transporte, la información que se ha identificado se encuentra disponible en entidades públicas, las bases de datos abiertas o repositorios institucionales, los resultados de la revisión de los estudios previos y los objetivos de la presente investigación.

Según De Rus (2008), “Para saber si un proyecto de inversión, o una política pública, es socialmente deseable, hay que disponer de criterios y métodos que permitan comparar los beneficios y costes que se deriven de su ejecución” (p.9). Por lo tanto, el modelo de evaluación económica tendrá como propósito evaluar dos proyectos de SITM que a pesar de ser diferentes presentan elementos comunes que permiten su comparabilidad.

De esta manera, a partir de los resultados de la revisión bibliográfica se encuentra que, según los lineamientos establecidos por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA (2004), la elección del modelo para evaluar económicamente los proyectos de transporte urbanos depende de la fase en la que este se encuentre (p.9). Por lo tanto, el primer paso para la definición de este modelo es la identificación de la fase en la que se encuentra cada uno de los proyectos al momento de realizar el estudio.

En consideración a ello, se identifica que los proyectos de SITM de Bogotá y Medellín se encuentran en fase de operación desde el año 2000 y 1995 respectivamente. Por este motivo se define que, el modelo más adecuado para la evaluación económica de los costos y beneficios de los SITM de Bogotá y Medellín es un modelo de evaluación económica de tipo ex post.

El desarrollo de evaluaciones económicas ex post en proyectos de transporte público urbanos representa un reto importante para los gobiernos de las ciudades y países en donde se encuentran implementados. De hecho, algunos autores como Worsley (2014) la consideran como el eslabón débil en todo el proceso de evaluación de políticas y proyectos de transporte, debido a que la mayoría de las evaluaciones son de tipo ex ante, antes de la implementación de los proyectos, y son pocos las evaluaciones de tipo ex post que se realizan basados directamente en analizar los resultados de las decisiones pasadas. Por lo general las evaluaciones ex post se encuentran basados en metodologías de evaluaciones ex ante, las cuales básicamente tienen como propósito realizar un análisis prospectivo de los proyectos (p.12).

A partir de los resultados obtenidos de la revisión de las evaluaciones económicas de los proyectos de SITM de Bogotá y Medellín que se han desarrollado hasta el momento, se evidencia que a nivel general las evaluaciones son de tipo Ex Ante y Ex post. Estas se han centrado principalmente en el análisis de las inversiones realizadas en la implementación de los proyectos de transporte masivo público urbano del país y los beneficios generados desde la perspectiva del transporte, dejando de lado otras perspectivas importantes como la urbana o la institucional abordadas por Arias (2017).

Hasta el momento, diferentes países y organizaciones multilaterales han desarrollado algunas propuestas para unificar criterios y establecer metodologías que permitan normalizar la evaluación ex post de este tipo de proyectos (Ver **Tabla 2-4**); sin embargo, al revisar los últimos estudios que se han realizado en el contexto colombiano, varios de ellos elaborados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y recopilados en el documento “*Síntesis de Evaluación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de Colombia*” (2014), llevan a concluir que aún no se cuenta con una metodología universal para la evaluación económica de los Sistemas Integrados de Transporte Público Masivo

(SITM) en el país. De acuerdo con Arias (2017), las evaluaciones económicas recopiladas en dicho documento presentan diferentes enfoques metodológicos que dificultan su comparabilidad de manera ex post (p.88).

A partir de la revisión de las metodologías establecidas para la evaluación de proyectos de transporte (ver **Tabla 2-4**), se define que la evaluación económica ex post de los SITM de Bogotá y Medellín, se desarrolla por medio de un Análisis de Costo – Beneficio (ACB). De acuerdo con De Rus (2008, p.17) este análisis “consiste básicamente en reproducir a escala social el comportamiento racional de un individuo cuando sopesa las ventajas y desventajas de una acción no trivial”; Es decir, en esta evaluación se sopesarán las ventajas y desventajas que han sido reconocidas por los usuarios de los SITM de Bogotá y Medellín.

En el **Esquema 2-1** se observa el esquema del flujo de caja típico para un proyecto de inversión evaluado económicamente mediante el ACB.

Esquema 2-1. Esquema de flujo de caja de un proyecto de inversión



Fuente: Elaboración propia. Adaptada de las notas de clase de Ruiz (2023)

De acuerdo con la teoría de evaluación económica de proyectos propuesta por autores como De Rus (2008) o Miranda (2003), el modelo ACB se desarrollará en dos fases. En la primera etapa se realiza la evaluación financiera de los proyectos, en donde se construyen los flujos de inversiones, ingresos y costos que han generado los proyectos desde sus fases de inversión. En la segunda etapa se desarrolla la evaluación económica de los proyectos, en donde se encuentran los indicadores que permiten medir el aporte del proyecto al conjunto de la economía vía análisis de flujos de costos y beneficios.

De acuerdo con la teoría de la evaluación económica, es necesario transformar beneficios y costos (inversión y operación) de precios de mercado o financieros a precios económicos o precios sombra. Esto con el propósito de desarrollar la evaluación económica con los

valores reales de oportunidad que permitan medir su aporte neto a la economía bajo el concepto de eficiencia. Lo anterior, permite realizar una medición más adecuada de la contribución del proyecto al mejoramiento del bienestar social.

Esta transformación se realiza aplicando los factores de Razón Precio Cuenta (RPC) establecidos por el Departamento Nacional de Planeación – DNP. La aplicación de estos RPC a los flujos de caja permite valorar los insumos y productos de un proyecto de inversión en términos sociales entendido como el aporte de la economía de una sociedad, mediante la transformación de los flujos financieros en flujos económicos. (Hernández Matamoros & Sánchez, 2019).

De acuerdo con las Notas de Clase elaboradas por el profesor César Ruiz (2023), la evaluación financiera del proyecto define la relación entre los Ingresos y los Costos como indicador para medir su rentabilidad financiera. Por otro lado, se emplea el indicador del Valor Actual Neto financiero (VAN f) sobre los flujos financieros para comparar al proyecto frente otras oportunidades de inversión y rentabilidad. Mientras que, en la evaluación económica del proyecto, se emplean la relación entre los Beneficios y los Costos como indicador para medir su eficiencia y el indicador del Valor Actual Neto (VAN e) o también denominado Valor Presente Neto (VPNe) sobre los flujos económicos para comparar al proyecto frente otras oportunidades desde la perspectiva de eficiencia.

Por otra parte, es necesario analizar los criterios de eficiencia económica bajo los cuales se desarrollará la evaluación económica. De acuerdo con Miranda (2012), en todos los proyectos de transporte se podrán identificar ganadores y perdedores, mejor denominados como beneficiarios o víctimas. Para el caso de la evaluación económica de los proyectos se puede aplicar el criterio de Kaldor y Hicks, el cual establece que si los beneficiarios del proyecto pueden compensar las pérdidas de las víctimas y aun así seguir ganando entonces se puede considerar que el proyecto aporta al bienestar socioeconómico de la población (p.307).

Es importante mencionar que el criterio de Kaldor y Hicks es un criterio basado en la eficiencia y que considera a todos los sujetos como iguales. Otros criterios incorporan al análisis el concepto de equidad y ponderan el beneficio obtenido por cada uno de los sujetos

de acuerdo con su nivel socioeconómico, los beneficios de los pobres valen más que el beneficio de los ricos (Castro, R., & Mokate, K., 2003).

En síntesis, el análisis económico de los SITM de Bogotá y Medellín se realizará por medio de una evaluación económica ex post entre los Costos y Beneficios generados por cada uno de los sistemas. El modelo se encuentra conformado por la evaluación financiera y la evaluación económica vía flujos de costos y beneficios y sus resultados serán analizados bajo un marco comparativo entre los dos sistemas.

2.3 Valoración económica de costos y beneficios

El modelo de evaluación económica que se propone desarrollar para esta investigación requiere identificar y cuantificar relaciones cuantitativas entre los flujos de costos y beneficios que han generado los SITM de Bogotá y Medellín. Por este motivo es fundamental que todos los flujos de caja que se incorporen al modelo se encuentren valorados cuantitativamente en las mismas unidades físicas, las cuales en este caso son unidades monetarias.

Es habitual que los flujos de inversiones, ingresos y costos se expresen desde un principio en unidades monetarias, sin embargo, no sucede lo mismo con los beneficios directos e indirectos que generan los sistemas. Por lo general, los benéficos no se expresan en unidades monetarias desde el principio, e incluso es frecuente encontrarlos expresados en escalas de valoración ordinales como sucede con el nivel de servicio en los SITM. Por lo tanto, antes de incorporar el flujo de beneficios en el modelo de evaluación económica es necesario identificar los tipos de beneficios que se incorporan al modelo, valorarlos monetariamente a precios de mercado y valorarlos económicamente.

La valoración de los beneficios de los SITM de Bogotá y Medellín se realiza con base en la teoría económica del bienestar, la cual se enfoca en analizar el nivel de satisfacción de las necesidades de una sociedad, entendiendo la satisfacción o bienestar social como la sumatoria de las satisfacciones individuales de cada uno de los individuos. En este contexto, los beneficios generados por los SITM de ambas ciudades hacen referencia los excedentes de satisfacción o de bienestar con los que cuenta la sociedad a partir de la implementación de los sistemas.

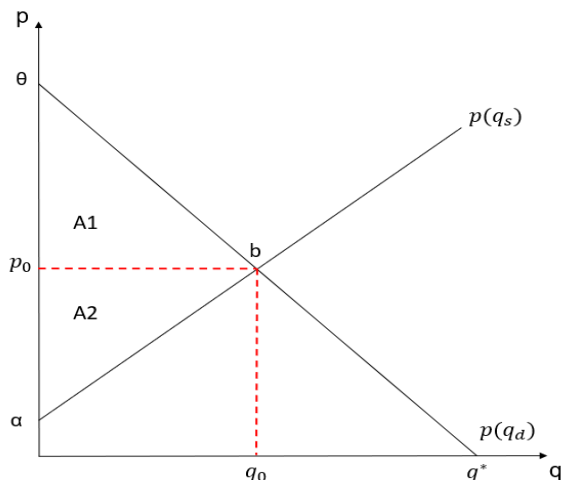
De acuerdo con Button (2013) la optimización del bienestar social se puede entender, en términos generales, como la maximización del excedente social (p.213). No obstante, el excedente social se encuentra compuesto por el excedente del productor y el excedente del consumidor, es decir por los excedentes de los usuarios y los productores del servicio que prestan los SITM de Bogotá y Medellín. Esto quiere decir que se logrará la máxima eficiencia en las inversiones destinadas a los SITM cuando se logre maximizar el bienestar tanto de productores como de consumidores.

Desde este punto de vista, el modelo de evaluación económica que se emplea para estudiar los proyectos de SITM de Bogotá y Medellín, se debe centrar en el análisis de la eficiencia económica de los proyectos de transporte en términos de la optimización de la satisfacción social, o en otras palabras en términos de la optimización del bienestar social.

En la **Gráfica 2-1** se encuentran representadas gráficamente las funciones de oferta $p(q_s)$, y demanda $p(q_d)$ de los sistemas de transporte. A partir de estas funciones es posible entender y analizar concepto de excedente social gráficamente. En el eje “y” de la gráfica se encuentra el precio del servicio de transporte (p) y en el eje “x” la cantidad de pasajeros que ingresan al sistema en un lapso indefinido (q).

Con relación a la representación gráfica de las funciones de oferta y demanda del transporte, se evidencia que el precio de la tarifa es en teoría inversamente proporcional a la demanda del sistema, mientras que la tarifa del sistema es proporcional a la oferta, es decir, entre más alta es la tarifa mayor cantidad de transporte están dispuestos a ofertar los productores.

De esta forma, al establecer una tarifa p_0 se tendrá como resultado que los usuarios estarán dispuestos a realizar q_0 cantidad de viajes. Desde el punto de vista del consumidor, se puede observar que todos los usuarios a la “izquierda” del usuario q_0 estaban dispuestos a pagar más que la tarifa establecida para el servicio, es decir el beneficio para el conjunto de usuarios que toman el servicio se encuentra representado por el área A1. Desde el punto de vista del productor, se puede observar que estaba dispuesto a prestar todos los viajes q_0 - n a un precio menor a la tarifa establecida, por lo tanto, su beneficio se encuentra representado por el área A2. La suma de las áreas A1 y A2 corresponde al beneficio social del proyecto.

Gráfica 2-1. Representación de excedentes del productor y del consumidor

Elaboración propia a partir de (de Rus, 2008, p. 44)

Sin embargo, a pesar de que el método para calcular el excedente social puede parecer sencillo, presenta importantes retos al momento de llevarlo a la práctica. Uno de ellos se encuentra relacionado con la definición de la función de demanda, puesto que usualmente no se cuenta con la información suficiente para poder estimar la disposición a pagar por parte de los usuarios. Esta situación se presenta en el caso de los proyectos de SITM de Bogotá y Medellín.

Por este motivo, de Rus (2008) propone dos alternativas para calcular la variación en los excedentes sociales, es decir los beneficios de los productores y consumidores, sin depender de la función de demanda de los usuarios. Por un lado, se encuentra el método del cambio de los excedentes sociales, el cual consiste en estimar la variación de los excedentes ante un cambio en el precio generalizado del servicio de transporte.

Por otro lado, se encuentra el método de medir el cambio en la disposición a pagar y en la utilización de recursos, en este método se ignoran las transferencias y se analiza la variación en la cantidad de trabajo (L) que se emplea para la producción del servicio de transporte (p. 55). Este método requiere de la obtención de la identificación de la disposición a pago de los usuarios ya sea a través de métodos de preferencias declaradas o preferencias reveladas.

Con base en la información disponible, para la presente investigación se optará por la primera alternativa para medir los beneficios vía excedentes sociales y se empleará el método de cambio de los excedentes sociales ante un cambio del precio generalizado.

De acuerdo con de Rus (2003), el precio o costo generalizado del transporte se define como la suma del valor monetario de todos los determinantes de la demanda de transporte para un individuo (p.132). Es decir, la sumatoria de todos los costos directos e indirectos en los que incurra el usuario para poder acceder al servicio de transporte. Para ello es necesario monetizar aquellos costos directos o indirectos que inicialmente no se encuentren en unidades de medida monetarias, como es el caso del tiempo de los usuarios.

A continuación, se presenta la ecuación que define el precio generalizado del transporte (g):

$$g = p + vt + \theta \quad (2.1)$$

En donde:

g = Precio Generalizado

p = Costos Monetarios Directos del Viaje

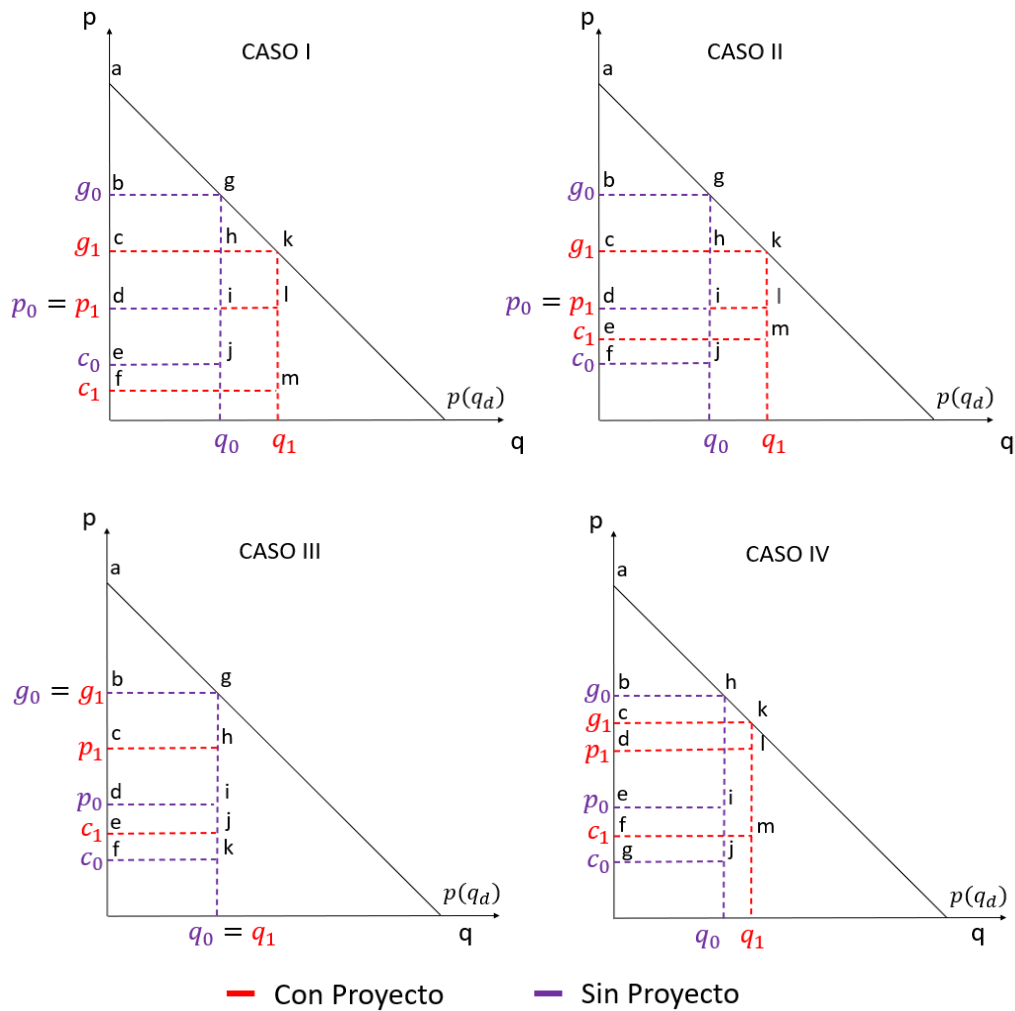
vt = Valor del Tiempo

θ = Costos Monetarios Indirectos del Viaje

En la **Gráfica 2-2** están representados gráficamente los beneficios generados a partir de la variación en el precio generalizado de los SITM de Bogotá y Medellín. En este punto es importante tener en cuenta que la reducción del precio generalizado del transporte a partir de la reducción de los costos indirectos y los costos directos de tiempo de usuarios es uno de los propósitos principales de los proyectos de SITM. En este caso, lo ideal es que la tarifa no se vea incrementada con respecto a las tarifas del TPC o sistema de transporte que operaba antes del SITM. No obstante, en el caso de aumentar las tarifas, la idea es que sea como mínimo compensada por los ahorros de tiempo y los ahorros en costos externos.

Por este motivo que se observa que la disminución del precio generalizado trae consigo el aumento en la demanda del sistema (**Gráfica 2-2**), sin embargo, no necesariamente se ve reflejado en la variación de las tarifas o en los costos de operación en los que incurren los productores del servicio de transporte. Desde el punto de vista normativo de la política económica, es deseable que tanto la implementación de los proyectos de SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín hayan generado un aumento en el excedente social, sobre todo en el excedente del consumidor.

Gráfica 2-2. Excedentes Sociales Variación Precio Generalizado del Transporte



Fuente: Elaboración Propia a partir de De Rus (2008, p. 57)

De acuerdo con la teoría económica del bienestar social, se identifica que la maximización del bienestar social se puede lograr mediante la optimización de la función de costo generalizado del transporte (ver ecuación 2.1). En este sentido, se definen cuatro casos en los que se podría maximizar el costo generalizado del transporte a partir de la implementación de los proyectos de SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín. En la **Gráfica 2-2** se puede observar el comportamiento de del costo generalizado del transporte (g) comparando las condiciones con proyecto de SITM y sin proyecto para cada uno de los casos planteados. La identificación de los excedentes del consumidor y del productor para cada uno de los casos se encuentra en la **Tabla 2-5**.

Tabla 2-5. Áreas excedentes sociales según caso.

Caso	Condición	Caso I	Caso II	Caso III	Caso IV
Excedente Productor	Sin Proyecto	$d - i - j - e$	$d - i - j - f$	$d - i - k - f$	$e - i - j - g$
	Con Proyecto	$d - l - m - f$	$d - l - m - e$	$c - h - i - d$	$d - l - m - f$
Excedente Consumidor	Sin Proyecto	$a - g - b$	$a - g - b$	$a - g - b$	$a - h - b$
	Con Proyecto	$a - k - c$	$a - k - c$	$a - g - b$	$a - k - c$

Fuente: Elaboración propia

En el caso I, la tarifa se mantiene igual en las condiciones con proyecto y sin proyecto. Sin embargo, el precio generalizado del transporte disminuye debido al ahorro en los costos de operación. Esta situación es deseable desde un el punto de vista del bienestar social, porque a nivel general hay un actor beneficiado y el otro no percibe variación de su bienestar. Sin embargo, desde un punto de vista de equidad, sería preferible que el proyecto generará excedentes en el consumidor.

En el caso II, la tarifa se mantiene igual en las condiciones con proyecto y sin proyecto. Sin embargo, el precio generalizado del transporte disminuye debido al aumento en los costos de operación. Esto quiere decir que el aumento en los costos de producción ha beneficiado directamente a los usuarios o indirectamente a la sociedad. Por ejemplo, se han disminuido los tiempos de viaje de los usuarios por el aumento de las frecuencias o se hacen inversiones en tecnologías de combustión limpias que tienen costos de mantenimiento más elevados, pero que disminuyen la huella de carbono de los Sistemas. Desde un el punto de

vista del bienestar social esta situación es deseable, puesto que hay un aumento en el excedente consumidor superior a la disminución del excedente del consumidor. Por lo tanto, el excedente social aumenta.

En el caso III, el precio generalizado del transporte y la cantidad de usuarios permanecen igual en las condiciones con proyecto y sin proyecto sin embargo tanto las tarifas como los costos de producción aumentan. Esto quiere decir que tanto los usuarios como los productores tendrán que asumir un aumento de sus costos directos, a cambio de la disminución de las externalidades del sistema.

En el caso IV, en la condición con proyecto las tarifas y los costos aumentan mientras que el precio generalizado del transporte disminuye. Esto quiere decir que el excedente de los consumidores va aumentar debido a la reducción de los costos indirectos o efectos externos, mientras que el aumento de las tarifas garantiza que el excedente del consumidor permanezca igual.

A continuación, en la **Tabla 2-6** se presentan los resultados del análisis de los casos, en donde se muestra la variación que tienen cada componente al pasar de la condición sin proyecto a la condición con proyecto.

Tabla 2-6. Resultado variación del precio generalizado de transporte según el caso.

Caso	g	P	C
I	Disminuye	Igual	Disminuye
II	Disminuye	Igual	Aumenta
III	Igual	Aumenta	Aumenta
IV	Disminuye	Aumenta	Aumenta

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se han identificado y valorado los beneficios generados por los SITM por medio del método de cambio en los excedentes sociales, y se han construido los flujos de beneficios, es el momento de valorarlos económicamente. Esta valoración se realiza a través de la transformación de los flujos de beneficios en precios de mercado a flujos en precios económicos. Para ello se emplean los factores conocidos como “Razón Precios Cuenta (RPC)”.

$$RPC = \frac{\text{Precios Sombra}}{\text{Precios de Mercado}} \quad (2.2)$$

En sus notas de clase, Ruiz (2021) presenta un análisis conceptual de la estimación de los precios sombra desde la perspectiva del bienestar social. Los precios sombra se estiman de acuerdo con el tipo de proyecto. Por un lado, se encuentran los proyectos demandantes, en donde la demanda se traduce en costos económicos relacionados con la sustitución del uso alternativo por el aumento de precios y el aumento en la demanda que ocasiona el proyecto. Por otro lado, se encuentran los proyectos oferentes, en donde los incrementos en la oferta se traducen en beneficios económicos, y se encuentran relacionados con el incremento en el consumo y en el ahorro de recursos por la menor producción de los oferentes distintos al proyecto debido a la reducción del precio.

Por lo general, cuando evalúan económicamente los proyectos de inversión en Colombia, se emplean los RPC calculados por el Departamento Nacional de Planeación (2019) para los principales insumos que se utilizan en el país. Esto facilita la comparación entre las evaluaciones que se realizan de diferentes proyectos de transporte o proyectos de inversión a nivel general.

2.4 Evaluación financiera SITM de Bogotá y Medellín

De acuerdo con Miranda (2006) la evaluación financiera de un proyecto tiene como propósito evaluar el lucro o beneficio que el proyecto ha generado para agentes particulares. Estos agentes pueden ser personas naturales, empresas privadas o entidades públicas (p.295). Por lo tanto, en esta sección se analizan los rendimientos financieros que han obtenido los proyectos de SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín a partir de la conformación de los flujos de inversiones, ingresos y costos que se han generado desde la fase de inversión de los proyectos. Finalmente, se estiman los indicadores financieros de VPN, TIR y Relación de Costo y Beneficio para comparar la eficiencia financiera entre ambos proyectos (Elección de Alternativa).

Es importante destacar que la estructuración de los flujos de inversiones, ingresos y costos ha supuesto un desafío significativo para el desarrollo de la investigación. Las estimaciones

que se presentan a continuación son el resultado de un arduo trabajo de búsqueda, solicitud y procesamiento de información histórica de los estados financieros de los SITM de Bogotá y Medellín.

En el marco del ejercicio de búsqueda y solicitud de información sobre los estados financieros y la estructura institucional de los Sistemas, se realizaron varios ciclos de reuniones virtuales y presenciales con diferentes entidades públicas de las ciudades de Bogotá y Medellín. En el caso de Bogotá, se sostuvieron diversas reuniones con la empresa Transmilenio S.A., el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y la Contraloría de Bogotá. En el caso de Medellín se sostuvieron diversas reuniones con la empresa Metro de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). Todo este ejercicio fue complementado con visitas de campo al sistema Metro de Medellín y al Sistema Transmilenio de Bogotá.

Una vez que se obtuvo la información solicitada a las diferentes entidades, el mayor reto se situó en la comprensión de la estructura institucional y financiera de las empresas Transmilenio S.A. y Metro de Medellín. Dos empresas con modelos institucionales diferentes, tal y como se analizó en el primer capítulo de esta investigación, lo cual significó un desafío importante en el momento de conformar los flujos de inversiones, ingresos y costos en un marco comparativo entre los dos Sistemas.

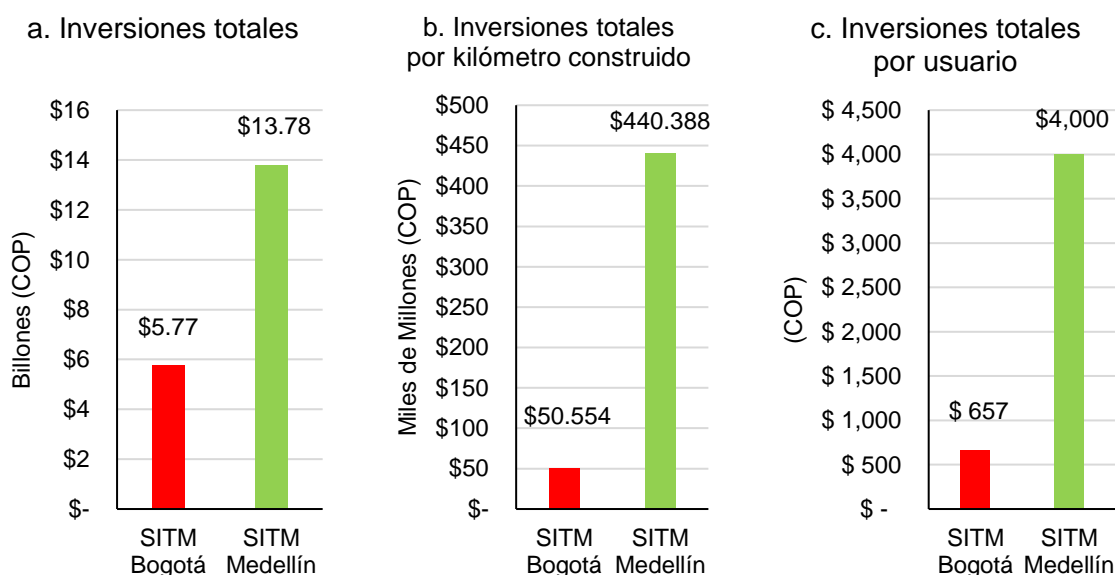
A continuación, se presentan las estimaciones de las inversiones, ingresos y costos generados por los SITM de Bogotá y Medellín desde la fase de inversión hasta el año 2019. Es importante precisar que todos los valores se encuentran a precios constantes del año 2015.

2.4.1 Inversiones a precios de mercado

Las inversiones realizadas en los SITM de Bogotá y Medellín están conformadas por los costos asumidos para construir toda la infraestructura de transporte necesaria para la puesta en marcha de los Sistemas, tales como portales, estaciones, talleres y edificios administrativos. Así mismo, se incluyen todos los costos administrativos generados en la fase de inversión de los proyectos, como es el caso de la creación de la empresa Transmilenio S.A. (Bogotá) y la empresa Metro de Medellín.

En términos de los factores de producción presentados en el capítulo 1, se asocian a las inversiones todos los elementos que conforman el factor productivo de capital (K). Los montos totales de las inversiones de los SITM de Bogotá y Medellín se pueden observar en la **Gráfica 2-3**. En esta gráfica se encuentran presentados los montos totales de inversiones (a), los montos de inversiones divididos entre la longitud de la red en términos de kilómetros construidos (b) y las inversiones totales divididas entre el total de usuarios que han ingresado a los SITM desde el inicio de la operación (c).

Gráfica 2-3. Inversiones SITM de Bogotá y Medellín a precios de mercado



Nota: Inversiones en valores constantes del año 2015.

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

A partir de la **Gráfica 2-3** (a), se encuentra que hasta el año 2019, las ciudades de Bogotá y Medellín han invertido en total recursos cercanos a los COP 5.77 y 13.78 billones para la implementación de los SITM. Es decir que en Bogotá se han destinado menos de la mitad de los recursos destinados a la construcción del SITM en Medellín.

De acuerdo con la **Gráfica 2-3** (b), si se normalizan las inversiones de acuerdo con la extensión de las redes de Bogotá (114.1 km) y Medellín (31.3 km), se encuentra que, en el caso de Bogotá, por cada kilómetro construido de SITM se han invertido alrededor de COP

50.554 millones, mientras que en el caso de Medellín se han invertido cerca de COP 440.388 millones. Por lo tanto, la relación entre ambas inversiones se aumenta, y situando las inversiones en el SITM de Medellín en casi 9 veces más que las realizadas en SITM de Bogotá. De igual forma, según se observa en la **Gráfica 2-3 (c)**, al normalizar las inversiones con respecto a la cantidad de usuarios que han sido registrados desde el comienzo de la operación de los SITM de Bogotá (8.8 millones) y Medellín (3.4 millones) se encuentra que los resultados se mantienen en favor al SITM de Bogotá en una relación de 6 a 1.

Como resultado general se encuentra que a corte del año 2019 las inversiones del SITM de Bogotá han sido menores que las del SITM de Medellín. Así mismo, se observa que, al normalizar los resultados según los kilómetros construidos o el número de usuarios, el SITM de Bogotá resulta todavía más eficiente en términos comparativos de inversiones que el SITM de Medellín.

Un aspecto relevante en este análisis el análisis de las inversiones de los SITM es que, dentro de las inversiones realizadas en el SITM de Medellín se contemplaron los trenes y todo el material rodante con el que comenzó a operar el sistema, mientras que el proyecto de SITM de Bogotá no contempló realizar inversiones iniciales en los buses de tipo BRT mediante los cuales se opera el sistema. Esta inversión en los buses la realiza el concesionario que tiene a cargo la operación del sistema y por lo tanto se traduce en costos de operación del sistema.

En un intento por realizar una comparación más rigurosa y equitativa de las inversiones registradas por ambos SITM, se estimó que el costo de los trenes del SITM de Medellín pudo haber ascendido a COP 298.802 millones. No obstante, al trasladar este monto a los costos de operación del SITM, se observa que la inversión en trenes se trata de un monto menor en comparación con la totalidad de las inversiones y que por lo tanto no afecta significativamente los resultados presentados en la **Gráfica 2-3**.

Sin embargo, es importante mencionar que el valor de los trenes fue estimado a partir de la información presentada en el libro *“El Metro de Medellín: Una ilusión costada por todos los colombianos”* publicado por Acevedo et al., (1993), en donde describen los créditos contratados por con la banca internacional y se detallan los destinos de los recursos (p. 68). Por lo tanto, el valor de los trenes se estimó de forma indirecta a partir de información

financiera del proyecto y es posible que se hayan subestimado los valores. Infortunadamente, durante la investigación no se tuvo acceso a los contratos iniciales de la construcción del metro para estimar los costos de los trenes directamente.

2.4.2 Ingresos a precios de mercado

A continuación, se presentan las series de los ingresos que han sido generadas por los SITM de Bogotá y Medellín desde el comienzo de su operación. Estos ingresos son de dos tipos; ingresos operacionales e ingresos no operacionales.

Entre los ingresos operacionales se encuentran los ingresos por servicios de transporte y la venta de bienes y servicios. En otras palabras, los servicios de transporte hacen referencia a los ingresos por venta de pasajes a los usuarios, mientras que los bienes y servicios hacen referencia a otros servicios de consultoría que prestan las empresas gestoras de los Sistemas a terceros.

Por otra parte, los ingresos no operacionales son más diversos que los operacionales, puesto que estos pueden provenir de fuentes distintas a las actividades de transporte. Para el caso de esta evaluación, los ingresos no operacionales de cada uno de los sistemas presentan importantes diferencias.

En la **Gráfica 2-4** se encuentran representadas las series de tiempo de los ingresos totales de los SITM de Bogotá y Medellín. El color gris hace referencia a los ingresos no operacionales, mientras que el color azul hace referencia a los ingresos operacionales. Los gráficos a y c corresponden a los ingresos totales de los SITM y los gráficos b y d corresponden a los ingresos divididos por el número de usuarios totales anuales que registraron los SITM. En el caso del SITM de Bogotá, los ingresos operacionales representan únicamente los ingresos generados por componente troncal del Sistema (Transmilenio), bien sea por las validaciones directamente realizadas en sistema o por las realizadas en los componentes alimentadores. En este caso no se tuvieron en cuenta los ingresos generados por los buses del componente zonal del SITP.

En la **Gráfica 2-4 (a)** se puede observar que los ingresos operacionales del SITM de Bogotá, representaron casi la totalidad de los ingresos del Sistema hasta el año 2011 y han

mantenido una tendencia de crecimiento positivo hasta el año 2019, cuando superaron los COP 1.2 Billones.

Por el contrario, la participación de los ingresos no operacionales, constituida principalmente por subvenciones e ingresos, fue prácticamente marginal hasta el año 2012. A partir de ese momento, se presentó un incremento en los ingresos no operacionales del sistema, los cuales, de acuerdo con los estados financieros de la empresa Transmilenio, provienen de subvenciones y transferencias realizadas por el distrito. Estos ingresos adicionales no operacionales se mantienen hasta el año 2019, coincidiendo con el periodo de operación del componente zonal del SITP. Por lo tanto, se puede considerar que estos ingresos son más atribuibles a la operación del componente zonal del SITP que al componente troncal (SITM).

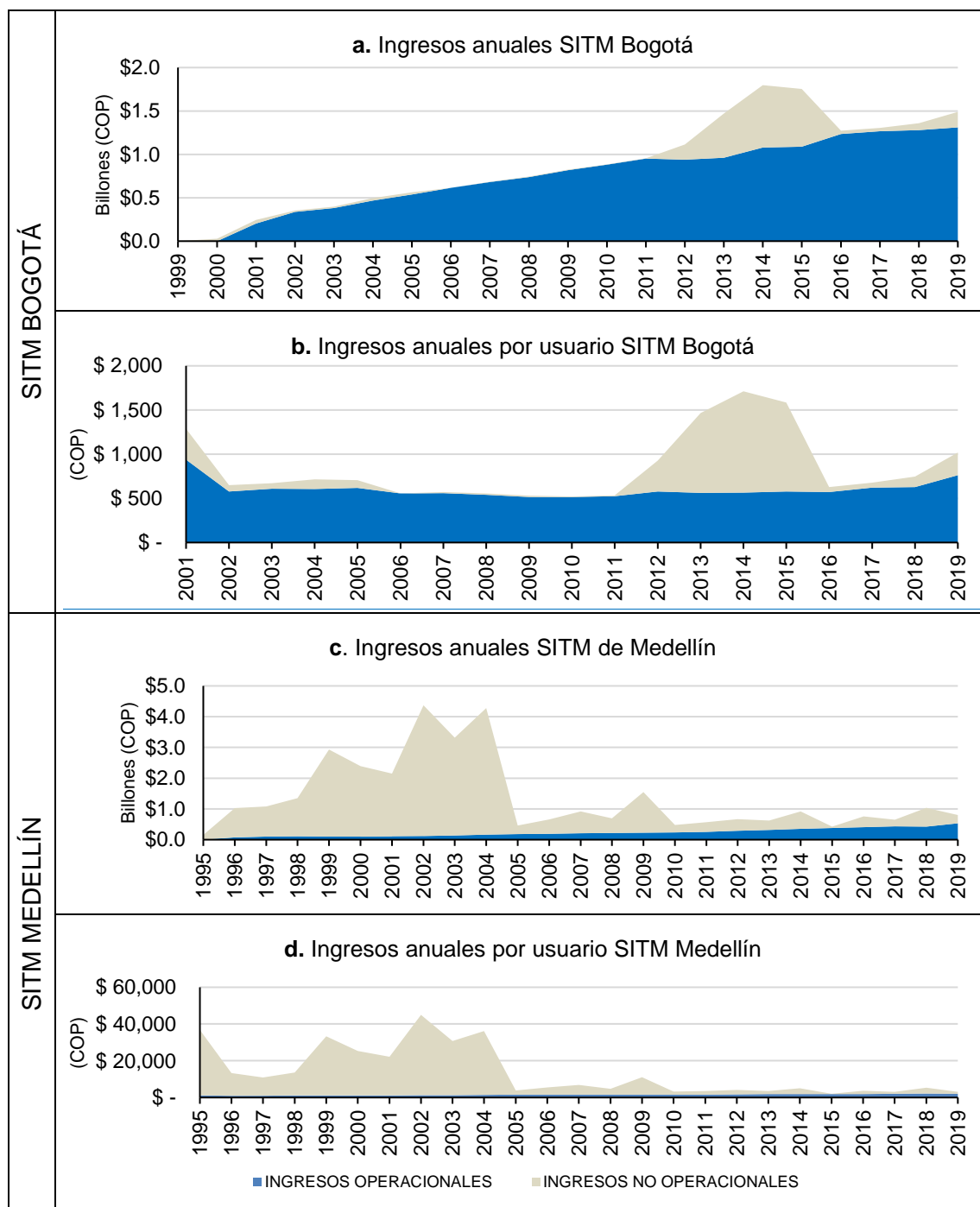
Al revisar el dato de los ingresos anuales por el número de usuarios (**Gráfica 2-4 (b)**) se observa a nivel general un comportamiento horizontal de los ingresos a través del tiempo, es decir que el aumento de los ingresos operacionales y no operacionales ha respondido sobre todo al aumento del número de pasajeros y no a la mejora de su eficiencia.

Por otro lado, de acuerdo con en la **Gráfica 2-4 (c)** el SITM de Medellín, los ingresos operacionales representan una participación muy baja entre los ingresos totales del Sistema, sin embargo, muestran una tendencia de crecimiento positiva desde el inicio de la operación en el año 1995. Al contrario de lo observado en el proyecto de SITM de Bogotá, los ingresos no operacionales han representado una partición muy importante desde que se puso en marcha el Sistema en el año 1995

Entre los ingresos no operacionales del Metro de Medellín, destacan los relacionados con la renta al tabaco, la sobre tasa a la gasolina, las subvenciones del gobierno y los ingresos. Los dos primeros representan especial interés, puesto que se trata de recursos pignorados al acuerdo de pago que firmó el municipio de Medellín y la Gobernación de Antioquía con el Gobierno Nacional para el pago de la deuda del Metro de Medellín⁸; es decir, se trata de ingresos que provienen del Municipio y la Gobernación con destino a la Nación.

⁸ Análisis a la Reestructuración de la Deuda del Metro de Medellín con la Nación. Contraloría General de la República de Colombia (2004).

Gráfica 2-4. Ingresos de los SITM de Bogotá y Medellín a precios de mercado



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

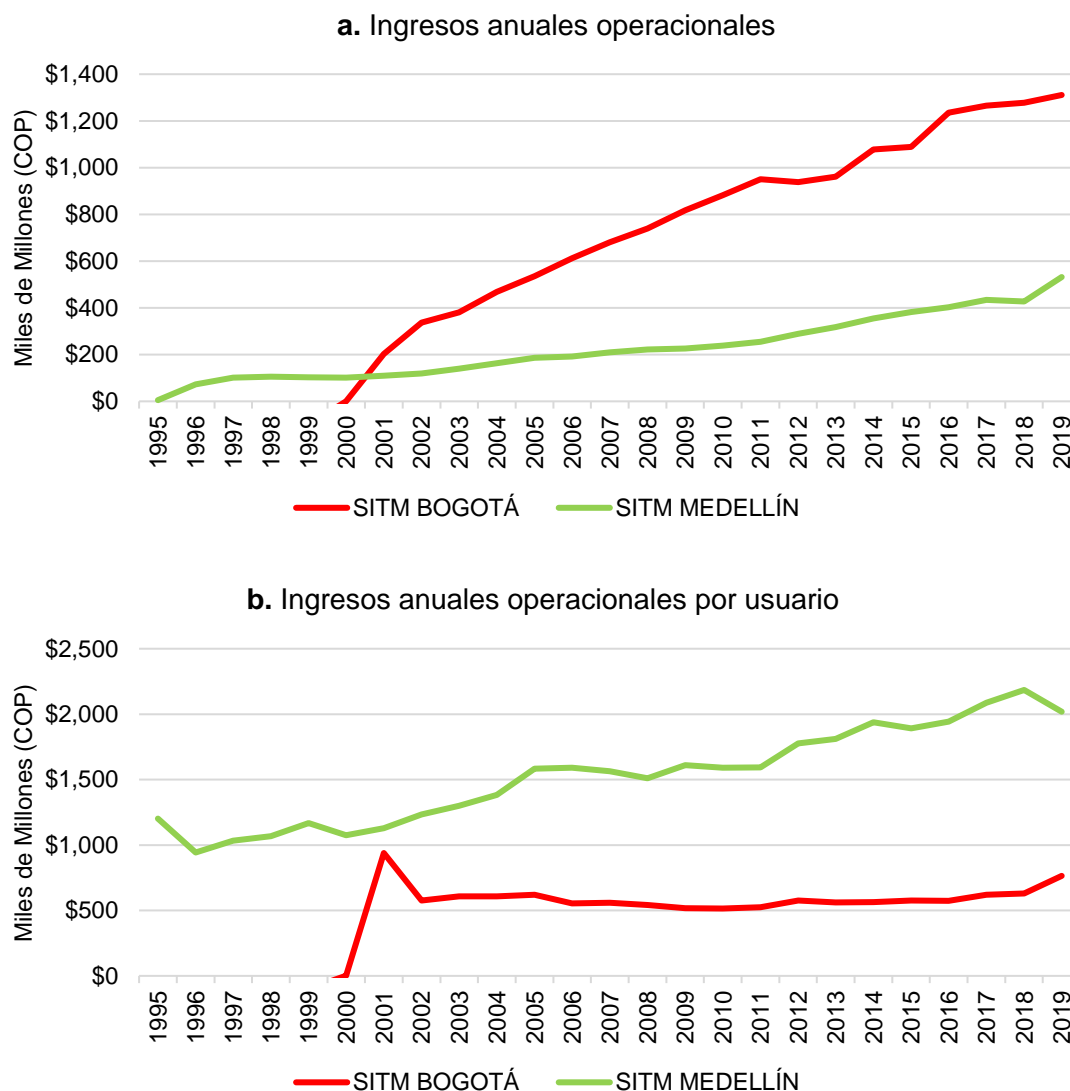
Esta transferencia se verá reflejada en los estados financieros del Metro de Medellín como costos no operacionales. Así mismo, se encuentra que las subvenciones del gobierno se empezaron a ver reflejadas a partir del año 2016. Sin embargo, estos recursos estarían destinados a la cubrir los costos operacionales del Metro Plus (BRT) “*Bolsa de Buses*”, componente alimentador del Sistema Metro, el cual comenzó a operar en el año 2012.

Con relación al dato de los ingresos anuales por el número de usuarios (**Gráfica 2-4 (d)**) se observa que, a nivel general los ingresos continúan creciendo a través del tiempo, lo cual indica que el aumento de los ingresos ha respondido al mejoramiento de las condiciones de operación y eficiencia del sistema, más allá del aumento del número de usuarios del sistema.

Por último, se realiza un análisis comparativo entre las series de ingresos operacionales de los SITM de Bogotá y Medellín (**Gráfica 2-5**) es decir, aquellos ingresos provenientes de actividades relacionadas con servicio de transporte. Por un lado, de la **Gráfica 2-5 (a)** se observa que los ingresos operacionales totales de ambos SITM han venido aumentando de forma positiva desde que se inició la operación de cada uno de los Sistemas, sin embargo, se puede evidenciar que la tasa de crecimiento del SITM de Bogotá es superior a la del SITM de Medellín.

Este comportamiento se encuentra directamente relacionado con la evolución de la demanda de los SITM en términos del número de validaciones. No obstante, es importante mencionar que desde el año 2011, la tasa de crecimiento de los ingresos del SITM de Bogotá ha disminuido levemente, lo cual podría representar una señal de que el sistema está llegando a su máxima capacidad y de que el crecimiento de sus ingresos puede pasar a depender de la demanda de viajes a depender de la capacidad del sistema.

Gráfica 2-5. Comparación Ingresos Operacionales SITM de Bogotá y SITM de Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

En el año 2019, el SITM de Bogotá alcanzó los 1.3 billones en ingresos, mientras que el SITM de Medellín solo alcanzó a los 0.53 billones de ingresos, es decir el SITM de Bogotá genera más del doble de ingresos que el SITM de Medellín. En ese mismo sentido, se encuentra que en términos absolutos se conserva esta tendencia, en cuanto que los SITM de Bogotá y Medellín han ingresado desde el inicio de la operación COP 15.8 y 5.7 Billones respectivamente.

Sin embargo, por otro lado, de acuerdo con la **Gráfica 2-5 (b)** se puede observar que los ingresos operacionales por usuario han sido mayores en el SITM de Medellín que en el SITM de Bogotá. De hecho, en el caso del SITM de Medellín, estos ingresos han presentado un crecimiento real desde que se implementó el SITM, mientras que, en el SITM de Bogotá, los ingresos por usuario han mantenido un comportamiento horizontal, es decir que como se mencionaba anteriormente, el aumento que se ha registrado en los ingresos de los últimos años se debe al crecimiento en la demanda.

2.4.3 Costos a precios de mercado

Al igual que sucediera con los ingresos de los SITM de Bogotá y Medellín, los costos financieros generados por ambos sistemas se dividen en dos tipos, los costos operacionales y los costos no operacionales.

Por un lado, los costos operacionales de los sistemas se encuentran relacionados con sus componentes de gestión y prestación, en donde se incluyen los costos de administración, de operación y de provisiones, depreciaciones y amortizaciones. Por el otro lado, se encuentran los costos no operacionales que no se relacionan directamente con las actividades del servicio de transporte, tales como los costos financieros o el rubro de otros costos.

Los costos operacionales identificados para cada uno de los SITM difieren de acuerdo con el modelo institucional que han adoptado para su respectiva operación. A partir del análisis realizado en el capítulo 1, el SITM de Medellín adoptó un modelo de gestión y operación público, en donde la empresa Metro de Medellín se hace cargo directamente de los componentes de Gestión y Prestación del servicio de transporte. Por este motivo, los costos de operación están asociados en su totalidad a los costos de administración, de operación y de provisiones, depreciaciones y amortizaciones generados por la empresa Metro de Medellín.

Por el contrario, el SITM de Bogotá adoptó un modelo de gestión y operación mixto, en donde la empresa Transmilenio S.A. gestiona el sistema y la prestación del servicio de transporte se encuentra concesionada a diferentes operadores privados. Por lo tanto, además de los costos de administración, de operación y de provisiones, depreciaciones y

amortizaciones generados por la empresa Transmilenio S.A., se incorporan los costos del sistema de recaudo, de las fiduciarias, de los concesionarios privados operadores del Sistema, la gestión del Sistema y el mantenimiento realizado por el IDU.

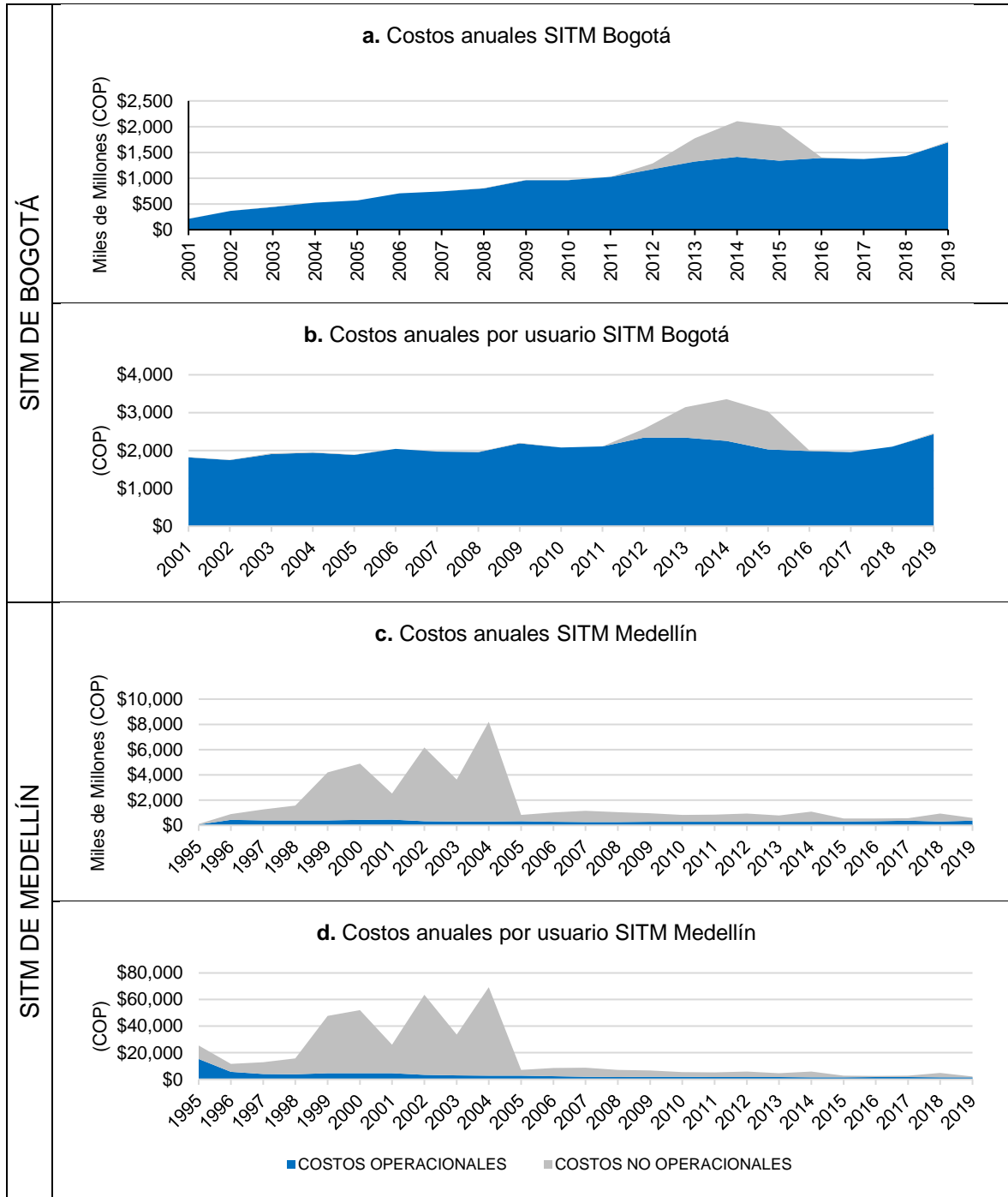
Los costos no operacionales más relevantes se encuentran los gastos financieros y otros gastos. Es importante destacar estos últimos, puesto que representan una cantidad importante de recursos que no se encuentran asociados directamente a la prestación del servicio de transporte. En el caso del SITM de Medellín, estos otros gastos se encuentran asociados principalmente al pago de la deuda con la Nación y los recursos destinados al fondo de reposición, mientras que, en el caso del SITM de Bogotá, estos otros gastos se encuentran asociados principalmente con el diferencial tarifario generado por la implementación del componente zonal del SITP.

En el caso particular de los costos anuales totales del SITM de Bogotá (**Gráfica 2-6 (a)**), se observa que, desde la puesta en marcha del Sistema, los costos operacionales han mantenido una tendencia de crecimiento positivo y representan la mayor parte de los costos totales. Mostrando un comportamiento similar al observado en el análisis de sus ingresos.

Por otro lado, el aumento de los costos no operacionales del SITM de Bogotá observado entre los años 2012 y 2016, corresponde con el periodo de implementación del componente zonal del SITP y representa los costos que debió asumir el sistema para hacer frente al diferencial tarifario que se presentó. Es importante precisar que los costos operacionales que se representan en la gráfica corresponden únicamente con los costos del componente troncal del Sistema (Transmilenio), es decir el SITM.

En la **Gráfica 2-6 (b)**, se encuentra representado el comportamiento de los costos anuales por usuario del SITM de Bogotá. Se observa que, al igual que con los ingresos, los costos por usuario se han mantenido a lo largo de los años, e incluso han aumentado en los últimos años. Es decir, el sistema ha mantenido su nivel de costos de producción del servicio de transporte. En el caso de los costos generados por el SITM de Medellín (**Gráfica 2-6 (c)**), se puede observar que los costos operacionales se han mantenido constantes desde el inicio de la operación del Sistema y en comparación con los costos no operacionales, representan una menor participación en los costos totales.

Gráfica 2-6. Series de Costos a precios de mercado SITM de Bogotá y Medellín.



Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

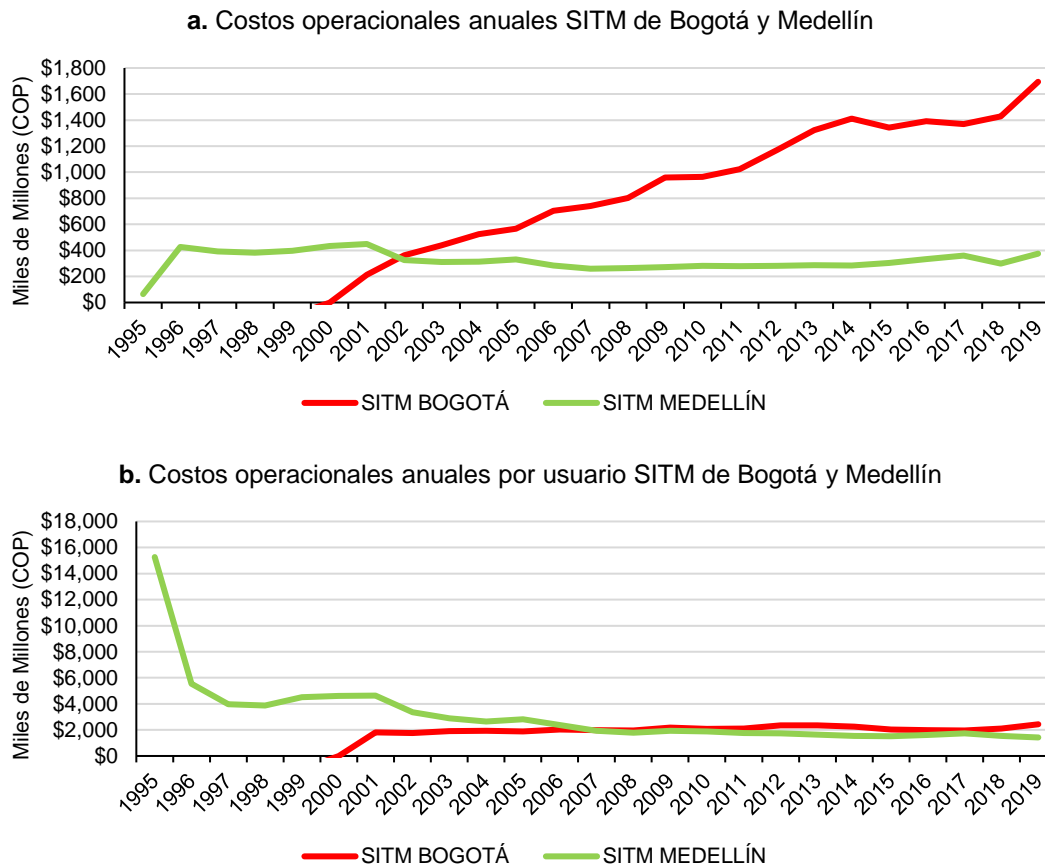
Con relación a los costos operacionales del SITM de Medellín, es importante mencionar que de acuerdo con los informes Corporativos de la Empresa Metro de Medellín (2007), en el año 2006 se generó un costo operacional atípico en el rubro de “Provisión de propiedad, planta y equipo”, en donde según lo referido por la empresa “durante el 2006 se registró una contingencia de pérdida como resultado del exceso del valor en libros de los grupos obra civil, catenaria, vía férrea, subestaciones, maquinaria y equipo y vehículos terrestre y auxiliares, sobre el valor de mercado” (p. 88). Por lo tanto, para esta investigación se consideró dicho rubro correspondía con inversiones en infraestructura en transporte del sistema, y en consecuencia se consideró dentro de las inversiones del sistema analizadas anteriormente.

En relación con los costos no operacionales del SITM de Medellín, se visualiza que fueron particularmente elevados entre los años 1995 y 2005. De acuerdo con los estados financieros presentados por la Empresa Metro de Medellín durante estos años, estos otros gastos eran destinados a la diferencia cambiaria con el dólar, es decir a los costos que debía asumir el sistema en moneda internacional, en su mayoría destinados al pago de las deudas contratadas con la banca internacional para la implementación del sistema. Este rubro se ve afectado por la restructuración de la deuda y el acuerdo de pago asumido con la Nación en el año 2004. En consecuencia, se puede observar que a partir del año 2005 los costos no operacionales se estabilizan y tienden a permanecer constantes.

En la **Gráfica 2-6 (d)**, se encuentran representados los costos anuales por usuario del SITM de Medellín. En este caso el comportamiento de los costos es horizontal y continúa manteniéndose con la misma tendencia de los costos totales.

Por último, se realiza un análisis comparativo entre los costos operacionales de los SITM de Bogotá y Medellín (**Gráfica 2-7**). Desde la perspectiva microeconómica, se puede observar en la **Gráfica 2-7 (a)** que el costo marginal de cada sistema es diferente. En el caso del SITM de Bogotá, se evidencia que cada año los costos de producción del sistema de transporte han presentado una tendencia positiva.

Gráfica 2-7. Comparación entre costos operacionales de los SITM de Bogotá y Medellín



Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

Por lo tanto, si se tiene en cuenta que este aumento de los costos está directamente relacionado con el aumento de la demanda del sistema en términos de validaciones de usuarios, se puede llegar a concluir que el costo de producir una unidad adicional del servicio de transporte es mayor a 1 y en consecuencia cada unidad adicional costará más que la anterior.

Por el contrario, en el caso del SITM de Medellín, se observa que, a pesar del aumento sostenido de la demanda de pasajeros desde el inicio de la operación del sistema, sus costos operacionales se han mantenido constantes. Esto significa que con los mismos recursos cada vez se están generando mayor cantidad de viajes, es decir que cada unidad

adicional del servicio de transporte costará menos que la anterior mejorando así la rentabilidad financiera del sistema.

Por otro lado, al revisar y comparar en la **Gráfica 2-7 (b)** los costos operacionales de los SITM de Bogotá y Medellín, se encuentra que el comportamiento y la magnitud de los costos han sido similares. Sin embargo, el SITM de Medellín presentado una leve tendencia a reducir los costos de operación por pasajero, mientras que el SITM de Bogotá ha mantenido estos costos de operación. Esto quiere decir que el SITM de Medellín ha logrado optimizar en alguna medida sus costos de operación a través de los años mientras que el SITM de Bogotá no lo ha logrado, o por lo menos no en la misma medida.

2.4.4 Flujos de inversiones, ingresos y costos a precios de mercado

A continuación, se presentan los flujos financieros consolidados con las series de Inversiones, Ingresos y costos a precios de mercado generados por el SITM de Bogotá (**Tabla 2-7**) y del SITM de Medellín (**Tabla 2-8**). En ambos casos, las series se encuentran en valores de millones de pesos colombianos constantes al año 2015.

Tabla 2-7. Flujos de Ingresos, Inversiones y Costos a precios de mercado SITM de Bogotá.

Millones (COP) cte 2015	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Conexión Soacha Fase 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122,279	-	-	-	-	-	-
Fase I	-	1,939,832	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	-	-	-	-	-	-	2,057,783	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,648,347	-	-	-	-	-
TOTAL INVERSIONES	-	1,939,832	-	-	-	-	2,057,783	-	-	-	-	-	-	122,279	1,648,347	-	-	-	-	-
INGRESOS OPERACIONALES	-	203,212	336,294	381,230	468,123	536,088	612,413	680,562	739,507	817,142	882,289	950,655	937,446	961,566	1,077,500	1,088,484	1,235,451	1,265,185	1,277,932	1,310,926
Componente Troncal	-	203,212	336,294	381,230	468,123	536,088	612,413	680,562	739,507	817,142	882,289	950,655	937,446	961,566	1,077,500	1,088,484	1,235,451	1,265,185	1,277,932	1,310,926
TOTAL INGRESOS	-	203,212	336,294	381,230	468,123	536,088	612,413	680,562	739,507	817,142	882,289	950,655	937,446	961,566	1,077,500	1,088,484	1,235,451	1,265,185	1,277,932	1,310,926
COSTOS OPERACIONALES	213	212,145	363,118	437,784	523,591	565,206	703,960	740,709	802,162	958,646	963,276	1,022,695	1,171,604	1,321,973	1,412,207	1,341,385	1,392,384	1,369,696	1,427,497	1,694,090
Empresas de Recaudo Troncal	-	18,739	28,280	30,460	43,080	47,380	56,778	62,484	65,807	72,251	71,779	71,729	74,407	145,909	139,586	126,629	101,578	102,422	105,916	108,533
Fiduciarias Troncal (Incluye Alimentación)	-	72	129	148	184	201	241	268	291	331	349	372	394	381	312	251	287	324	273	315
Operadores Privados Troncales	213	162,843	293,153	336,908	407,723	444,239	527,045	583,117	641,547	735,029	778,123	835,259	900,646	982,394	1,069,986	1,053,255	1,106,912	1,110,539	1,127,534	1,270,960
Otros Agentes Troncal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,530
Gestión TRANSMILENIO S.A. Troncal	-	6,002	12,101	16,578	25,608	26,849	39,709	45,768	43,034	48,599	50,087	53,175	57,244	68,396	72,403	67,806	67,292	65,534	66,221	72,803
De administración Troncal	-	13,066	11,518	13,727	16,147	17,028	12,707	12,429	11,666	12,467	12,195	13,746	17,280	20,129	17,167	15,399	18,659	17,859	16,407	19,807
De operación Troncal	-	10,400	14,663	14,809	23,272	23,783	28,344	30,035	32,976	36,043	43,729	40,425	57,555	84,307	67,263	61,757	61,115	62,025	93,174	135,150
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones Troncal	-	1,022	2,842	4,390	5,876	5,727	22,263	5,949	6,155	5,476	7,014	6,012	17,598	11,226	8,900	9,535	10,047	10,995	17,971	3,591
Mantenimiento (IDU)	-	-	432	20,764	1,701	-	16,873	660	687	48,450	-	1,977	46,480	9,232	36,589	6,753	26,494	-	-	75,400
TOTAL COSTOS	213	212,145	363,118	437,784	523,591	565,206	703,960	740,709	802,162	958,646	963,276	1,022,695	1,171,604	1,321,973	1,412,207	1,341,385	1,392,384	1,369,696	1,427,497	1,694,090

Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A y Contraloría de Bogotá.

Tabla 2-8. Flujo de Inversiones, Ingresos y Costos a precios de mercado SITM de Medellín

Millones (COP) cte 2015	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material Rodante (Trenes)	298,802	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras Inversiones	12,200,870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,284,466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL INVERSIONES	12,499,672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,284,466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESOS OPERACIONALES	5,077	72,625	101,864	105,219	102,654	101,036	109,492	119,721	139,791	163,520	185,697	191,488	209,594	221,632	226,051	238,099	254,334	288,998	317,108	354,542	381,888	402,060	434,253	427,749	531,847
Servicio de transporte	5,072	70,289	89,652	93,831	91,993	91,513	101,009	111,553	131,485	155,033	176,776	182,798	200,615	212,599	215,819	227,719	243,986	278,130	305,995	343,471	381,888	402,060	434,253	416,851	487,320
Venta de bienes y servicios	5	2,336	6,169	9,826	10,661	9,522	8,482	8,169	8,306	8,487	8,921	8,690	8,979	9,033	10,232	10,380	10,348	10,867	11,113	11,071	-	-	-	10,898	44,527
Ajustes por Inflación	-	-	6,043	1,562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL INGRESOS	5,077	72,625	101,864	105,219	102,654	101,036	109,492	119,721	139,791	163,520	185,697	191,488	209,594	221,632	226,051	238,099	254,334	288,998	317,108	354,542	381,888	402,060	434,253	427,749	531,847
COSTOS OPERACIONALES	64,535	427,263	391,761	381,418	396,234	434,809	449,086	326,495	311,525	312,307	329,793	284,397	259,967	263,894	272,126	280,692	279,619	280,584	286,047	283,550	304,162	332,142	360,180	299,330	374,174
De administración	32,931	28,914	39,164	28,271	32,693	29,295	24,826	25,633	25,412	31,963	34,349	34,143	22,657	15,736	17,590	17,861	17,916	16,845	17,872	16,141	18,630	18,902	24,739	16,582	26,055
De operación	29,535	67,082	61,519	66,554	58,977	61,838	65,000	82,607	84,885	92,209	91,810	100,274	116,687	132,639	140,535	151,420	158,758	160,685	161,088	167,201	278,923	311,528	335,440	281,252	346,533
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones	517	309,641	268,315	269,971	304,563	343,676	359,261	218,255	201,229	188,135	203,634	149,979	120,623	115,519	114,001	111,411	102,944	103,055	107,087	100,209	6,609	1,712	-	1,497	1,586
Ajuste por Inflación	1,552	21,626	22,763	16,622	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL COSTOS	64,535	427,263	391,761	381,418	396,234	434,809	449,086	326,495	311,525	312,307	329,793	284,397	259,967	263,894	272,126	280,692	279,619	280,584	286,047	283,550	304,162	332,142	360,180	299,330	374,174

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Empresa Metro de Medellín.

2.4.5 Evaluación financiera con corte al año 2019

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación financiera de los SITM de Bogotá y Medellín. En la **Tabla 2-9** se realiza un comparativo entre los resultados obtenidos para ambos sistemas desde el inicio de su respectiva operación. Contando desde el primer año de operación completa hasta el año 2019, el SITM de Bogotá ha operado durante 18 años, mientras que el SITM de Medellín ha operado durante 23 años. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el SITM de Medellín ha operado durante 5 años más que el de Bogotá, el análisis comparativo se centrará en las tendencias y en los indicadores financieros.

Tabla 2-9. Resultados de la Evaluación Financiera SITM de Bogotá y SITM de Medellín

	SITM Bogotá	SITM Medellín
Ingresos Totales	18,42 billones (COP)	5,69 billones (COP)
Costos de Inversión	5,77 billones (COP)	13,78 billones (COP)
Costos de Operación	15,76 billones (COP)	7,99 billones (COP)
Costos Totales (Inversión + Operación)	24,19 billones (COP)	21,77 billones (COP)
Ingresos / Costos Inversión	2,73	0,41
Ingresos / Costos Operación	0,86	0,71
Ingresos / Costos	0,65	0,26
VAN (f)	(-) 8,43 billones (COP)	(-) 14,80 billones (COP)

Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los resultados de la evaluación financiera de ambos SITM, la principal diferencia se encuentra relacionada con la distribución de los costos totales entre inversiones y operacionales. En el SITM de Bogotá, los costos de inversión representan cerca del 25% de los costos totales, mientras que en el SITM de Medellín los costos de inversión superan el 60% de los costos totales. Lo anterior es un resultado muy relevante para esta investigación, puesto que el SITM de Bogotá incorporó los buses de tipo BRT en los costos de operación, mientras que el SITM de Medellín los incorporó desde el principio a los costos de inversión.

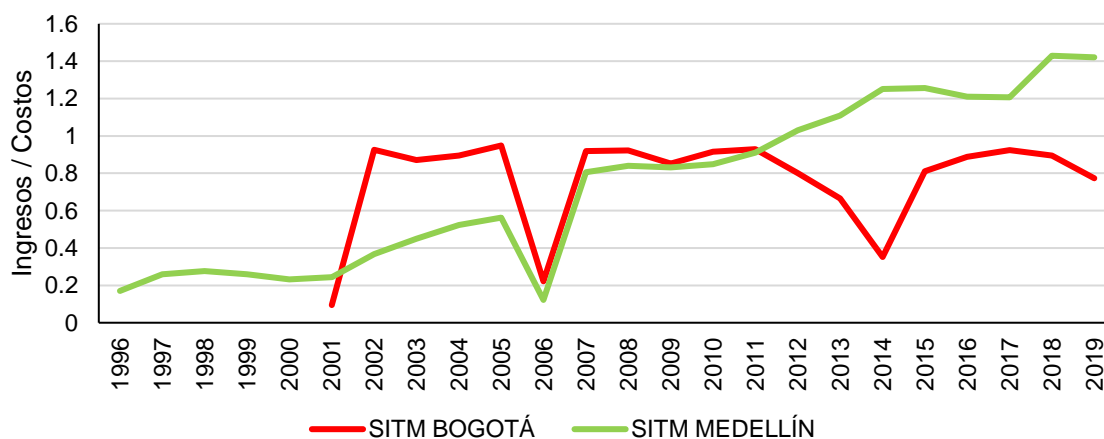
A partir de lo anteriormente expuesto se colige que, el modelo de Bogotá optó por asumir costos de inversión bajos y costos de operación más altos, mientras que Medellín optó por asumir costos de inversión altos y costos de operación más bajos. Con miras a la

planificación de proyectos futuros, estos resultados pueden ser muy importantes, sobre todo si se tiene en cuenta que, de acuerdo con la ley colombiana, la operación de los proyectos de SITM deben ser “Autosostenibles” y por lo tanto, el Gobierno Nacional solo puede destinar recursos a financiar las inversiones iniciales.

Con relación a los indicadores financieros, se encuentra que hasta el momento ninguno de los proyectos ha alcanzado el nivel de rentabilidad deseable, puesto que el valor presente de sus costos ha sido mayor que el de valor presente de sus ingresos. Sin embargo, si se comparan ambos Sistemas, se encuentra que el proyecto más favorable hasta el momento ha sido el SITM de Bogotá, puesto que su relación ingresos sobre costos es mayor que la del SITM de Medellín. Así mismo, a pesar de que el indicador VAN de ambos Sistemas es negativo, el VAN del SITM de Bogotá es mayor que el de Medellín.

Por último, se compara las series históricas anuales de la relación entre ingresos y costos que han generado los SITM de Bogotá y Medellín desde su primer año de operación completa (**Gráfica 2-8**). Por un lado, se evidencia que el SITM de Bogotá ha presentado rendimientos no deseables desde el inicio de su operación, es decir sus ingresos han sido menores a sus costos. Por otro lado, el SITM de Medellín presentó rendimientos negativos hasta el año 2012, a partir de ese momento comenzó a presentar rendimientos positivos, puesto que sus ingresos fueron mayores que los costos.

Gráfica 2-8. Relación Ingresos y Costos a precios de mercado SITM de Bogotá y Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

Al revisar la tendencia de las series de relación entre ingresos y costos anuales de ambos proyectos, se encuentra que el SITM de Bogotá se ha mantenido ligeramente por debajo de 1 desde el inicio de la operación. Salvo los periodos en donde se realizaron inversiones importantes para la ampliación de la infraestructura del sistema, se observa que el crecimiento se ha mantenido constante y sin una tendencia clara, es decir que si mantienen las condiciones actuales el Sistema se mantendrá por debajo de su equilibrio financiero al corto plazo. Por el contrario, el SITM de Medellín presenta una clara tendencia de crecimiento de la relación entre ingresos y costos, pasando del 0.2 que se registraba en los primeros años, al 1.4 que se registró en el 2019. En este caso, de acuerdo con la tendencia, se estima que la relación entre ingresos y costos continúe aumentando en los siguientes años.

Por lo anterior, y si se tiene en cuenta que el horizonte de un proyecto de transporte de tipo tren es mucho más amplio que el horizonte de un proyecto de BRT, se podría esperar que a futuro los ingresos totales generados por el SITM de Medellín puedan superar a los costos. De esta forma la relación entre ingresos y costos sería positiva y el VAN positivo. Por el contrario, no es claro que esto mismo suceda en el SITM de Bogotá, a pesar de que hasta el año 2019 presentaba mejores indicadores que el SITM de Medellín.

2.5 Evaluación económica de los SITM de Bogotá y Medellín

De acuerdo con lo establecido en la sección 2.1, la evaluación económica comparativa entre los SITM de Bogotá y Medellín se realiza mediante un Análisis de Costo – Beneficio (ACB). Siguiendo a Castro y Makote (2003), la evaluación económica de proyectos de inversión pública busca medir el nivel de eficiencia con el cual se han empleado los recursos y el aporte que el proyecto ha realizado al bienestar social (P. 3). Por lo tanto, el ACB comparativo entre los SITM de Bogotá y Medellín permitirá estudiar y medir la eficiencia de las inversiones que han realizado las Ciudades y el Gobierno Nacional en los proyectos de transporte a partir de los beneficios que han generado hasta el momento.

La evaluación económica se desarrolla a partir de los flujos de inversiones, ingresos y costos empleados en la evaluación de la evaluación financiera. Sin embargo, como se mencionaba durante la definición del modelo de valoración económica de los costos y beneficios, los flujos financieros solamente representan la rentabilidad que ha generado el proyecto, pero no permiten medir el aporte del proyecto al bienestar social en su conjunto.

Por este motivo, es necesario transformar los flujos financieros a flujos económicos; es decir pasar de los precios de mercado a los precios sombra mediante la aplicación de los factores de RPC. De esta manera, se establecen los flujos de costos económicos de los SITM de Bogotá y Medellín, y se procede a estimar y analizar los beneficios económicos de los dos sistemas.

Una vez establecidos los costos económicos, se definen y estiman los beneficios económicos de los SITM de Bogotá y Medellín que se van a tener en cuenta en la presente evaluación. La definición de los beneficios se realiza a partir de la revisión de la información disponible y de los estudios previos, mientras que su estimación se realizará empleando la metodología de la variación de los excedentes propuesta por De Rus (2008).

Finalmente, se obtendrán los flujos económicos de los SITM de Bogotá y Medellín y se estimarán los indicadores que permitirán la comparación en términos de eficiencia económica entre ambos proyectos de SITM.

2.5.1 Costos a precios económicos (precios cuenta)

Los costos económicos generados por los SITM de Bogotá y Medellín se obtienen a partir de la transformación de los costos de inversión y operación mercado. Para ello se emplean los indicadores RPC definidos por la Hernández Diaz, G. A. et al.(2019). A continuación, en la **Tabla 2-10**, se relacionan los indicadores RPC de los insumos que se emplean para en la implementación de los SITM de Bogotá y Medellín, los cuales se encuentran definidos en el anexo del documento del DNP.

Tabla 2-10. Indicadores Razón Precios Cuenta empleados para la Investigación y definidos por el DNP para los Insumos en Colombia

Cuentas Nacionales	Descripción	RPC
70002	Gas natural y otros energéticos (uranio y torio)	1
270201	Gasolinas y otros combustibles	0,822
290100	Llantas y neumáticos de caucho	0,821
320103	Cojinetes, engranajes, elementos de transmisión y sus partes y piezas	0,888
320199	Otras máquinas para usos generales y sus partes y piezas	0,981
340101	Vehículos para usos especiales; unidades motrices de carretera; camiones grúa; carrocerías, remolques y contenedores	0,699
340102	Vehículos de pasajeros de transporte público	0,678
340105	Partes, piezas y accesorios de vehículos automotores	0,796
340301	Servicios relacionados con la manufactura de equipo de transporte	1
380001	Energía eléctrica generada	1
380003	Energía eléctrica distribuida y servicios relacionados	0,901
420101	Carreteras, calles, caminos, puentes, vías férreas, túneles y construcción de subterráneos y pistas de aterrizaje.	0,903
460101	Transporte regular, incluido el especial, de pasajeros (urbano y suburbano)	0,874
460202	Transporte por ferrocarril	0,874
490103	Servicios complementarios para transporte por carretera y ferrocarril	0,893

Fuente: Tomado de Hernández Diaz, G. A. et al.(2019)

A partir de los datos anteriores, se realiza una ponderación de los RPC que se aplicarán sobre cada una de las categorías de costos identificadas para los SITM de Bogotá y Medellín. De acuerdo con la estructura institucional de cada sistema se han agrupado los costos de inversión y operación en diferentes categorías.

En el caso del SITM de Bogotá (**Tabla 2-11**), al ser un modelo en donde la operación es concesionada, es importante discriminar los costos que han representado cada uno de los diferentes agentes que participan en la producción del servicio de transporte. A cada uno de estos agentes se les aplica un factor que puede ser variar de acuerdo con la ponderación realizada, incluso para el agente público que se encuentra a cargo de la gestión del Sistema.

Tabla 2-11. Factores RPC Costos SITM de Bogotá

Costos	RPC
Inversión	0,95
Empresas de Recaudo	0,88
Fiduciarias	0,88
Operadores Privados	0,86
Otros Agentes	0,88
Gestión TRANSMILENIO S.A.	0,88
Costos Administración	0,88
Costos Operación	0,88
Provisiones, Depreciaciones y Amortizaciones	0,88
Mantenimiento (IDU)	0,90

Fuente: Tomado de Hernández Díaz, G. A. et al.(2019)

En el caso del SITM de Medellín (**Tabla 2-12**), al ser un modelo de gestión y operación pública no es necesario discriminar los costos de acuerdo con los componentes del Sistema. Como se analizó en el capítulo 1 de la presente investigación, es la misma empresa “Metro de Medellín” la que se encuentra a cargo de todos los componentes, y por lo tanto será la que genere todos los costos de operación del Sistema.

Tabla 2-12. Factores RPC Costos SITM de Medellín

Costos	RPC
Material Rodante (Trenes)	0,86
Otras Inversiones	0,86
Administración	0,95
Operación	0,87
Provisiones, Depreciaciones y Amortizaciones	0,88

Fuente: Tomado de Hernández Díaz, G. A. et al.(2019)

A continuación, se presentan los flujos de costos económicos de los SITM de Bogotá (**Tabla 2-13**) y Medellín (**Tabla 2-14**).

84 Evaluación Económica Ex Post de Los Sistemas Integrados De Transporte Masivo Urbanos de Bogotá y Medellín. Análisis comparativo desde una Perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional

Tabla 2-13. Flujos de Costos a precios económicos (Precios Sombra) SITM de Bogotá

Millones (COP) Cte 2015	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Conexión Soacha Fase 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.349	-	-	-	-	-	-
Fase I	1.845.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	1.957.980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.568.402	-	-	-	-	-
Inversiones	3.803.731	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.349	1.568.402	-	-	-	-	-
Costos operacionales	183	183.477	313.698	378.989	452.700	488.550	609.329	640.254	693.131	830.056	832.146	883.304	1.014.056	1.144.252	1.222.403	1.159.651	1.203.789	1.183.132	1.233.731	1.467.378
Empresas de Recaudo	-	16.556	24.985	26.911	38.061	41.860	50.163	55.205	58.140	63.833	63.417	63.372	65.738	128.910	123.324	111.877	89.744	90.490	93.577	95.889
Fiduciarias	-	64	114	131	163	177	213	236	257	292	308	329	348	337	275	221	254	286	242	278
Operadores Privados	183	139.927	251.899	289.496	350.345	381.722	452.875	501.057	551.264	631.590	668.620	717.715	773.900	844.144	919.410	905.033	951.139	954.256	968.859	1.092.102
Otros Agentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.653
Gestión TRANSMILENIO S.A.	-	5.302	10.691	14.647	22.625	23.721	35.083	40.436	38.021	42.937	44.252	46.980	50.575	60.428	63.968	59.907	59.452	57.899	58.506	64.322
Administración	-	11.544	10.176	12.128	14.266	15.044	11.227	10.981	10.307	11.015	10.775	12.144	15.267	17.784	15.167	13.605	16.485	15.778	14.496	17.499
Operación	-	9.188	12.955	13.084	20.561	21.012	25.042	26.536	29.134	31.844	38.635	35.716	50.850	74.485	59.427	54.562	53.995	54.799	82.319	119.405
Provisiones, Depreciaciones y Amortizaciones	-	895	2.488	3.843	5.144	5.013	19.489	5.208	5.388	4.794	6.140	5.263	15.405	9.827	7.791	8.347	8.795	9.625	15.732	3.144
Mantenimiento (IDU)	-	-	390	18.750	1.536	-	15.236	596	620	43.750	-	1.785	41.971	8.336	33.040	6.098	23.924	-	-	68.086
Costos	183	183.477	313.698	378.989	452.700	488.550	609.329	640.254	693.131	830.056	832.146	883.304	1.014.056	1.144.252	1.222.403	1.159.651	1.203.789	1.183.132	1.233.731	1.467.378
Total Costos (Inversiones + Operación)	3.803.914	183.477	313.698	378.989	452.700	488.550	609.329	640.254	693.131	830.056	832.146	883.304	1.014.056	1.260.600	2.790.806	1.159.651	1.203.789	1.183.132	1.233.731	1.467.378

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A y Contraloría de Bogotá.

Tabla 2-14. Flujos de Costos a precios económicos (Precios Sombra) SITM de Medellín

Millones (COP) Cte 2015	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material Rodante (Trenes)	257.141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras Inversiones	10.544.602	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.110.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversiones	10.801.742	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.110.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos operacionales	58.948	378.593	348.400	337.793	349.026	382.546	394.717	287.411	274.284	275.414	290.892	251.114	228.867	231.769	239.086	246.574	245.618	246.382	251.236	248.910	266.825	291.250	316.143	262.444	328.457
De administración	31.169	27.367	37.069	26.759	30.944	27.728	23.497	24.262	24.052	30.253	32.511	32.317	21.445	14.894	16.649	16.906	16.958	15.943	16.916	15.277	17.633	17.891	23.416	15.695	24.661
De operación	25.774	58.540	53.685	58.079	51.467	53.964	56.723	72.088	74.076	80.468	80.120	87.506	101.829	115.750	122.640	132.139	138.543	140.224	140.576	145.910	243.407	271.860	292.727	245.439	302.408
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones	453	271.060	234.883	236.332	266.615	300.854	314.497	191.061	176.156	164.693	178.261	131.292	105.593	101.125	99.797	97.529	90.118	90.214	93.744	87.723	5.786	1.498	-	1.310	1.388
Ajuste por Inflación	1.552	21.626	22.763	16.622	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos	58.948	378.593	348.400	337.793	349.026	382.546	394.717	287.411	274.284	275.414	290.892	251.114	228.867	231.769	239.086	246.574	245.618	246.382	251.236	248.910	266.825	291.250	316.143	262.444	328.457
Total costos (inversiones + operación)	10.860.690	378.593	348.400	337.793	349.026	382.546	394.717	287.411	274.284	275.414	290.892	1.361.214	228.867	231.769	239.086	246.574	245.618	246.382	251.236	248.910	266.825	291.250	316.143	262.444	328.457

Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Empresa Metro de Medellín.

2.5.2 Beneficios generados por los SITM de Bogotá y Medellín

Así las cosas, en las próximas páginas, se presentan los beneficios económicos que serán considerados para el desarrollo de la presente evaluación. Con el propósito de establecer un marco comparativo objetivo y equitativo entre los SITM de Bogotá y Medellín, es importante aclarar que se han reconocido y estimado únicamente los beneficios que se podían estimar a partir de la información disponible para ambos Sistemas. Estos beneficios corresponden con la variación de las tarifas de los SITM frente a los TPC desde el inicio de la operación, el ahorro de tiempo de los usuarios, la variación en el nivel de servicio de acuerdo con la percepción de los usuarios y los beneficios generados por la implementación de los modelos institucionales de cada uno de los SITM.

A continuación, se reconocen y analizan cada uno de los beneficios desde una perspectiva comparativa y de bienestar social. Recordemos que el enfoque del modelo de la evaluación económica definido para esta investigación se encuentra basado en la economía del bienestar, en donde se reconocen y estiman los beneficios de los proyectos a partir de los excedentes de bienestar social del proyecto, el cual corresponde a la suma del excedente del productor y excedente del consumidor. Este análisis se realiza empleando la metodología de variación de los excedentes sociales explicada por De Rus (2008) y revisada al comienzo de este capítulo.

A nivel general, el procedimiento para la estimación de cada uno de los beneficios, implicó primero la consecución y procesamiento de datos e información secundaria para la conformación de las variables de entrada para la estimación de los beneficios; segundo la definición de una serie de supuestos para poder realizar una estimación cuantitativa de los beneficios, en donde cada uno de estos supuestos cuenta con su correspondiente soporte conceptual o se encuentra referenciado de algún estudio previo; y por último se establece el procedimiento aritmético para la estimación de los beneficios.

Como resultado de la estimación de los beneficios de los SITM de Bogotá y Medellín, se realiza el análisis comparativo histórico entre la valoración anual de los beneficios de cada uno de los SITM. Este análisis se realiza tanto para los beneficios totales anuales generados por cada uno de los sistemas, como para los beneficios individuales normalizados según la cantidad de viajes realizados en cada SITM. Este último ejercicio, permite comparar los

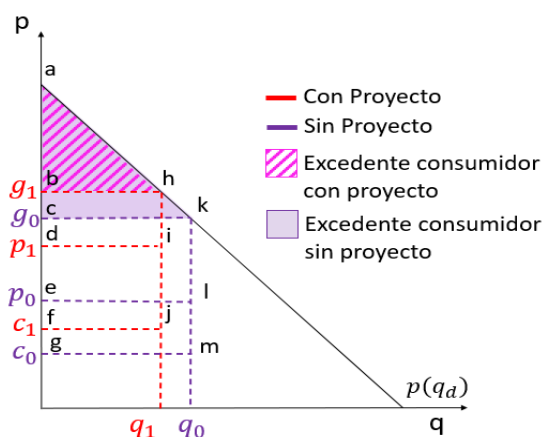
sistemas de una forma más equitativa, eliminado la distorsión por la diferencia de tamaños de los sistemas y de las ciudades.

▪ **Beneficios por la variación de la tarifa del transporte público**

La entrada en operación de los SITM de Bogotá y Medellín representó el aumento en las tarifas de los usuarios del sistema de transporte público de ambas ciudades. A pesar de que tanto el Transporte Público Colectivo (TPC) como el SITM continuaron operando al mismo tiempo en ambas ciudades, las tarifas de ambos medios de transporte han sido diferentes. Tanto en el caso de Bogotá como el de Medellín, las tarifas del SITM han sido más elevadas que las del TPC. Los detalles de este beneficio se encuentran en el **Esquema 2-2**.

Desde el punto de vista de la economía del bienestar, la estimación de este beneficio se realiza a partir de la variación del excedente del consumidor, más específicamente en la variación que se presenta en el componente monetario del costo generalizado del transporte. En este caso, la tarifa en la situación con proyecto ha permanecido mayor que la tarifa en la condición sin proyecto, por lo tanto, el proyecto ha generado un beneficio negativo para los consumidores (**Gráfica 2-9**). Al realizar el análisis discriminado de este beneficio, se encuentra que el aumento del costo generalizado del transporte pudo haber generado una disminución en el número de pasajeros del sistema.

Gráfica 2-9. Beneficio por variación de la tarifa a usuarios cambio de excedente del consumidor.



$$g = p + vt + \sigma$$

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al tratarse del sistema de transporte troncal, en algunos casos los usuarios no cuentan con alternativas reales para transportarse, por lo tanto, han tenido que asumir costos adicionales (por encima de la función de demanda) para poder realizar sus viajes. En estos casos, el aumento en la tarifa está actuado como un desincentivo para el viaje de algunos usuarios, provocando que solo realicen aquellos viajes estrictamente necesarios.

Para la estimación de este beneficio es necesario establecer tres supuestos. El primer supuesto se encuentra relacionado con la variación de la demanda y el segundo con la variación de la tarifa. Con relación a la demanda, usualmente se espera que la entrada en operación de los SITM de Bogotá y Medellín haya traído consigo un aumento de los usuarios de transporte público colectivo superior al aumento natural, por aumento de población, que se hubiese presentado en los TPC si no se hubiesen implementado los SITM. Sin embargo, para el caso de esta investigación, se opta por un escenario conservador en donde se supone que el SITM no generó demanda adicional y por lo tanto la demanda se mantendría igual en las condiciones con proyecto y sin proyecto.

El segundo supuesto se encuentra relacionado con la variación en las tarifas del TPC de ambas ciudades durante el periodo en el cual se han encontrado operando los SITM. En un escenario sin proyecto de SITM, es posible que las tarifas del TPC se hubiesen comportado de forma diferente a como lo han realizado desde la implementación de los SITM. Sin embargo, para el caso de esta investigación, se supone que la tarifa de TPC en la condición sin proyecto, se comportó de la misma forma que en la condición con proyecto.

El tercer supuesto hace referencia al esquema tarifario de los SITM, para la valoración de este beneficio se realiza el supuesto de que todos los usuarios pagan la tarifa plena del SITM y solo realizan su viaje en el componente troncal de los SITP. Sin embargo, para futuras investigaciones o la replicación de este ejercicio es importante tener en cuenta que el esquema tarifario de los SITM es flexible y permite realizar transbordos entre los componentes alimentadores de los sistemas y el componente troncal, así mismo, en el caso de los dos SITM se encuentran tarifas focalizadas y diferenciadas para ciertos grupos poblacionales. Estas “flexibilidades”, permiten que existan otra serie de beneficios positivos que no se estén incorporando en esta evaluación y que posiblemente puedan afectar los resultados acá presentados.

Esquema 2-2. Detalle beneficios generados en los usuarios por la variación entre las tarifas del TPC y las tarifas del SITM

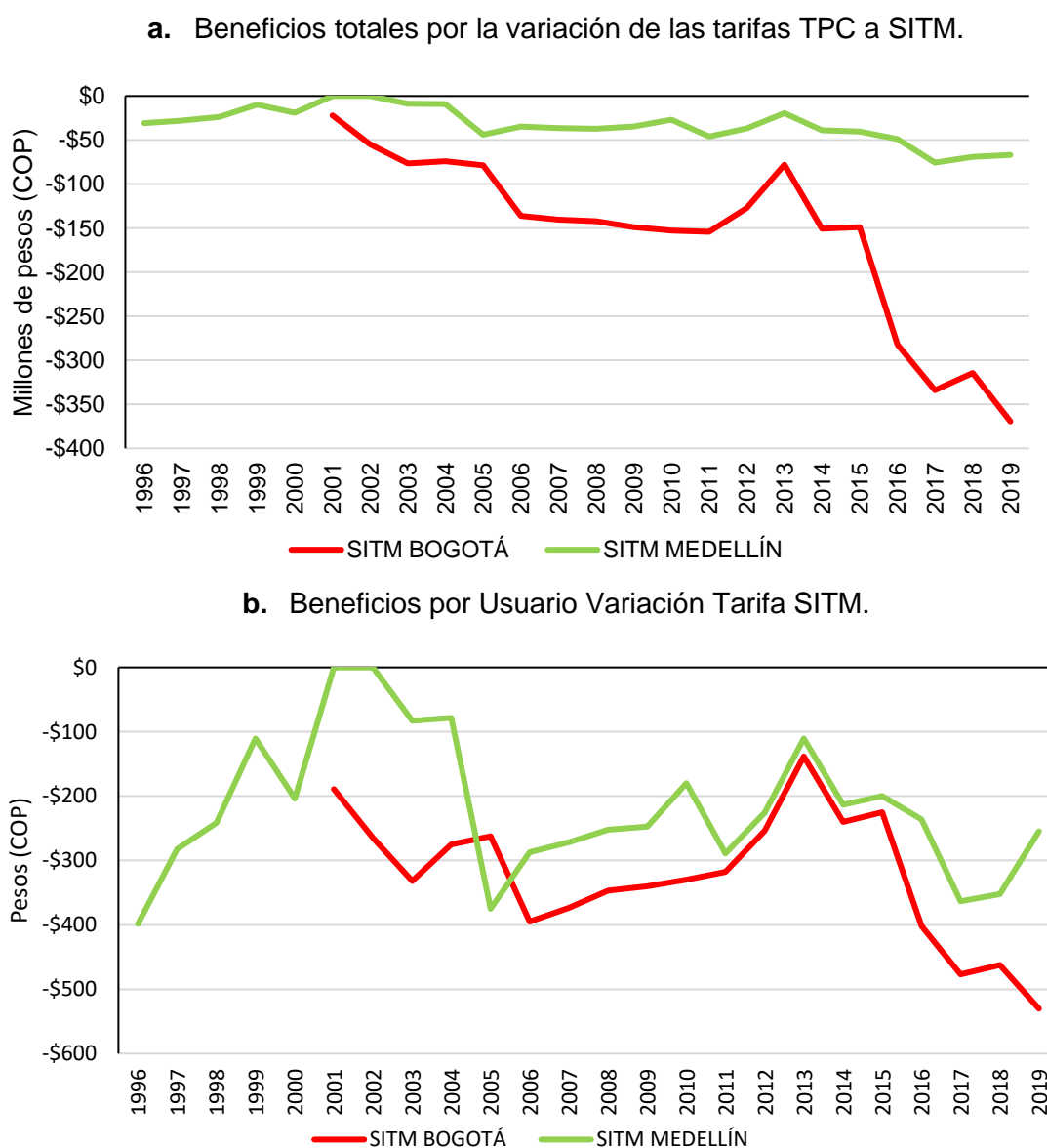
<p>1. Descripción</p> <p>Beneficios positivos o negativos asociados a la variación de la tarifa que asumieron los usuarios al pasar del Transporte Público Colectivo Tradicional (TPC) al SITM.</p> <p>Se compara la situación actual (Con SITM) con una situación sin proyecto SITM, en donde hubiese continuado operando únicamente el TPC.</p>
<p>2. Datos</p> <p>Serie anual de tarifas del Transporte Público Colectivo (TPC) de Bogotá (2000 - 2019) y de Medellín (1995 - 2019).</p> <p>Serie anual de tarifas de los SITM de Bogotá (2000 - 2019) y de Medellín (1995 - 2019).</p> <p>Serie anual del número de viajes en los SITM de Bogotá y Medellín.</p> <p>Deflatores anuales de valores corrientes a valores constantes del año 2015.</p>
<p>3. Supuestos</p> <p>El proyecto SITM no ha atraído demanda adicional de pasajeros. Es decir, en la condición Sin Proyecto el comportamiento de la demanda del TPC hubiese sido el mismo.</p> <p>En la condición sin proyecto, las tarifas del TPC se hubiesen mantenido iguales a como se han comportado durante la fase de operación del SITM.</p> <p>Se realiza el análisis sobre la tarifa de usuarios para un único viaje de una sola etapa en el SITM de cada ciudad. No se tiene en cuenta los ahorros generados por los transbordos que realizan los pasajeros desde los componentes alimentadores.</p>
<p>4. Estimación y valoración</p> <p>Se convierten las series de valores corrientes a valores constantes del año 2015 empleando los factores deflatores obtenidos a partir de la variación del IPC anual.</p> <p>Se calcula la diferencia entre las tarifas anuales de los SITM de Bogotá y Medellín</p> <p>Se determina el beneficio anual multiplicando la diferencia entre tarifas de TPC y SITM por el número de viajes anuales de los SITM de Bogotá y Medellín respectivamente.</p>

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los resultados, se encuentra que los beneficios generados por ambos SITM por la variación en la tarifa a los usuarios con la implementación de los SITM han sido negativos. En el caso de los beneficios totales anuales de cada uno de los SITM (Ver **Gráfica 2-10**) se encuentra que el SITM de Bogotá cada vez genera mayores beneficios

negativos, es decir que, con el paso de los años, la diferencia entre las tarifas del TPC y del SITM se han ido aumentando y según la **Gráfica 2-10** esta tendencia se va a seguir presentando. Por el contrario, el SITM de Medellín, a pesar de presentar unos beneficios negativos desde el inicio de la operación, ha mantenido estos beneficios negativos inferiores a los del SITM de Bogotá y han permanecido constantes a lo largo del tiempo.

Gráfica 2-10. Beneficios por variación de tarifas transporte público SITM Bogotá y Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

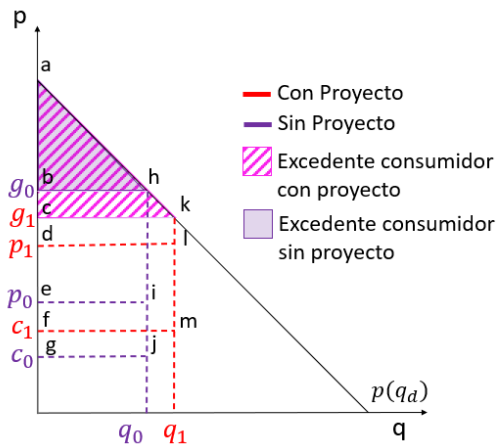
De acuerdo con los beneficios generados por la variación de tarifas por cada uno de los usuarios (**Gráfica 2-10**), se encuentra que la diferencia entre los SITM de Bogotá y Medellín se matiza un poco, e incluso se presentan algunos periodos como el año 2005, en donde el SITM de Bogotá presentó beneficios negativos inferiores a los del SITM de Medellín, sin embargo, a nivel general, el SITM de Medellín sigue generando menores beneficios negativos que el de Bogotá. En los últimos tres años de análisis (2017 – 2019) se observa cierta tendencia del SITM de Medellín a disminuir estos beneficios negativos, mientras que el SITM de Bogotá estos beneficios negativos han tendido a aumentar, sin embargo, no es claro que esta tendencia se mantenga.

- **Beneficios por ahorro de tiempo de los usuarios al implementar el SITM.**

La implementación de los SITM de Bogotá y Medellín ha traído consigo la reducción del tiempo de viaje para la mayoría de los usuarios, en comparación con el tiempo de viaje que les tomaba realizar el mismo viaje en el TPC. Para este ejercicio, las estimaciones de ahorro de tiempo por viaje se han tomado como referencia de otros estudios de evaluación económica que se han realizado por el gobierno nacional. Los detalles de este beneficio se encuentran en el **Esquema 2-3**.

Desde la perspectiva de la economía del bienestar, la estimación del beneficio por ahorro de tiempo se realiza por medio de la variación del excedente del consumidor, más específicamente por la variación que se presenta en la variación del tiempo empleado por los usuarios para utilizar el sistema, es decir, en el componente de costo indirecto y no monetario en el costo generalizado del transporte. En este caso, se espera que ambos proyectos de SITM hayan generado ahorros de tiempo en los usuarios y por lo tanto hayan generado beneficios positivos (**Gráfica 2-11**).

Gráfica 2-11. Beneficio ahorro de tiempo de usuarios cambio de excedente del consumidor



$$g = p + vt + \sigma$$

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de este beneficio, se observa que el beneficio de ahorro de tiempo ha incentivado a que nuevos usuarios tomen cada uno de los sistemas a pesar de que la tarifa haya aumentado. Es decir que están valorando su tiempo por encima del aumento que ha presentado la tarifa y consideran económicamente conveniente usar los sistemas.

Para la estimación de este beneficio es necesario definir la cantidad de tiempo por viaje supuestamente ahorrada por los usuarios debido a la implementación de los SITM de Bogotá y Medellín. Para ello se recurre a la revisión de estudios previos y se encuentra que en el último estudio de evaluación económica ex post del SITM de Bogotá, se estableció el ahorro de tiempo de un usuario por cada viaje era de 12.8 minutos⁹, mientras que en la evaluación que se han realizado del Metro de Medellín se ha aceptado un ahorro de tiempo de 26.5 minutos¹⁰.

Por otro lado, es importante definir el valor de cada minuto que ha ahorrado cada uno de los usuarios. Para este caso se empleó el salario mínimo como la unidad para valorar el minuto ahorrado de cada uno de los usuarios de ambos sistemas.

9 Valor tomado de referencia del estudio de consultoría “Evaluación Ex-Post Sistema de Transporte Masivo de Bogotá, Fases I y II.” realizado por EMBARQ en el año 2009

10 Valor tomado de referencia del estudio de consultoría “Evaluación Ex Post del Metro de Medellín” realizado por Álvaro Pachón Asociados en el año 1991.

Esquema 2-3. Detalle beneficios generados por ahorro de tiempo de usuarios por la implementación del SITM.

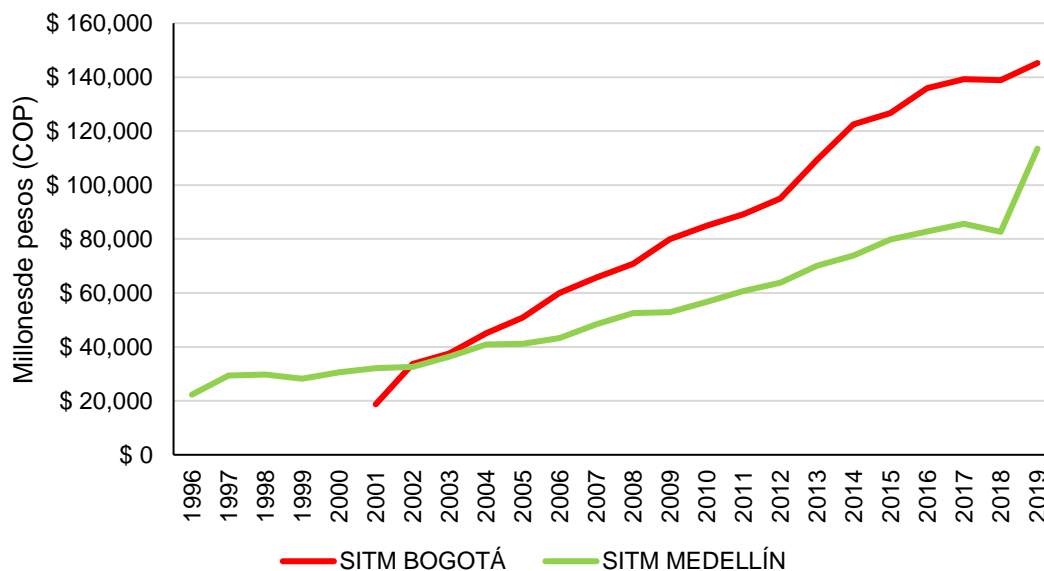
1. Descripción
Beneficios positivos o negativos asociados al ahorro de tiempo de los usuarios de SITM por la implementación de los proyectos de SITM.
2. Datos
Serie anual de salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) Serie anual del número de viajes en los SITM de Bogotá y Medellín. Deflatores anuales de valores corrientes a valores constantes del año 2015. Ahorro de tiempo por viaje de los usuarios de los SITM de Bogotá y Medellín. Valores de referencia estimados en otras investigaciones.
3. Supuestos
Para el caso del SITM de Bogotá se adopta un ahorro de tiempo por viaje de 12.8 minutos (EMBARQ, 2009) Para el caso del SITM de Medellín se adopta un ahorro de tiempo por viaje de 26.5 minutos. (Pachón, 1990). Todos los usuarios de los SITM valoran cada minuto ahorrado de acuerdo con el salario mínimo legal vigente.
4. Estimación y valoración
Se convierten las series de valores corrientes a valores constantes del año 2015 empleando la variación del IPC anual. Se determina el beneficio anual multiplicando el ahorro de tiempo por viaje en minutos, por el valor del minuto y por el número de viajes anuales de los SITM de Bogotá y Medellín respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

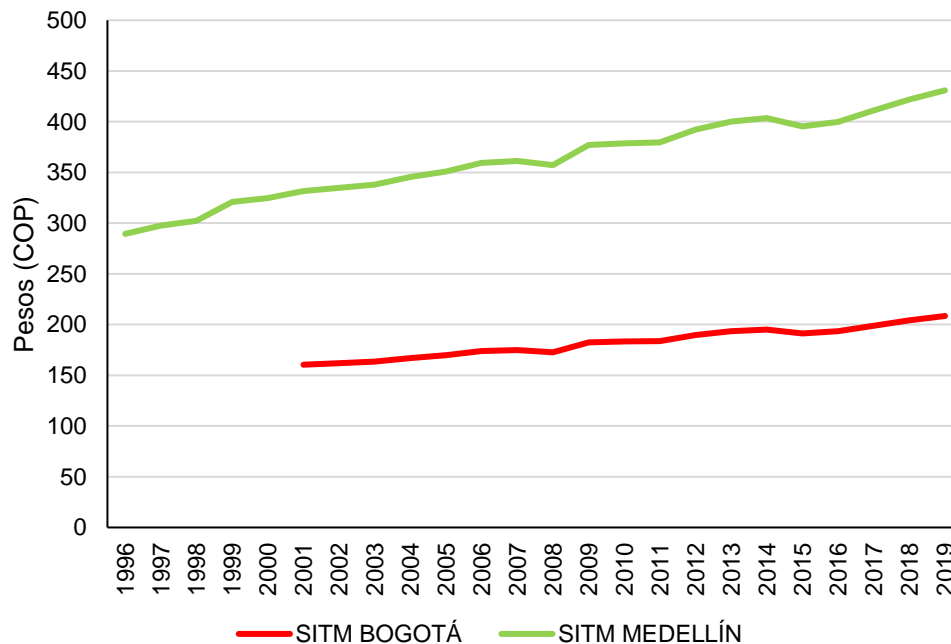
Con relación al análisis de los beneficios generados por el ahorro de tiempo de los usuarios de los SITM de Bogotá y Medellín, se encuentra que desde el inicio de la operación de cada uno de los sistemas han sido positivos. En el caso de los beneficios totales anuales de los SITM (**Gráfica 2-12**), se observa que los beneficios por ahorro de tiempo han venido aumentando durante la fase de operación de los sistemas. Sin embargo, al comparar ambos sistemas, se observa que los beneficios totales generados por el SITM de Bogotá desde su segundo año completo de operación (2002), han sido superiores a los generados por el SITM de Medellín.

Gráfica 2-12. Beneficios por ahorro de tiempo SITM de Bogotá y Medellín

a. Beneficios totales de ahorro de tiempo.



b. Beneficios por usuario por ahorro de tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

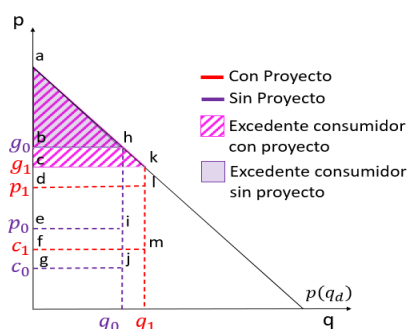
Al normalizar los resultados de beneficios totales dividiéndolos entre el número de usuarios anuales (**Gráfica 2-12**), se encuentra que el SITM de Medellín ha generado un beneficio por usuario superior al generado por el SITM de Bogotá. Sin embargo, en este caso el resultado se encuentra directamente relacionado con los supuestos de tiempo ahorrado fijados para cada uno de los sistemas, por lo tanto, este resultado no se puede tomar como concluyente, pero puede tomarse como línea base para futuras investigaciones que busquen valorar el tiempo de los usuarios de los SITM de Bogotá y Medellín.

▪ **Beneficio por el nivel de satisfacción de los usuarios.**

El beneficio económico relacionado con el nivel de satisfacción de los usuarios busca estimar el excedente de bienestar que los usuarios obtienen al utilizar los SITM de Bogotá y Medellín. Este beneficio se estima a partir del nivel de satisfacción que declaran percibir los usuarios mediante las encuestas de satisfacción que se han realizado en ambas ciudades. Los detalles de este beneficio se encuentran en el **Esquema 2-4**.

Desde la perspectiva de la economía del bienestar, la estimación del beneficio de los usuarios generados por el nivel de servicio que perciben los usuarios de los SITM, se realiza por medio de la variación del excedente del consumidor, más específicamente por la variación que se presenta en el componente de costos indirectos y no monetarios del precio generalizado del transporte. Como se verá a continuación **Gráfica 2-13** este beneficio podrá ser positivo o negativo dependiendo del SITM.

Gráfica 2-13. Beneficio nivel de satisfacción de los usuarios cambio de excedente del consumidor



$$g = p + vt + \sigma$$

Fuente: Elaboración propia

Esquema 2-4. Detalles beneficios económicos generados por el nivel de satisfacción de los usuarios.

1. Descripción

Beneficios positivos o negativos asociados a la satisfacción de los usuarios, a partir de los resultados de encuestas de percepción.

2. Datos

Encuestas de percepción de usuarios de los los SITM de Bogotá y Medellín.

Serie anual de tarifas de los SITM de Bogotá (2000 - 2019) y de Medellín (1995 - 2019).

Serie anual del número de viajes en los SITM de Bogotá y Medellín

Deflatores anuales de valores corrientes a valores constantes del año 2015.

3. Supuestos

Los usuarios valoran su satisfacción con el servicio de SITM como 1/3 del valor de la tarifa.

El nivel de satisfacción de los usuarios se mide en la escala de 1 a 5. En donde el rango de 1 hasta menos de 3 corresponde con nivel de satisfacción negativo, el 3 corresponde con nivel de satisfacción neutro, ni positivo ni negativo, y el rango desde más de 3 hasta 5 corresponde a nivel de satisfacción positivo.

Se establece un factor de percepción que varía entre -1 y 1 dependiendo de si el nivel de satisfacción es positivo, negativo o neutro.

4. Estimación y valoración

Se convierten las series de valores corrientes a valores constantes del año 2015 empleando la variación del IPC anual.

Se estandarizan las escalas de todas las encuestas de percepción realizadas en lo SITM de Bogotá y Medellín a una escala de 1 a 5.

Se establecen las series de tiempo anuales del nivel de percepción (1 a 5) de los usuarios del SITM desde el inicio de la operación de los sistemas. Se completan los datos empleando interpolación lineal.

Se multiplica un tercio del valor de la tarifa por el número de usuarios anuales y por factor de percepción anual.

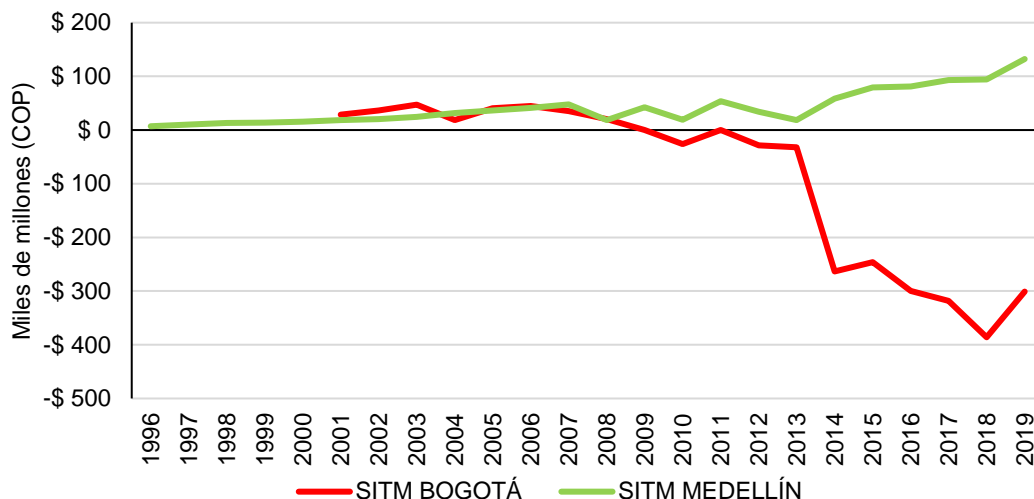
Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis de los beneficios totales generados por el nivel de satisfacción de los SITM de Bogotá y Medellín (**Gráfica 2-14**), se encuentra que hasta el año 2008 los beneficios de ambos sistemas eran positivos y presentaban un comportamiento similar, sin embargo, a partir del año 2009 la tendencia del SITM Bogotá se volvió negativa y comenzó a generar beneficios negativos mientras que la tendencia del SITM de Medellín se volvió positiva.

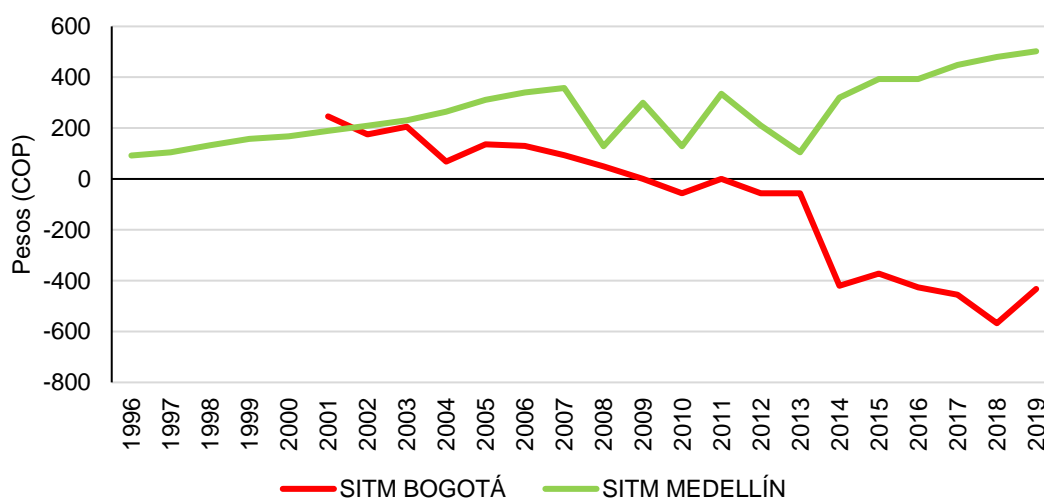
Es decir que, según los supuestos establecidos para esta investigación, mientras que en el SITM de Medellín los usuarios siempre han presentado un nivel de satisfacción positivo y han manifestado tener un excedente de satisfacción que se pueden traducir en beneficios positivos, en el SITM de Bogotá, desde el año 2010 los usuarios manifiestan un nivel de satisfacción bajo y se sienten afectados negativamente por el nivel de servicio de los SITM, generando beneficios negativos.

Gráfica 2-14. Beneficios por nivel de satisfacción usuarios SITM de Bogotá y Medellín

a. Beneficios anuales nivel de satisfacción de usuarios



b. Beneficios anuales nivel de satisfacción de usuarios por usuario



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, cuando se normalizan estos beneficios dividiendo los resultados totales entre el número de viajes anuales realizados en los SITM de cada ciudad (**Gráfica 2-14**), se evidencia una mayor diferencia entre los SITM. Al contrario de los beneficios totales, los beneficios generados por los SITM para cada usuario marcan tendencias diferentes. Por un lado, el SITM de Bogotá comienza generando beneficios positivos, sin embargo, a medida que transcurre el tiempo estos beneficios anuales se reducen y terminan por convertirse en

beneficios negativos a partir del año 2009. Por otro lado, en el SITM de Medellín ha generado beneficios positivos desde el inicio de su operación. Al contrario del SITM de Bogotá, su tendencia ha sido de crecimiento positivo, es decir que posiblemente en los siguientes años continúe creciendo.

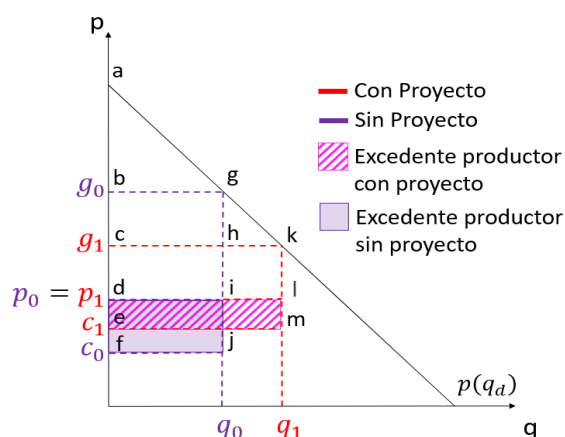
Por lo tanto, al realizar el análisis comparativo entre ambos SITM, se encuentra que a medida que avanza la operación del SITM de Bogotá, el nivel de servicio que presta el sistema no satisface las necesidades de los usuarios. Por el contrario, el nivel de servicio del SITM de Medellín satisface cada vez más las necesidades de sus usuarios.

- **Beneficios económicos generados por el modelo institucionales**

De acuerdo con el reconocimiento y caracterización de los SITM de Bogotá y Medellín desarrollado en el Capítulo 1, se encuentra que presentan modelos institucionales diferentes. Por un lado, el SITM de Bogotá, cuenta con un modelo institucional mixto, en donde la gestión del sistema se encuentra a cargo de un operador público y la operación a cargo de diversos operadores privados. Por otro lado, el SITM de Medellín cuenta con un modelo institucional completamente público, en donde la gestión y la operación del sistema se encuentran a cargo de la empresa pública Metro de Medellín S.A. Las características principales de este beneficio se encuentran en el **Esquema 2-5**.

Desde la perspectiva de la economía del bienestar, la estimación del beneficio generado por la implementación del modelo institucional de los SITM, se realiza por medio de la variación del excedente del productor, más específicamente por la variación que se presenta en el componente de costos directos de operación (**Gráfica 2-15**). Como se verá a continuación, este beneficio podrá ser positivo o negativo.

Gráfica 2-15. Beneficio modelo institucional cambio de excedente del productor



Fuente: Elaboración propia.

Esquema 2-5. Detalle beneficios institucionales SITM de Bogotá y Medellín

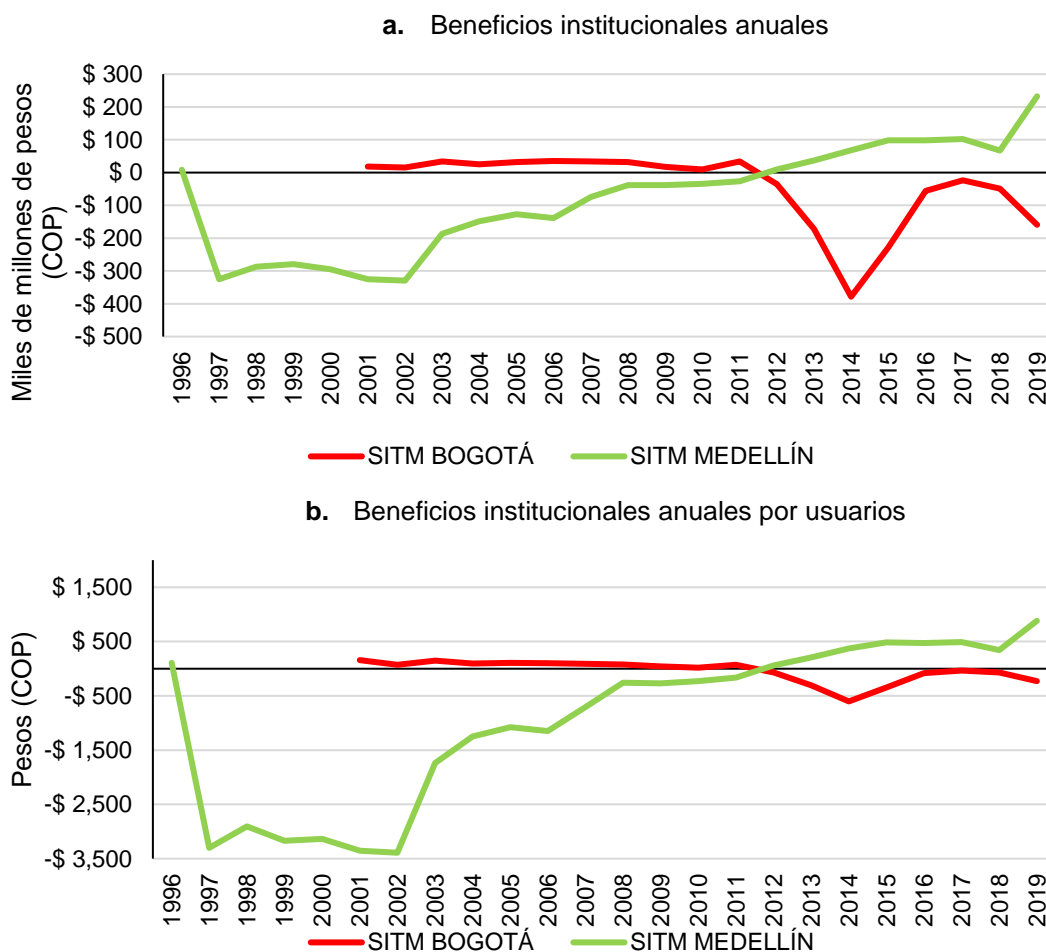
1. Descripción	Beneficios positivos o negativos asociados a la eficiencia del modelo institucional adoptado por los SITM en términos de ingresos y los técnicos de operación.
2. Datos	Serie anual de ingresos operacionales de los SITM de Bogotá y Medellín Serie anual de los costos operacionales del SITM de Medellín Serie anual de la tarifa técnica del SITM de Bogotá. Serie anual del número de viajes de los SITM de Bogotá y Medellín. Deflatores anuales de valores corrientes a valores constantes del año 2015.
3. Supuestos	Los costos operacionales del SITM de Medellín se reflejan directamente en la tarifa usuario y por lo tanto son equivalentes a la tarifa técnica.
4. Estimación y valoración	Se convierten las series de valores corrientes a valores constantes del año 2015 empleando la variación del IPC anual. Se estiman los costos técnicos de operación anuales del SITM de Bogotá a partir de la tarifa técnica y el número de usuarios. Se restan los costos de operación a los ingresos por operación.

Fuente: Elaboración propia

10 Evaluación Económica Ex Post de Los Sistemas Integrados De Transporte Masivo Urbanos de Bogotá y Medellín. Análisis comparativo desde una Perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional

Como resultado del análisis de los beneficios institucionales totales generados por los SITM de Bogotá y Medellín (**Gráfica 2-16**), se evidencia que, desde la perspectiva de este beneficio, los sistemas han presentado comportamientos opuestos. Por una parte, el SITM de Bogotá presentó beneficios positivos constantes durante los primeros 10 años de operación, sin embargo, a partir del año 2012 los costos superaron a los ingresos operacionales y se generaron beneficios negativos. Por otra, en cambio el SITM de Medellín comenzó generando beneficios negativos hasta el año 2011, sin embargo, a partir de ese momento los ingresos han superado a los costos operacionales y por lo tanto se han generado beneficios positivos.

Gráfica 2-16. Beneficios institucionales SITM de Bogotá y Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

Con respecto al análisis de los beneficios institucionales generados por cada uno de los usuarios (**Gráfica 2-16**), en comparación con los beneficios institucionales totales, se pueden apreciar unas tendencias más moderadas y con menores diferencias entre ambos sistemas. Aun así, a partir de la gráfica se puede inferir que para los próximos años las tendencias se podrían mantener y por lo tanto, el SITM de Bogotá seguiría presentando resultados negativos, mientras que en el SITM de Medellín, continuaría aumentando los beneficios positivos.

Una vez que se han estimado y estudiado económicamente los flujos de beneficios positivos y negativo generados por los SITM de Bogotá y Medellín, se establecen los flujos de caja a precios de mercado (Ver **Tabla 2-16** y **Tabla 2-18**).

De acuerdo con el modelo de evaluación económica definido, se transforman los flujos de caja de beneficios en precios de mercado a flujos de caja en precios económicos o sombra. Para ello se emplean los factores RPC que se presentan en la **Tabla 2-15**. En la **Tabla 2-17** se encuentran los flujos de caja de precios sombra de los beneficios económicos generados por el SITM de Bogotá y en la **Tabla 2-19** los flujos de caja de precios sombra de los beneficios generado por el SITM de Medellín.

Tabla 2-15. Factores RPC Beneficios SITM de Bogotá y Medellín

Beneficios	RPC
Variación Tarifas	0.874
Ahorro de Tiempo	0.953
Nivel de Percepción	0.953
Institucionales	0.874

Fuente: Tomado de Hernández Díaz, G. A. et al.(2019)

102 Evaluación Económica Ex Post de Los Sistemas Integrados De Transporte Masivo Urbanos de Bogotá y Medellín. Análisis comparativo desde una Perspectiva de Transporte, Urbana e Institucional

Tabla 2-16. Flujo Beneficios a precios financieros (de mercado) SITM Bogotá

Cte 2015 (MCOP)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beneficios Tarifas	- 22,052	- 55,056	- 76,384	- 74,171	- 78,670	- 136,227	-140,273	- 142,034	- 149,023	- 152,699	- 154,220	- 127,162	- 78,103	- 150,808	- 148,980	- 282,213	- 333,811	-314,525	-369,385
Beneficios Tiempo	18,716	33,657	37,628	45,028	50,894	59,978	65,650	70,735	79,909	84,862	89,136	95,046	109,306	122,526	126,611	135,862	139,199	138,895	145,243
Beneficios Percepción	28,696	36,352	47,262	18,325	40,758	44,855	35,047	20,469	-	-26,245	-	- 28,386	- 31,991	- 263,659	- 246,313	- 299,610	- 318,217	- 386,028	- 300,999
Beneficios Institucionales	-3,584	1,905	10,025	-23,844	-38,819	-41,093	-62,937	-71,622	-118,701	-152,827	-162,575	-195,040	-256,421	-480,588	-288,369	-200,000	-201,558	-269,965	-387,455
BENEFICIOS	21,775	16,857	18,531	-34,662	-25,837	-72,487	-102,513	-122,452	-187,815	-246,909	-227,659	-255,541	-257,209	-772,528	-557,050	-645,960	-714,387	-831,623	-912,596

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A y Contraloría de Bogotá,

Tabla 2-17. Flujo Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM Bogotá

Millones (COP) Cte 2015	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beneficios Tarifas	- 19,273	- 48,119	- 66,759	- 64,825	- 68,758	- 119,062	- 122,599	- 124,138	- 130,246	-133,459	- 134,788	- 111,140	- 68,262	- 131,806	- 130,208	- 246,654	- 291,751	- 274,895	- 322,842
Beneficios Tiempo	17,837	32,075	35,860	42,912	48,502	57,159	62,565	67,411	76,153	80,874	84,946	90,578	104,169	116,767	120,660	129,477	132,656	132,367	138,416
Beneficios Percepción	27,347	34,643	45,041	17,464	38,843	42,747	33,400	19,507	-	- 25,012	-	- 27,051	- 30,487	- 251,267	- 234,736	- 285,529	- 303,261	- 367,885	- 286,852
Beneficios Institucionales	- 3,132	1,665	8,762	- 20,839	- 33,928	- 35,915	- 55,007	- 62,597	- 103,745	- 133,571	- 142,091	- 170,465	- 224,112	- 420,033	- 252,035	- 174,800	- 176,162	- 235,950	- 338,636
BENEFICIOS	22,778	20,264	22,903	- 25,289	- 15,340	- 55,071	- 81,642	- 99,818	- 157,838	- 211,167	- 191,932	- 218,077	- 218,692	- 686,340	- 496,319	- 577,506	- 638,517	- 746,362	- 809,914

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A y Contraloría de Bogotá,

Tabla 2-18. Flujo Beneficios precios financieros (de mercado) SITM Medellín

Millones (COP) Cte 2015	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beneficios Tarifas	- 30,689	- 27,834	- 23,829	- 9,722	- 19,150	-	8,582	- 8,924	- 9,307	- 43,981	- 34,566	- 36,401	- 37,065	- 34,726	- 26,910	- 46,159	- 36,726	- 19,380	- 39,069	- 40,369	- 48,920	- 75,628	- 68,952	- 67,027
Beneficios Tiempo	22,297	29,368	29,794	28,205	30,555	32,170	32,533	36,350	40,876	41,170	43,255	48,421	52,465	52,924	56,675	60,662	63,835	70,082	73,815	79,781	82,759	85,561	82,610	113,496
Beneficios Percepción	7,097	10,363	13,000	13,824	15,755	18,389	20,338	24,763	31,387	36,528	40,929	47,899	18,852	42,113	19,328	53,583	34,179	18,386	58,517	79,392	81,195	93,341	93,975	132,246
Beneficios Institucionales	- 276,136	- 196,494	- 187,498	- 219,644	- 252,871	- 273,984	- 128,135	- 91,862	- 70,629	- 90,295	- 38,573	13,638	38,077	14,531	24,884	46,601	51,778	71,532	90,067	108,017	90,431	64,816	100,470	163,699
BENEFICIOS	- 277,431	- 184,597	- 168,533	- 187,338	- 225,711	- 223,424	- 66,682	- 39,673	- 7,673	- 56,578	11,046	73,557	70,328	74,842	73,977	114,687	113,066	140,620	183,330	226,820	205,465	168,090	208,103	342,415

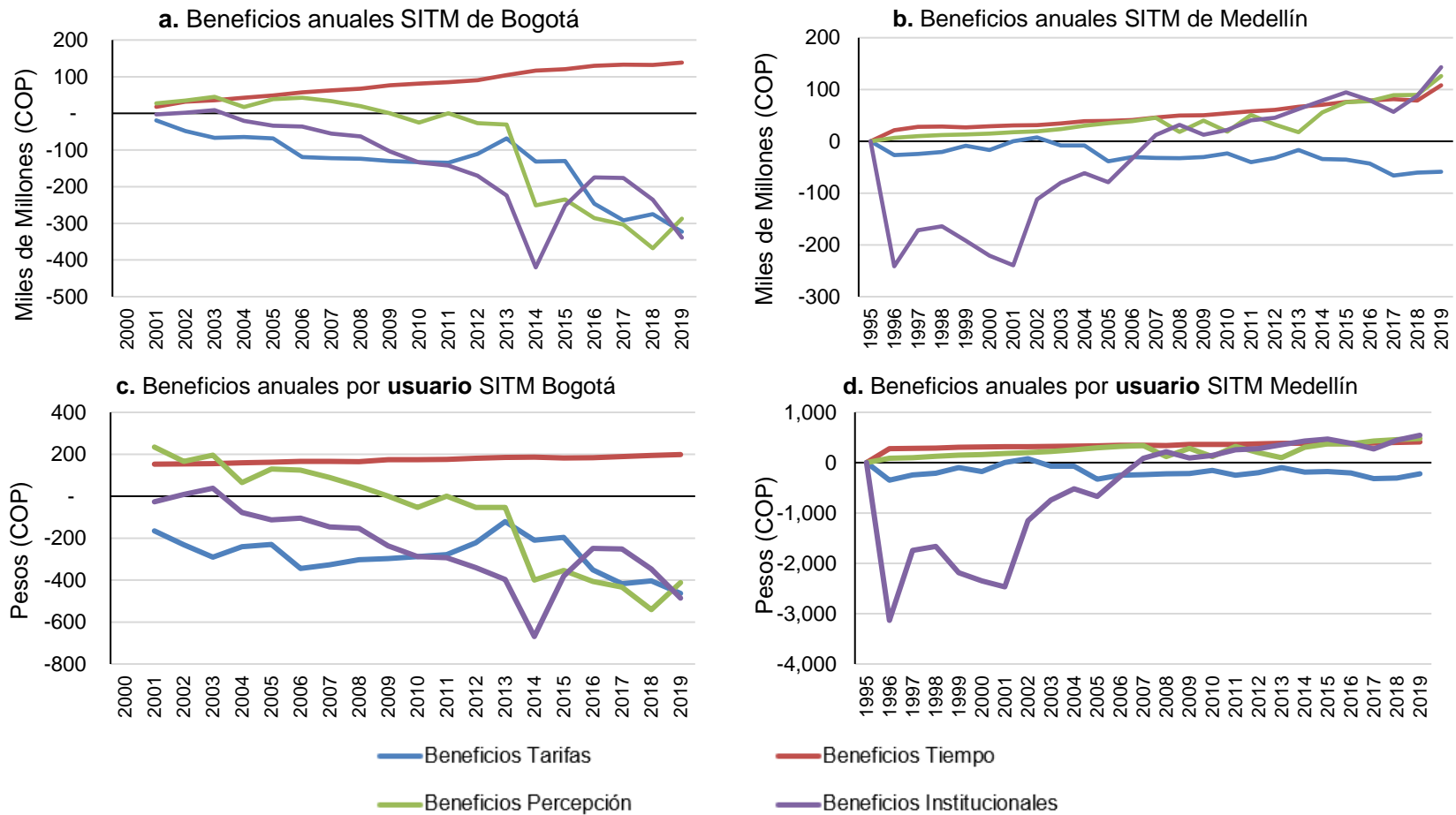
Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Empresa Metro de Medellín.

Tabla 2-19. Flujo Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM Medellín

Millones (COP) Cte 2015	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beneficios Tarifas	- 26,822	- 24,327	- 20,826	- 8,497	- 16,737	-	7,500	- 7,800	- 8,134	- 38,439	- 30,210	- 31,814	- 32,395	- 30,350	- 23,519	- 40,343	- 32,099	- 16,938	- 34,146	- 35,282	- 42,756	- 66,099	- 60,264	- 58,581
Beneficios Tiempo	21,249	27,988	28,393	26,879	29,119	30,658	31,004	34,641	38,955	39,235	41,222	46,145	50,000	50,437	54,012	57,811	60,835	66,788	70,346	76,031	78,870	81,539	78,727	108,161
Beneficios Percepción	6,764	9,876	12,389	13,174	15,015	17,525	19,382	23,599	29,912	34,811	39,005	45,648	17,965	40,133	18,420	51,064	32,573	17,522	55,786	75,660	77,379	88,954	89,558	126,031
Beneficios Institucionales	- 241,343	- 171,736	- 163,873	- 191,969	- 221,009	- 239,462	- 111,990	- 80,287	- 61,730	- 78,918	- 33,712	11,919	31,531	12,700	21,748	40,730	45,254	62,519	78,719	94,407	79,037	56,649	87,810	143,073
BENEFICIOS	- 240,153	- 158,199	- 143,917	- 160,413	- 193,613	- 191,279	- 54,104	- 29,847	- 997	- 43,311	16,304	71,898	67,101	72,920	70,660	109,262	106,562	129,891	170,685	210,816	192,529	161,044	195,832	318,684

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Empresa Metro de Medellín.

Gráfica 2-17. Resumen beneficios SITM de Bogotá y Medellín a precios cuenta



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

En la **Gráfica 2-17** se encuentra el resumen de los beneficios anuales históricos que han generados los SITM de Bogotá y Medellín, tanto en valores totales como en valores de beneficios generados por cada uno de los usuarios que se registraron en el sistema. Este ejercicio busca analizar y comparar el comportamiento de los beneficios generado por cada uno de los dos SITM.

A nivel general, se puede observar que los SITM de Bogotá ha generado menor cantidad de beneficios que el SITM de Medellín. De los cuatro beneficios propuestos para la presente investigación, el SITM de Bogotá presenta un comportamiento positivo en el beneficio de ahorro de tiempo y un comportamiento negativo en los otros tres beneficios. Es decir que este SITM presenta costos económicos relacionados con las tarifas, el nivel de satisfacción de los usuarios y la estructura institucional del sistema. Mientras que en el SITM de Medellín se evidencia la generación de tres beneficios positivos relacionados con los ahorros de tiempo, la percepción de los usuarios y la estructura institucional del SITM, y un solo costo económico asociado a las tarifas.

Como elemento coincidente entre ambos SITM se encuentra que tanto el SITM de Bogotá como el SITM de Medellín han mantenido la generación de beneficios por ahorro tiempo de los usuarios desde el comienzo de la operación. Este beneficio se ha mantenido positivo hasta el año 2019 y la tendencia muestra que seguirá aumentando para los próximos años.

En el caso del SITM de Bogotá se observa que los beneficios negativos o costos económicos han venido aumentando desde el comienzo de la operación, sin embargo, llama la atención que, a partir del año 2012, la tasa de crecimiento de los costos aumenta exponencialmente. Por el contrario, el SITM de Medellín, comenzó generando más costos y menos beneficios económicos que el SITM de Bogotá, pero ahora los beneficios se encuentran en crecimiento y la tendencia parece mantenerse para los siguientes años.

Esta tendencia invita a reflexionar sobre el horizonte al cual se deben diseñar cada uno de los proyectos, si se considera que el SITM de Bogotá, después de 19 años de operación, está generando cada año más costos económicos, mientras que el SITM de Medellín, después de 23 años de operación, cada año aumenta sus beneficios. Es decir, que con estos resultados se puede evidenciar que los SITM con tecnología BRT pueden tener un

horizonte cercano a los 10 o 15 años, mientras que los SITM con una tecnología pueden operar con un horizonte de más de 20 años generando beneficios.

2.5.3 Flujos de costos y beneficios a precios económicos (precios cuenta)

A continuación, se presentan los flujos económicos consolidados con las series de costos y beneficios económicos generados por el SITM de Bogotá (**Tabla 2-20**) y del SITM de Medellín (**Tabla 2-21**). En el caso del SITM de Bogotá, las cifras se presentan en Millones de pesos colombianos (MCOP), mientras que en el caso del SITM de Medellín, se presentan en Miles de Millones de pesos colombianos (MMCOP). En ambos casos se manejan precios constantes al año 2015.

Tabla 2-20. Flujos de Costos y Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM de Bogotá

Cte 2015 (MCOP)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Conexión Soacha Fase 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.349	-	-	-	-	-	-
Fase I	1.845.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	1.957.980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.568.402	-	-	-	-	-
COSTOS INVERSIONES	3.803.731	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.349	1.568.402	-	-	-	-	-
Empresas de Recaudo	-	16.556	24.985	26.911	38.061	41.860	50.163	55.205	58.140	63.833	63.417	63.372	65.738	128.910	123.324	111.877	89.744	90.490	93.577	95.889
Fiduciarias	-	64	114	131	163	177	213	236	257	292	308	329	348	337	275	221	254	286	242	278
Operadores Privados	183	139.927	251.899	289.496	350.345	381.722	452.875	501.057	551.264	631.590	668.620	717.715	773.900	844.144	919.410	905.033	951.139	954.256	968.859	1.092.102
Otros Agentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.653
Gestión TRANSMILENIO S.A.	-	5.302	10.691	14.647	22.625	23.721	35.083	40.436	38.021	42.937	44.252	46.980	50.575	60.428	63.968	59.907	59.452	57.899	58.506	64.322
Administración	-	11.544	10.176	12.128	14.266	15.044	11.227	10.981	10.307	11.015	10.775	12.144	15.267	17.784	15.167	13.605	16.485	15.778	14.496	17.499
Operación	-	9.188	12.955	13.084	20.561	21.012	25.042	26.536	29.134	31.844	38.635	35.716	50.850	74.485	59.427	54.562	53.995	54.799	82.319	119.405
Provisiones, Depreciaciones y Amortizaciones	-	895	2.488	3.843	5.144	5.013	19.489	5.208	5.388	4.794	6.140	5.263	15.405	9.827	7.791	8.347	8.795	9.625	15.732	3.144
Mantenimiento (IDU)	-	-	390	18.750	1.536	-	15.236	596	620	43.750	-	1.785	41.971	8.336	33.040	6.098	23.924	-	-	68.086
COSTOS OPERACIONALES	183	183.477	313.698	378.989	452.700	488.550	609.329	640.254	693.131	830.056	832.146	883.304	1.014.056	1.144.252	1.222.403	1.159.651	1.203.789	1.183.132	1.233.731	1.467.378
COSTOS TOTALES	3,803,914	183,477	313,698	378,989	452,700	488,550	609,329	640,254	693,131	830,056	832,146	883,304	1,014,056	1,260,600	2,790,806	1,159,651	1,203,789	1,183,132	1,233,731	1,467,378
Beneficios Tarifas	-	-19,273	-48,119	-66,759	-64,825	-68,758	-119,062	-122,599	-124,138	-130,246	-133,459	-134,788	-111,140	-68,262	-131,806	-130,208	-246,654	-291,751	-274,895	-322,842
Beneficios Tiempo	-	17,837	32,075	35,860	42,912	48,502	57,159	62,565	67,411	76,153	80,874	84,946	90,578	104,169	116,767	120,660	129,477	132,656	132,367	138,416
Beneficios Percepción	-	27,347	34,643	45,041	17,464	38,843	42,747	33,400	19,507	-	-25,012	-	-27,051	-30,487	-251,267	-234,736	-285,529	-303,261	-367,885	-286,852
Beneficios Institucionales	-	-3,132	1,665	8,762	-20,839	-33,928	-35,915	-55,007	-62,597	-103,745	-133,571	-142,091	-170,465	-224,112	-420,033	-252,035	-174,800	-176,162	-235,950	-338,636
BENEFICIOS TOTALES	-	22,778	20,264	22,903	-25,289	-15,340	-55,071	-81,642	-99,818	-157,838	-11,167	-191,932	-218,077	-218,692	-686,340	-496,319	-577,506	-638,517	-746,362	-809,914

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A y Contraloría de Bogotá.

Tabla 2-21. Flujos de Costos y Beneficios a precios económicos (precios cuenta) SITM de Medellín

Cte 2015 (MMCOP)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material Rodante (Trenes)	257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras Inversiones	10.545	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTOS INVERSIONES	10.802	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De administración	31	27	37	27	31	28	23	24	24	30	33	32	21	15	17	17	17	16	17	15	18	18	23	16	25
De operación	26	59	54	58	51	54	57	72	74	80	80	88	102	116	123	132	139	140	141	146	243	272	293	245	302
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones	0	271	235	236	267	301	314	191	176	165	178	131	106	101	100	98	90	90	94	88	6	1	-	1	1
Ajuste por Inflación	2	22	23	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTOS OPERACIÓN	59	379	348	338	349	383	395	287	274	275	291	251	229	232	239	247	246	246	251	249	267	291	316	262	328
COSTOS TOTALES	10,861	379	348	338	349	383	395	287	274	275	291	1,361	229	232	239	247	246	246	251	249	267	291	316	262	328
Beneficios Tarifas	-	-27	-24	-21	-8	-17	-	8	-8	-8	-38	-30	-32	-32	-30	-24	-40	-32	-17	-34	-35	-43	-66	-60	-59
Beneficios Tiempo	-	21	28	28	27	29	31	31	35	39	39	41	46	50	50	54	58	61	67	70	76	79	82	79	108
Beneficios Percepción	-	7	10	12	13	15	18	19	24	30	35	39	46	18	40	18	51	33	18	56	76	77	89	90	126
Beneficios Institucionales	-	-241	-172	-164	-192	-221	-239	-112	-80	-62	-79	-34	12	32	13	22	41	45	63	79	94	79	57	88	143
BENEFICIOS TOTALES	-	-240	-158	-144	-160	-194	-191	-54	-30	-1	-43	16	72	67	73	71	109	107	130	171	211	193	161	196	319

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Empresa Metro de Medellín.

2.5.4 Evaluación económica a corte al año 2019

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación económica de los SITM de Bogotá y Medellín. En la **Tabla 2-22** se realiza un comparativo entre los resultados obtenidos para ambos sistemas desde el inicio de su respectiva operación. Tal y como se mencionaba en los resultados de la evaluación financiera, el SITM de Bogotá ha operado durante 18 años, mientras que el SITM de Medellín ha operado durante 23 años. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el SITM de Medellín ha operado durante 5 años más que el de Bogotá, el análisis comparativo se centrará en las tendencias y en los indicadores económicos que permiten comparar ambos sistemas.

Tabla 2-22. Resultados de la Evaluación Económica SITM de Bogotá y SITM de Medellín

	SITM Bogotá	SITM Medellín
Beneficios Totales	(-) 5,16 billones (COP)	0,68 billones (COP)
Costos Inversión	5,49 billones (COP)	11,91 billones (COP)
Costos Operación	15,93 billones (COP)	7,03 billones (COP)
Costos Totales (Inversión + Operación)	21,42 billones (COP)	18,94 billones (COP)
Beneficios / Costos Inversión	(-) 0,94	0,06
Beneficios / Costos Operación	(-) 0,32	0,10
Beneficios / Costos (E)	(-) 0,28	0,04
VAN (E)	(-) 10,82 billones (COP)	(-) 12,58 billones (COP)

Fuente: Elaboración propia

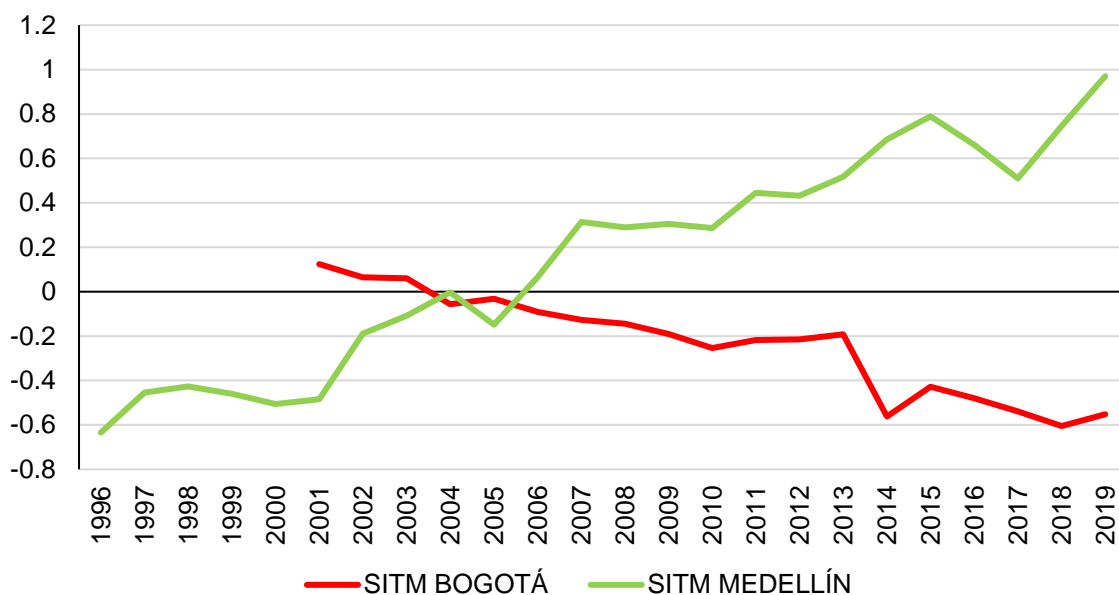
A partir del análisis y comparación de los resultados económicos de los SITM de Bogotá y Medellín, se encuentra que la principal diferencia entre ambos sistemas son los beneficios totales, productos de la suma de los beneficios por tarifas, ahorros de tiempo, nivel de percepción e institucionales.

Por un lado, en el SITM de Bogotá los beneficios totales son negativos, es decir que, según las condiciones y supuestos establecidos para la presente investigación, el SITM ha generado más beneficios negativos que beneficios positivos y por lo tanto, a nivel general no ha logrado satisfacer las necesidades de los usuarios. Por el contrario, en el SITM de Medellín los beneficios totales son positivos, es decir que, según las condiciones y supuestos establecidos para la presente investigación, el SITM ha generado más beneficios

positivos que beneficios negativos y por lo tanto, a nivel general ha logrado satisfacer las necesidades de los usuarios.

Con respecto a la relación entre beneficios y costos, se puede decir que ninguno de los dos SITM se encuentra cerca de presentar una eficiencia económica deseable, es decir ninguno de los dos SITM está en una situación en donde los beneficios superen a los costos o por lo menos logren mantenerse en equilibrio. Sin embargo, al comparar ambos sistemas, se observa que el SITM de Medellín presenta un resultado económicamente más favorable, puesto que la relación Beneficio/Costo es positiva, mientras que el SITM de Bogotá presenta una relación negativa. En otras palabras, esto quiere decir que, en comparación con el SITM de Bogotá, el SITM de Medellín genera mayor cantidad de beneficios por cada unidad monetaria que se destina a cubrir los costos de inversión y operación del sistema.

Gráfica 2-18. Relación Beneficio/Costo anual histórica comparación entre SITM de Bogotá y SITM de Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Transmilenio S.A, Contraloría de Bogotá y Empresa Metro de Medellín.

Al dar una mirada al comportamiento histórico de la relación entre beneficios y costos que han generado los SITM de Bogotá y Medellín desde su primer año de operación completa hasta el 2019 (**Gráfica 2-18**), se encuentra que ambos sistemas han presentado tendencias opuestas.

Por un lado, se observa que el SITM de Bogotá ha generado mayor cantidad de costos que beneficios desde el comienzo de su operación, sin embargo, se puede evidenciar que a pesar de esta situación, durante los tres primeros años de operación los beneficios eran positivos. A partir del año 2004 los beneficios se convierten en negativo y desde entonces la relación entre beneficios negativos y costos ha venido aumentando.

Por el otro lado, se observa que el SITM de Medellín inició su operación generando mayor cantidad de costos que de beneficios, sin embargo, esta diferencia fue disminuyendo hasta el punto revertirla en el año 2019, cuando por primera vez los beneficios superaron los costos económicos de inversión y operación. Hasta el año 2005, el proyecto generó beneficios negativos, desde entonces sus beneficios se convirtieron en beneficios y han permitido lograr que el sistema sea económicamente eficiente en el año 2019.

Con relación al Valor Actual Neto Económico (VANe), se observa que hasta el año 2019 ninguno de los dos sistemas ha logrado cubrir con sus ingresos y beneficios los costos de inversión y operación que han generado los proyectos. No obstante, es importante tener en cuenta que esta evaluación se realiza en medio del horizonte del proyecto de ambos sistemas y por lo tanto aún es posible generar en un futuro beneficios adicionales que permitan realizar un cierre económico positivo de los proyectos. Desde el punto de vista comparativo, se observa que hasta el año 2019, el SITM de Bogotá presenta un VANe más favorable que el SITM de Medellín.

En este punto es importante recordar dos aspectos importantes y fundamentales de la forma como se realizaron la valoración económica de los beneficios en esta evaluación.

Por un lado, se empleó el método alternativo de valoración de beneficios por cambios de los excedentes sociales, procedimiento diferente al usualmente empleado por otros estudios de evaluación que se han realizado sobre este los SITM de Bogotá y Medellín. Por este motivo, los resultados de esta evaluación no se comparan con los resultados de los estudios revisados anteriormente en la **sección 2.1**.

Por otra parte, el otro aspecto fundamental está relacionado con los beneficios empleados en esta evaluación. Dado que parte del objetivo de esta investigación es comparar los SITM de Bogotá y Medellín, la selección de los beneficios se vio limitada por la posibilidad de valorarlos de forma equitativa y objetiva para ambos sistemas, es decir, se vio limitada a la disponibilidad de información para estimar los beneficios de ambos SITM bajo las mismas condiciones. Por lo tanto, queda abierta la posibilidad a incorporar otros beneficios que permitan mejorar los indicadores económicos para ambos sistemas.

3. Capítulo 3. Estimación de los impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín

La implementación de los SITM ha generado efectos significativos en el desarrollo urbano en las de las ciudades de Bogotá y Medellín. Dada su condición de modos troncales de los Sistemas de transporte de cada una de las ciudades, se han convertido en ejes estructurantes de sus sistemas de movilidad. Por lo tanto, se ha podido observar una relación en doble vía entre el desarrollo de las ciudades y el desarrollo de los SITM .

En este sentido y de acuerdo con el objetivo de la investigación, para comprender los SITM de manera integral es necesario analizarlos desde diferentes perspectivas, entre las cuales se destacan la perspectiva de transporte, la urbana y la institucional. En capítulos anteriores se han desarrollado análisis desde las perspectivas de transporte e institucionales de los SITM, por lo tanto, en este capítulo se analizarán los SITM de ambas ciudades desde una perspectiva urbana identificando algunos de los impactos urbanos asociados a su implementación.

Los impactos urbanos generados por la implantación de proyectos de transporte ha sido un tema ampliamente estudiado por la comunidad académica a lo largo de los años. A mediados del siglo XX, autores como Mitchell y Rapkin (1954), ya consideraban que no era suficiente evaluar los sistemas de transporte bajo una perspectiva exclusiva del transporte, sino que era necesario evaluar el impacto y el uso del suelo. Años más tarde, otros autores como con Banister y Lichfield (1995), destacaron la importancia de este tipo de estudios señalando que este tipo de proyectos pueden tener un impacto importante en el desarrollo económico y espacial, de las ciudades y de las regiones (p.1).

De manera más reciente, se han realizado investigaciones relacionadas con la integración entre el transporte y el uso o los precios del suelo. Estas investigaciones se encuentran enfocadas a la identificación de cambios y las dinámicas de los usos y los precios del suelo a partir de la implementación de Sistemas de Transporte, a partir de las cuales han emergido distintas aproximaciones conceptuales y metodológicas sobre la captura de la renta y enfoques más relacionados con el diseño urbano que buscan identificar las transformaciones específicas a partir del transporte o visto de otra manera, buscan identificar el aporte del desarrollo de los sistemas de transporte en las transformaciones urbanas.

Una de estas investigaciones fue desarrollada por Suzuki et al. (2017), en donde establecen que el desarrollo de los sistemas de transporte y el desarrollo de la forma urbana de las ciudades son codependientes. Por un lado, el desarrollo de los sistemas de transporte mediante Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS)¹¹ permite entre otras mejorar el acceso a los territorios, mientras que el desarrollo del territorio permitirá el aumento del número de viajes y la demanda de los sistemas. Al respecto los autores mencionan que *“ las inversiones de transporte pueden producir ajustes en la forma urbana y en el uso del suelo a través del mejoramiento de la accesibilidad, en general en forma de DOT más compactos. Tales cambios en el entorno edificado pueden, a su vez, influenciar la demanda del transporte público, puesto que densidades más altas se traducen en mayor número de pasajeros.”* (P.42).

En consideración a lo anterior, en el presente capítulo se desarrolla la evaluación de algunos de los impactos urbanos que han sido generados a partir de la implementación de los SITM de Bogotá y Medellín. Esta evaluación de impacto busca complementar las evaluaciones económicas y financieras desarrolladas en el capítulo anterior, en donde se construyeron flujos de caja y de los proyectos de SITM y se realizaron Análisis de tipo Costo – Beneficio (ACB).

¹¹ Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS): Desarrollo compacto, de uso mixto y amigable para los peatones, que se organiza alrededor de una estación de transporte público. El DOT abraza la idea de que encontrar servicios, empleo, tiendas y vivienda alrededor de las centrales de transporte y promueve el uso del transporte público y no motorizado (Suzuki et al., 2017, p. 20).

De acuerdo con Bernal y Peña (2011), la evaluación de impacto tiene un enfoque *ex post* en donde se analiza el contrafactual de los proyectos de inversión (p 8), es decir, para el caso de la evaluación de impacto que se va a desarrollar, se comparan los efectos urbanos causados por los proyectos de SITM contra los supuestos resultados que se hubiesen generado en el escenario sin la implantación del SITM en las ciudades de Bogotá y Medellín. En específico, la estimación de los impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín se realiza empleando un modelo econométrico de Diferencias en Diferencias (DiD). Para el desarrollo de este modelo se toma como referencia la “Guía práctica para la evaluación de Impacto” publicada por Bernal y Peña (2011, P. 72).

3.1 Modelo de Diferencias en Diferencias (DiD)

Como se definió anteriormente, la estimación de los impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín se realiza mediante la implementación de un modelo econométrico de Diferencias en Diferencias (DiD). Este modelo econométrico ha sido empleado en otras investigaciones sobre transporte público urbano en Colombia, como la tesis doctoral presentada por Moncada (2018), quien en otros métodos econométricos emplea el modelo DiD para el desarrollo de una metodología de evaluación de impacto de las políticas de transporte en las ciudades. Esta metodología proporciona conceptos analíticos para realizar evaluaciones de efectos distributivos, cuyo alcance es multidimensional en términos de tiempo, espacio y grupos de población (p.5). Como parte de su investigación, Moncada plantea el estudio de caso de dos políticas de transporte aplicadas en la ciudad de Bogotá, entre las que se encuentra el caso del SITM de Bogotá, el Sistema Transmilenio (p.257). Otro estudio en el que se empleó el método de DiD fue desarrollado por Bocarejo et, al (2013), en donde se analiza el impacto de Transmilenio en el valor y uso de suelo de la ciudad. En particular, en ese estudio se identifica la generación de un impacto positivo en el valor comercial de las propiedades después de la implementación del SITM (p 86).

El modelo de DiD se basa en establecer dos tipos de condiciones para analizar a los individuos que han sido afectados por un proyecto, la condición temporal y la condición de tratamiento. Por una parte, se encuentra una condición temporal en donde se comparan y

estiman las diferencias entre los individuos afectados por el proyecto antes y después de verse afectados por el proyecto.

Por otra parte, se establece una condición de tratamiento, en donde se comparan y estiman las diferencias el grupo de tratamiento y el grupo de control. En el grupo de tratamiento se encuentran aquellos individuos que fueron afectados por el proyecto, en otras palabras, son los individuos que recibieron un tratamiento diferente al resto de la población, mientras que en el grupo de control se encuentran aquellos individuos de la población que no se vieron afectados por el proyecto. Estos últimos individuos, también son considerados como contrafactuales y sirven como línea base para estimar los efectos que causa el proyecto en los individuos.

En palabras de Bernal y Peña (2011) *“El modelo de diferencias en diferencias es simplemente el cambio esperado en Y entre el periodo posterior y el periodo anterior a la implementación del tratamiento en el grupo de tratamiento, menos la diferencia esperada en Y en el grupo de control durante el mismo periodo”*. El modelo reconoce y busca controlar las posibles diferencias preexistentes que se presentan entre los individuos que pertenecen a los grupos de tratamiento y control (P.72).

El impacto esperado resultante de la aplicación del modelo está dado por la Ecuación 3.1.

$$\hat{\tau}_{dif-en-dif} = [(Y_2|D = 1) - (Y_1|D = 1)] - [(Y_2|D = 0) - (Y_1|D = 0)] \quad (3.1)$$

En donde Y indica el periodo en el que se realiza la observación, si la observación se realiza antes de aplicar el tratamiento se asignará el número 0, mientras que si la observación se realiza después de aplicar el tratamiento se le asigna el número 1. Por otro lado, D indica si el individuo pertenece al grupo que ha sido sometido al tratamiento o al grupo de control. Si pertenece al grupo de tratamiento se le asigna el número 1 y si pertenece al grupo de control se le asigna el número 0.

Así las cosas, de la **Ecuación 3.1** se puede inferir que el impacto resultante de la aplicación de un tratamiento corresponde con la diferencia entre el promedio muestral de los individuos con tratamiento antes y después de la aplicación del tratamiento, menos la

diferencia entre el promedio muestral de los individuos del grupo de control en los periodos de antes y después del tratamiento.

Según Bernal y Peña (2011), es posible estimar el efecto del programa (tratamiento) y obtener el estimador (β_1) del modelo de DiDi empleando modelos de regresión MCO. Para ello es necesario definir la Ec 1. en términos de regresión lineal (Ver **Ecuación 3.2**)

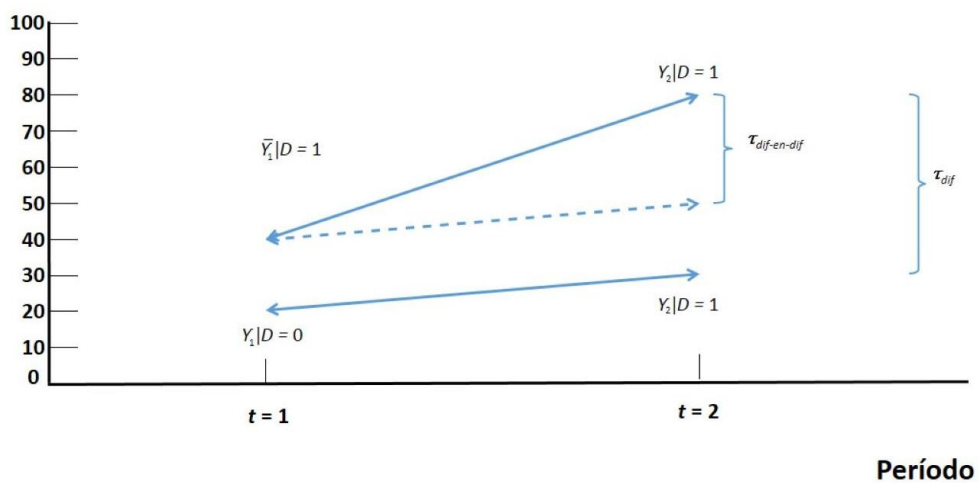
$$\Delta Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_1 + v_i \quad (3.2)$$

De esta forma, el parámetro β_1 hace referencia al impacto generado por el tratamiento en el modelo DiDi, ya que corresponde a la diferencia entre los dos promedios muestrales del grupo de ΔY_i . (P. 76)

En la **Gráfica 3-1** se puede observar esquemáticamente la estimación del impacto “ $\tau_{dif-en-dif}$ ” por medio de este modelo, en donde $D=0$ corresponde a los individuos sin tratamiento y $D=1$ a los individuos con tratamiento, mientras que Y_1 corresponde al momento antes del tratamiento y Y_2 al momento después del tratamiento.

Gráfica 3-1. Estimador Modelo de Diferencias en Diferencias (DiD)

Resultado Y



Fuente: Adaptación de Stock y Watson (2006), p.482, Gráfica 13.1

De acuerdo con lo anterior, la identificación de los impactos urbanos generados por los SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín está antecedida por la definición de las condiciones de temporalidad y de tratamiento requeridas para la implementación del Modelo DiD. Una vez definidas estas condiciones, se procede a definir los términos sobre los cuales se va a decir el impacto generado por los sistemas, es decir las variables que se ingresarán al modelo DiD.

En cuanto a la definición de la condición de temporalidad, se identifican los periodos y el hito que define el momento antes y después de la aplicación del tratamiento. Este hito puede corresponder con diferentes etapas del proyecto, tales como el anuncio del proyecto, el inicio de las obras o el inicio de la operación. Para el caso de esta investigación se tomará como hito, el inicio de la operación de los SITM. Por un lado, la operación del SITM de Bogotá dio inicio en el año 2000, mientras que en el SITM de Medellín comenzó a operar en el año 1995, por lo tanto, el “antes” del proyecto podría ubicarse en cualquier año antes del inicio de la fase de operación de cada uno de los proyectos.

Por otro lado, la definición de los grupos de tratamiento y control se realiza con base en la ubicación de los predios. Para ello es necesario definir un área de influencia directa de cada uno de los SITM. De esta forma, los predios ubicados en el área de influencia de los SITM pertenecen al grupo de tratamiento, mientras que los predios ubicados por fuera del área de influencia pertenecen al grupo de control. A continuación, se define el área de influencia directa de los SITM de Bogotá y Medellín.

3.2 Área de Influencia Directa de los SITM de Bogotá y Medellín

Una vez definida la condición de temporalidad, es necesario definir la condición de tratamiento sobre la cual se va a desarrollar el modelo de DiD. Desde el punto de vista del modelo econométrico, se definen las condiciones que deben cumplir los individuos para recibir el tratamiento. En el caso de esta investigación, en donde el tratamiento corresponde con la implementación de un sistema de transporte, la condición que deben cumplir los individuos para considerar que han recibido el tratamiento es estar ubicados en el Área de Influencia Directa (AID) de los proyectos.

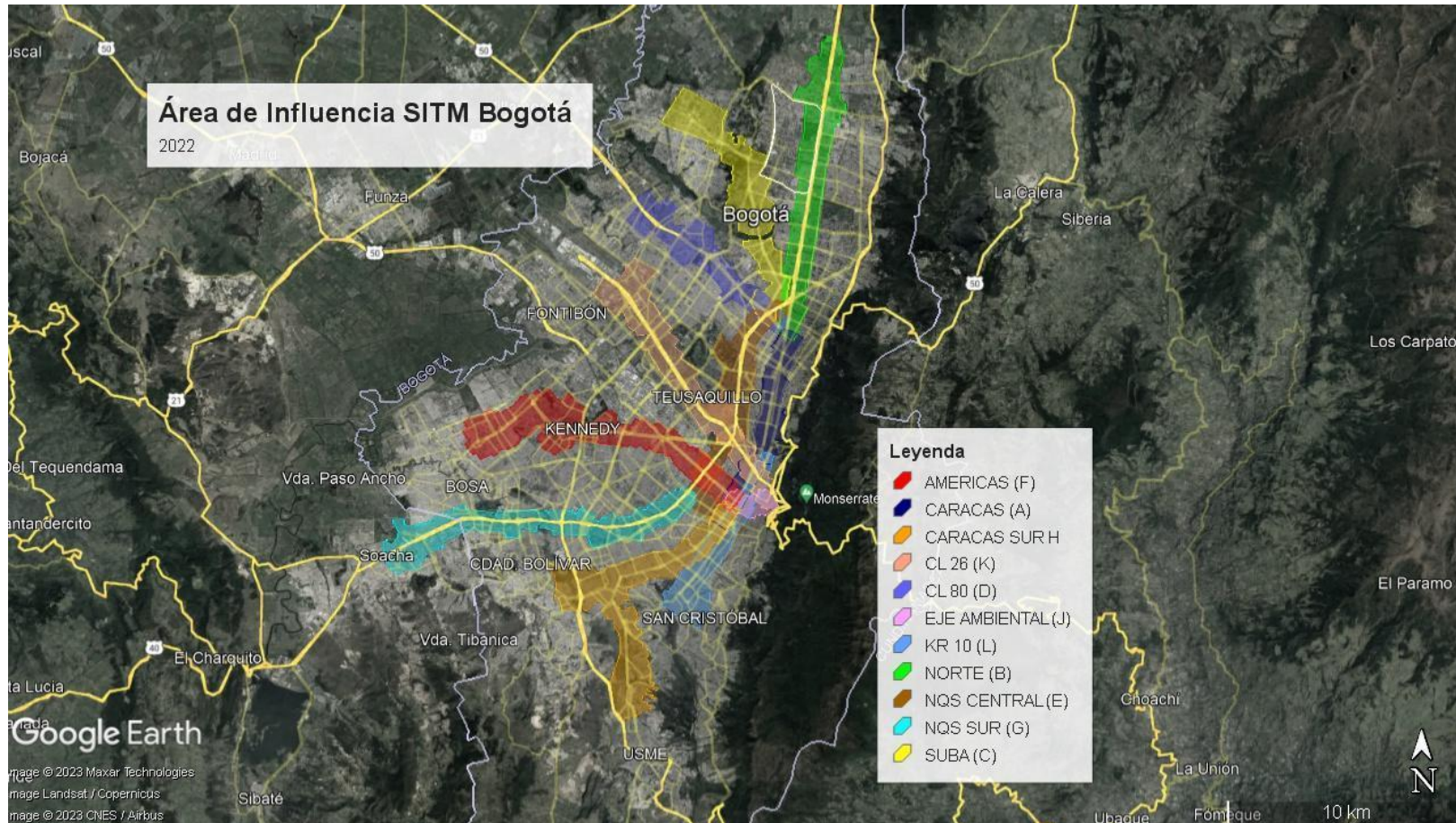
De acuerdo con Mora (2018) el AID de un proyecto de transporte masivo urbano se define como aquella zona en donde los efectos generados por el proyecto se presentan de forma evidente, dependiendo de las condiciones urbanas homogéneas y de movilidad que se presentan en las zonas de análisis. Esta AID permite identificar y asignar a cada uno de los individuos de la zona el grupo de control o tratamiento al cual pertenecen. Los individuos que se encuentran adentro de AID se consideran como el grupo de tratamiento, mientras que los individuos que se encuentran por fuera del AID se consideran como grupo de tratamiento.

En síntesis, el proceso que se realiza para la definir el AID de los SITM de Bogotá y Medellín se puede presentar en cuatro pasos:

- I. Se georreferencian las estaciones, portales y líneas/troncales de cada uno de los sistemas, empleando la herramienta Google Earth. Este proceso se realiza a partir de información disponible en el portal de datos abiertos de la empresa Transmilenio S.A. y de información oficial publicada en la página de la empresa Metro de Medellín.
- II. Se identifica el radio de influencia de cada una de las estaciones de los sistemas. De acuerdo con la literatura, el AID de un sistema de transporte se encuentra entre los 200 y 500m, por lo tanto, considerando que los SITM de Bogotá y Medellín son los principales medios de transporte de cada ciudad, se define inicialmente el AID de cada estación como el radio de 500m a su alrededor.
- III. Se conectan las AID de las estaciones continuas extendiendo su AID a través de las troncales o líneas de cada sistema. De esta forma se completa un polígono de tipo "Buffer" a lo largo del sistema con 250 m a lado y lado de las troncales o líneas de los sistemas.
- IV. Se definen las AID de cada uno de los sistemas, ajustando en detalle los polígonos de acuerdo con las condiciones urbanas y de movilidad de las ciudades de Bogotá y Medellín.

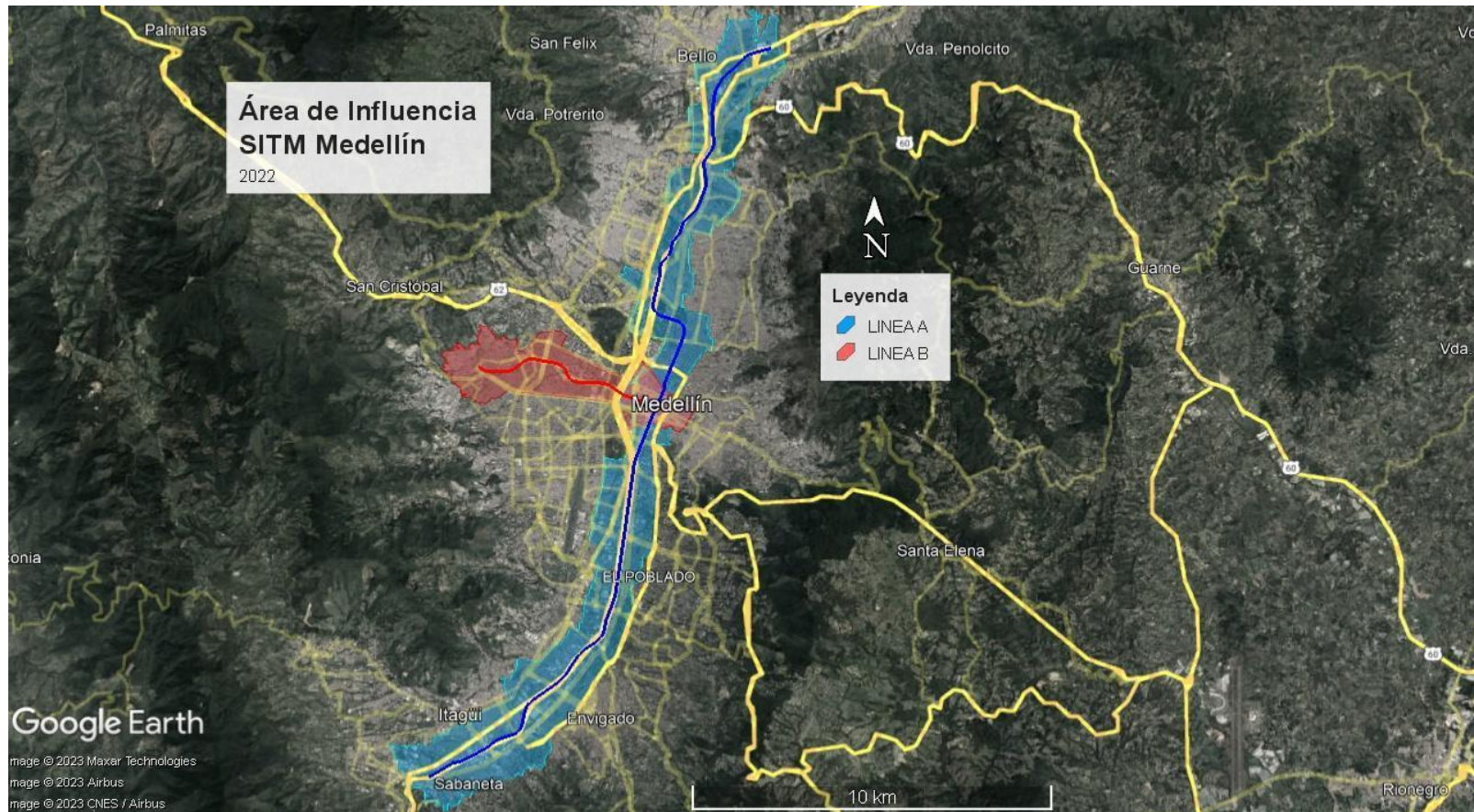
A continuación, se observan las AID de los SITM de Bogotá (**Figura 3-1**) y el SITM de Medellín (**Figura 3-2**) definidas en Google Earth.

Figura 3-1. Área de Influencia del SITM de Bogotá.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-2. Área de Influencia del SITM de Medellín.



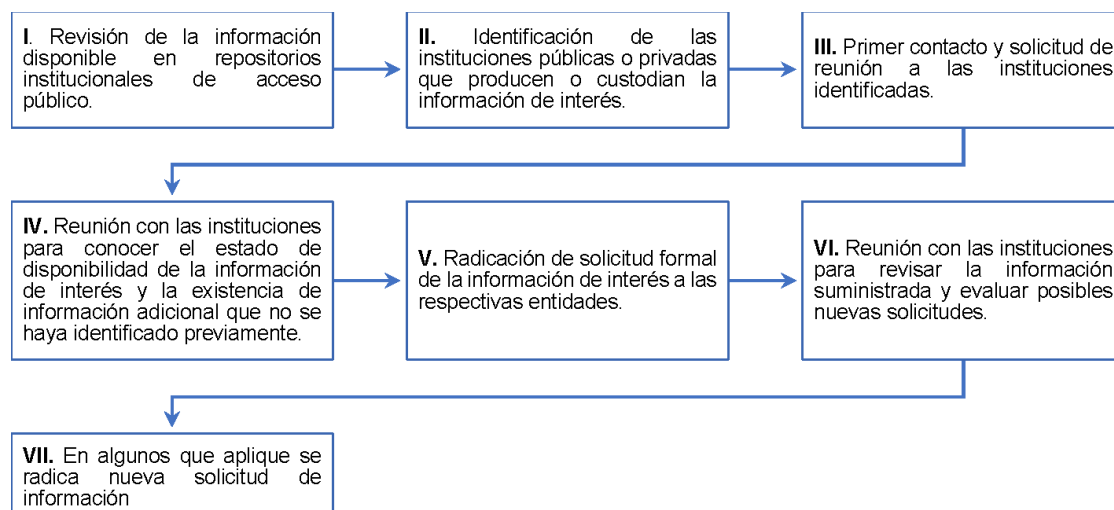
Fuente: Elaboración propia

3.3 Procesamiento de información para definición de variables urbanas

Como último paso antes de implementar el modelo DiD, después de haber definido las condiciones temporales y de tratamiento que requiere el modelo, se realiza la revisión y análisis de las variables urbanas que se podrían emplear para la evaluación del impacto urbano generado por implementación de los SITM de las ciudades de Bogotá y Medellín. Como resultado se encontró que, las variables que más se ajustan a la evaluación de impacto son aquellas variables de tipo cuantitativo con las que se caracterizan a nivel general los predios en el país. Entre estas variables se encuentran el área construida, el área del terreno, el número de edificaciones, el puntaje catastral, el avalúo catastral o el avalúo comercial.

No obstante, el proceso para la consecución de la información de las variables para estimar el impacto urbano de las ciudades de Bogotá y Medellín representó un reto importante para el desarrollo de la investigación (ver **Esquema 3-1**). Las barreras de acceso a la información y la diversidad de entidades responsables de su custodia, acceso y en algunos casos comercialización, implicaron un gran esfuerzo en términos de tiempo y recursos financieros para llegar definir la información de variables urbanas disponible en las ciudades de Bogotá y Medellín

Esquema 3-1. Proceso consecución de información secundaria de instituciones públicas o privadas.



Fuente: Elaboración Propia

La estrategia consecución de información secundaria comenzó por indagar sobre los registros catastrales y de avalúos comerciales de los predios ubicados en los municipios en donde operan los SITM de Bogotá y Medellín. En el caso de Bogotá, se acudió al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el cual se encuentra a cargo de la gestión catastral de la ciudad. De este instituto, se tuvo acceso a las bases de datos públicas de los registros catastrales 1 y 2 que se encuentran disponibles en la página web de la entidad. Sin embargo, no fue posible acceder a los datos de avalúos comerciales de los predios, puesto que es una información que la entidad comercializa y el proyecto no contaba con los recursos financieros para asumir esos costos.

En el caso de Medellín, se encontró la situación de que los seis municipios en los que opera el SITM de Medellín, cuentan con diferentes entidades encargadas de su gestión catastral, por lo tanto, además de la secretaría de planeación de Medellín que es su propio gestor catastral, fue necesario acudir presencialmente, a la Gobernación de Antioquia, al Área Metropolitana del Valle de Aburrá (actual gestor catastral de Bello, La Estrella) y a las oficinas de gestión catastral de los municipios de Envigado, Itagüí y Sabaneta. Sin embargo, debido a la diversidad de gestores catastrales, no fue posible conseguir por

completo toda la información catastral solicitada a los municipios, en particular la información sobre los avalúos comerciales o catastrales.

Por este motivo, fue necesario acudir a otras fuentes de información secundaria como las lonjas de propiedad raíz de las ciudades de Bogotá y Medellín u observatorios inmobiliarios gestionados por entidades públicas. De esta forma, finalmente se pudo lograr encontrar información de avalúos comerciales de ambas ciudades. En el caso de Bogotá, se acudió a las publicaciones realizadas por la Lonja de Bogotá en el 2004, 2008 y 2016, en donde se estimó el promedio valor del metro cuadrado construido por zonas geoeconómica técnicamente definidas. En el caso de Medellín, se acudió a información del Observatorio Inmobiliario de Medellín (OIME), el cual tiene datos de una muestra representativa del valor del costo de los inmuebles en la ciudad de Medellín desde el año 2007.

Una vez conseguida la información, se dio inicio al procesamiento de los datos. En el caso de la ciudad de Bogotá, este procesamiento se centró en la digitalización de los resultados de las publicaciones de la lonja de Bogotá, organizando los registros en bases de datos depuradas. Mientras que, en el caso de Medellín, este procesamiento se centró en extraer la información de los archivos digitales de tipo KMZ y organizarla en bases de datos digitales.

Finalmente, una vez que se han dispuesto los datos en bases de datos digitales, se realiza la transformación de los avalúos comerciales y precios del suelo de los valores corrientes a valores constantes del año 2015 y se definen en términos de valor por metro cuadrado. De esta forma, las bases de datos quedan expresadas en las condiciones adecuadas para ingresar como input del modelo DiD.

Como resultado de todo este proceso se encuentra una limitación importante en la disponibilidad de la sobre el avalúo comercial de los predios de las ciudades de Bogotá y Medellín. Así mismo, se observa que la información disponible en cada caso se presenta en escalas y temporalidades diferentes, por un lado, en Bogotá se encuentra información anual discontinua entre los años 1990 y 2016 del avalúo comercial del metro cuadrado por zonas, mientras que en Medellín se encuentra la información continua entre los años 2008 y 2021 del avalúo comercial para una muestra de los predios de la ciudad.

En el caso de los municipios de Soacha, Bello, Envigado, Itagüí, La Estrella y Sabaneta no se encuentra información disponible de avalúos comerciales ni catastrales.

Sin embargo, se presenta la situación de que la información sobre avalúos comerciales de predios antes del inicio de la implementación de los SITM solo se encuentra disponible para la ciudad de Bogotá. Por lo tanto, bajo estas condiciones solo se podría realizar la estimación del impacto urbano generado por el SITM de Bogotá, sin embargo, este resultado no contribuiría al objetivo de la investigación de comparar ambos sistemas.

Por este motivo, se establece como alternativa definir como hito para establecer la condición de tratamiento y estimar el impacto urbano que han generado los SITM de Bogotá y Medellín, el cambio de año desde el inicio de sus operaciones. Es decir, se establece como barrera temporal del “antes” y “después” el cambio de año y se construye una serie temporal de impactos urbanos durante la operación de los Sistemas. Esta alternativa tendrá como limitante la disponibilidad de información, puesto que la información disponible sobre valor comercial del metro cuadrado se encuentra de forma discontinua y no se encuentran datos disponibles para algunos periodos.

3.4 Impactos urbanos SITM de Bogotá y Medellín

Una vez establecidas las condiciones de temporalidad y tratamiento del modelo de Diferencias en Diferencias (DiD), se realiza la estimación de los impactos urbanos mediante el software estadístico R. Este proceso implicó realizar un arduo trabajo de procesamiento de las bases de datos que se cargaron al software, para ello fue necesario la creación de variables “dummies” temporales y de tratamiento para cada uno de los casos, es decir para cada uno de los cambios de año.

En la **Tabla 3-1**, se presentan los resultados de la estimación del modelo de Diferencias en Diferencias comparativo entre los SITM de Bogotá y Medellín. Los impactos se encuentran términos de metro cuadrado y los valores corresponden a pesos colombianos (COP) constantes al año 2015. El modelo contempla todos los supuestos de regresión lineal pero la variable de interés es el p -valor. Los estimadores en diferencias son realizados mediante la metodología de regresión lineal multivariada

Tabla 3-1. Resultados modelo DiD. Impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín en términos monetarios por unidad de área

Inicio	Fin	SITM Bogotá		SITM Medellín	
		Impacto m ² (COP)	Valor - P	Impacto m ² (COP)	Valor - P
2000	2001	\$ 52,127	0.95		
2001	2002	-\$ 85,577	0.88		
2002	2003	\$ 37,764	0.94		
2003	2004	\$ 121,151	0.81		
2004	2005	\$ 41,767	0.93		
2006	2007				
2007	2008			-\$ 224,038	0.06
2008	2009			\$ 569,653	0.00
2010	2011			\$ 24,775	0.63
2011	2012			-\$ 32,261	0.49
2012	2013			\$ 115,402	0.01
2013	2014	-\$ 1,634,268	0.00	-\$ 20,315	0.70
2014	2015	-\$ 1,758,183	0.00	\$ 236,896	0.00
2015	2016	-\$ 1,868,499	0.00	\$ 102,360	0.03
2016	2017			-\$ 204,255	0.00
2017	2018			\$ 141,285	0.00
2018	2019			-\$ 43,734	0.29
Impacto acumulado		-\$ 5,093,718		\$ 665,768	

Fuente: Elaboración Propia

El análisis comparativo de los resultados del método de DiD se centrará en revisar las magnitudes de los impactos identificados para cada uno de los SITM y su comportamiento a lo largo del tiempo. A partir de estos resultados, hubiese sido deseable construir una serie de tiempo con los impactos generados año tras año, sin embargo, debido a las limitaciones de información disponible no ha sido posible establecer una serie de tiempo continua con el resultado de los impactos urbanos desarrollado mediante esta metodología. Por lo tanto, en este caso, no se realizará un análisis econométrico de series de tiempo como el que se desarrolla en el capítulo 4 del presente documento.

En el caso del SITM de Bogotá los resultados se encuentran agrupados en dos periodos, el primero es desde año 2000 hasta el 2005 y el segundo del 2013 hasta el 2016. En el primer periodo los resultados del modelo DiD identifican impactos en el metro cuadrado generalmente positivos en un rango razonable que no supera los \$130.000 (COP) por metro cuadrado construido, es decir que los predios en el área de influencia del SITM en promedio se valorizaron más que los predios que por fuera del área de influencia, revelando así que el SITM ha generado un impacto urbano positivo durante este periodo.

Sin embargo, el análisis de estos resultados se encuentra limitado al nivel de validez estadística asociados al valor – p del modelo.

En el segundo periodo, los resultados del modelo DiD demuestran un impacto urbano negativo en un rango entre \$1.500.000 y \$2.000.000 por metro cuadrado. Es decir que en este periodo los predios ubicados en el área de influencia del SITM de Bogotá se valorizaron menos que los predios ubicados por fuera del área de influencia. Durante este periodo los resultados del modelo se muestran estadísticamente significativo para cada uno de los cuatro años evaluados, no obstante, a pesar de la validación estadística, la magnitud tan elevada de los impactos identificados invita a reflexionar sobre su representatividad.

En todo caso, es importante considerar la naturaleza de los datos de entrada al modelo DiD para el SITM de Bogotá, puesto que se tratan de datos de valores referencia de metro cuadrado construido por zonas y no se trata del dato individual de cada uno de los predios. Por lo tanto, después de realizar los filtros correspondientes, son pocos los datos que ingresan al modelo de DiD y esto puede generar cierta distorsión tanto en el nivel de significancia estadística como en la magnitud de los impactos.

En el caso del SITM de Medellín los resultados se encuentran agrupados en el periodo comprendido entre el año 2007 y el año 2019. A nivel general, los resultados del modelo DiD son estadísticamente significativos y demuestran tanto impactos negativos como impactos positivos en un rango entre \$20.000 y \$240.000 (COP).

A diferencia de las tendencias identificadas en los impactos generados por los SITM de Bogotá, en este caso llama la atención que el impacto no se sostenga en el tiempo ya sea en una tendencia positiva o negativa, dado que se evidencia que hay años en los que los impactos son positivos y hay años en los que los impactos son negativos. Quizá esta dinámica pueda estar más mediada por los ciclos económicos los cuales son capturados por los precios inmobiliarios.

A partir de los resultados se observa que de los 11 periodos analizados, en 6 casos los resultados han sido positivos, mientras que en 5 han sido negativos, es decir han sido más los periodos positivos que los periodos negativos. A nivel general, se encuentra que el

impacto acumulado desde el año 2007 hasta el año 2019 es positivo cercano a los \$665.000 por metro cuadrado. De hecho, si se tienen en cuenta únicamente los impactos que según del modelo DiD son significativamente aceptables, el impacto acumulado positivo se eleva hasta cercad de \$737.000 por metro cuadrado.

En este caso, es importante tener en cuenta que los datos que ingresan al modelo corresponden a solo una muestra de los predios de uso residencial de la ciudad de Medellín, y no se incluyeron otros tipos de usos. Así mismo, dada las limitaciones de información, no es posible verificar que se hayan registrado los datos del valor del metro cuadrado sobre los mismos predios cada uno de los años.

Como resultado de la comparación entre los SITM de Bogotá y Medellín, no es posible establecer conclusiones definitivas al respecto, sin embargo, se pueden reconocer ciertos aspectos que pueden brindar una idea sobre las tendencias de los impactos que han venido generando ambos sistemas. Centrándonos en los impactos estadísticamente significativos, es posible identificar que en la ciudad de Bogotá los impactos urbanos generados por el SITM han sido negativos mientras que en la ciudad de Medellín los impactos han sido positivos.

4. Capítulo 4. Análisis comparativo entre el desarrollo de los SITM y el crecimiento económico de las ciudades de Bogotá y Medellín

En este capítulo se analiza comparativamente el nivel de incidencia que ha tenido el desarrollo de los SITM en el crecimiento económico de las ciudades de Bogotá y Medellín respectivamente. Los análisis econométricos y de transporte que se presentan en este capítulo se abordan desde una perspectiva más amplia que en los capítulos anteriores, incorporando indicadores macroeconómicos que reflejan el crecimiento de las ciudades.

Los análisis que se desarrollan a continuación se encuentran basados en modelos econométricos de series de tiempo. Por lo tanto, como primer paso se conforman las series de demanda de pasajeros y crecimiento económico de las ciudades. Las series se construyen a partir del resultado de las revisiones bibliográficas, de consultas de repositorios institucionales de datos abiertos y de la información suministrada por parte diferentes entidades públicas (ver Anexo C).

De acuerdo con la información disponible, se define la serie de demanda anual de pasajeros de los Sistemas se expresada en términos de ingresos válidos al componente troncal del Sistema “Validaciones”. Adicionalmente, con el propósito de mejorar las mediciones comparativas relativas al tamaño del sistema, se incorpora a las Validaciones la variable longitud de la red de los Sistemas “Longitud”, generando un nuevo indicador denominado “Validaciones/Longitud”. Por otro lado, se define la serie de crecimiento económico de las ciudades expresada en términos del Producto Interno Bruto (PIB) y PIB per Cápita de las ciudades.

Una vez que se han conformado las series, se realizan análisis de *Hechos Estilizados* para analizar el comportamiento y las tendencias que reflejan las series de tiempo estimadas para los SITM de Bogotá y Medellín. Así mismo, se desarrollan algunos modelos econométricos de series de tiempo para desarrollar los análisis cuantitativos que permitan identificar el grado de causalidad entre las variables que representan el crecimiento económico de las ciudades y las variables que reflejan el desarrollo de los SITM.

Entre los modelos econométricos que se emplean en la investigación, se encuentran modelos de Cambio Estructural para identificar los principales cambios de la tendencia de las series de Demanda de los SITM, modelos de Vectores Auto Regresivos (VAR) para estimar las relaciones causales entre las series de Demanda de Pasajeros de los SITM y las Series de Crecimiento Económico de las Ciudades y modelos de Autorregresivos Integrados de Medias Móviles (ARIMA) para pronósticos de las series de demanda de los SITM.

El capítulo se desarrolla en cuatro partes. En la primera parte, se realiza un análisis de hechos estilizados sobre las tendencias de las series de tiempo que representan la demanda de los SITM y crecimiento económico las ciudades de Bogotá y Medellín. En la segunda parte, se identifican los cambios estructurales en las tendencias de la demanda histórica de los SITM de Bogotá y Medellín. En la tercera parte, se revisa la relación causal en el sentido de Granger entre la demanda de los SITM y el crecimiento económico de las ciudades de Bogotá y Medellín por medio de la aplicación de un modelo VAR. Por último, en la cuarta parte, se realiza una aproximación al pronóstico de la demanda de los SITM de Bogotá y Medellín a partir de un modelo ARIMA. Finalmente, se presentan los principales resultados del capítulo.

4.1 Tendencias de la demanda y funciones de producción de los SITM de Bogotá y Medellín.

El estudio del comportamiento y las tendencias de la demanda de los SITM de Bogotá y Medellín se realiza por medio de un análisis de *Hechos Estilizados*. A partir de las representaciones gráficas de las series de “Validaciones” y “Validaciones/longitud” se

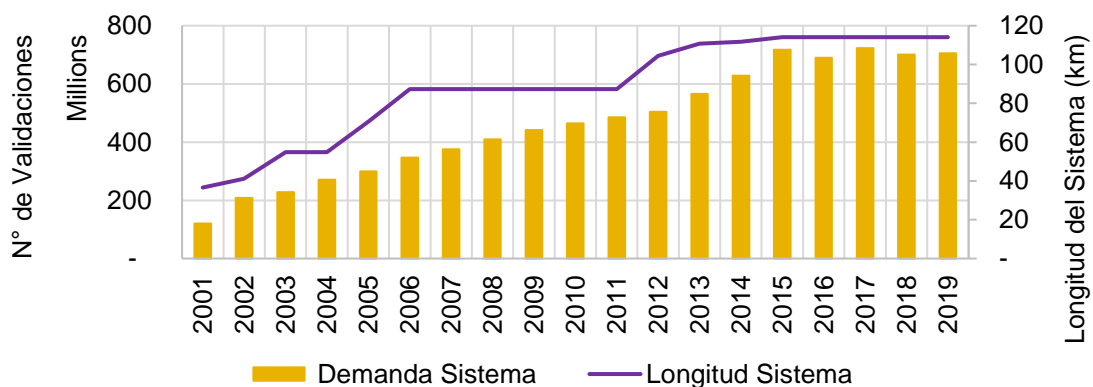
analizan los comportamientos, patrones y tendencias de las series de tiempo y se identifican algunos elementos coincidentes y diferenciadores entre ambos Sistemas.

En la **Gráfica 4-1** se presentan las series de demanda y Longitud de la red del SITM de Bogotá. A nivel general, se observa que ambas series han mantenido una tendencia de crecimiento desde el año 2000, cuando entró en operación el Sistema Transmilenio, hasta el año 2019.

En particular, durante la primera década de operación del Sistema, entre los años 2001¹² y 2010, se observa que la demanda de pasajeros se mantiene en constante crecimiento y su comportamiento es independiente al aumento de cobertura y capacidad del Sistema en términos de Longitud de la red. Por el contrario, en la segunda década de operación, entre los años 2011 y 2019, las series de Demanda y Longitud se comportan de manera similar y mantienen las mismas tendencias de crecimientos moderados e incluso negativos en algunos años.

De esta manera, es posible identificar que a partir del año 2011 la demanda real alcanza la capacidad potencial del Sistema, por lo cual dicha capacidad posiblemente termina limitando el crecimiento mismo de la demanda.

Gráfica 4-1. Series de Validaciones y Longitud Histórica Acumulada SITM Bogotá (BRT)

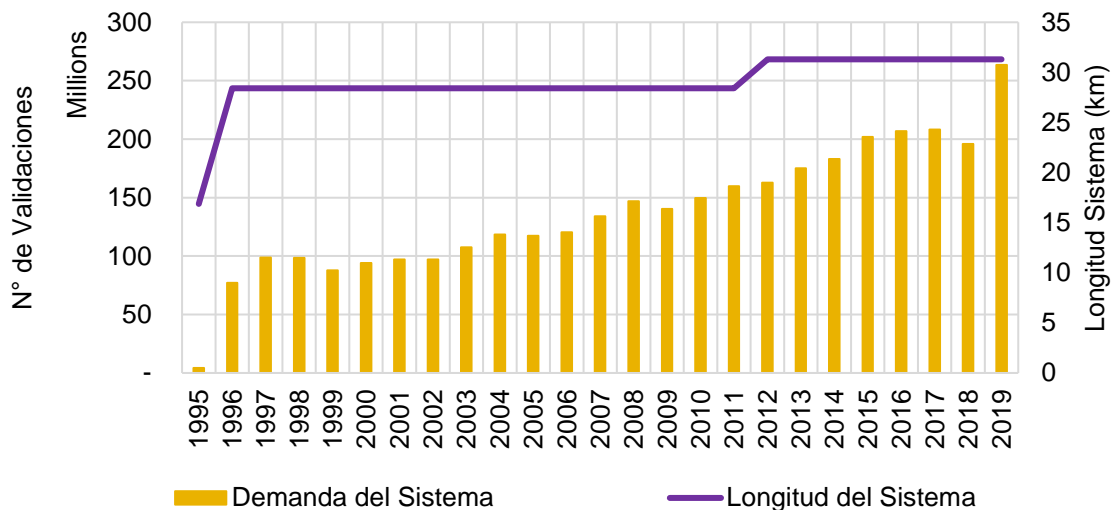


Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por la empresa Transmilenio S.A.

¹² Primer año completo de operación

Por otro lado, las series de Demanda de Usuarios y Longitud de la Red de los SITM de Medellín se presentan en la **Gráfica 4-2**. Se observa que, desde el inicio de operación del Sistema ambas series presentan tendencias de crecimiento diferentes. A diferencia del SITM de Bogotá, la demanda del SITM de Medellín ha estado creciendo desde el año 1995, cuando entró en operación el Sistema, mientras que la Longitud del Sistema no ha presentado cambios significativos desde el año 1996, cuando entró en operación la línea B del Metro de Medellín.

Gráfica 4-2. Series de Validaciones y Longitud Histórica Acumulada SITM Medellín (Tren Urbano).



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por la empresa Metro de Medellín.

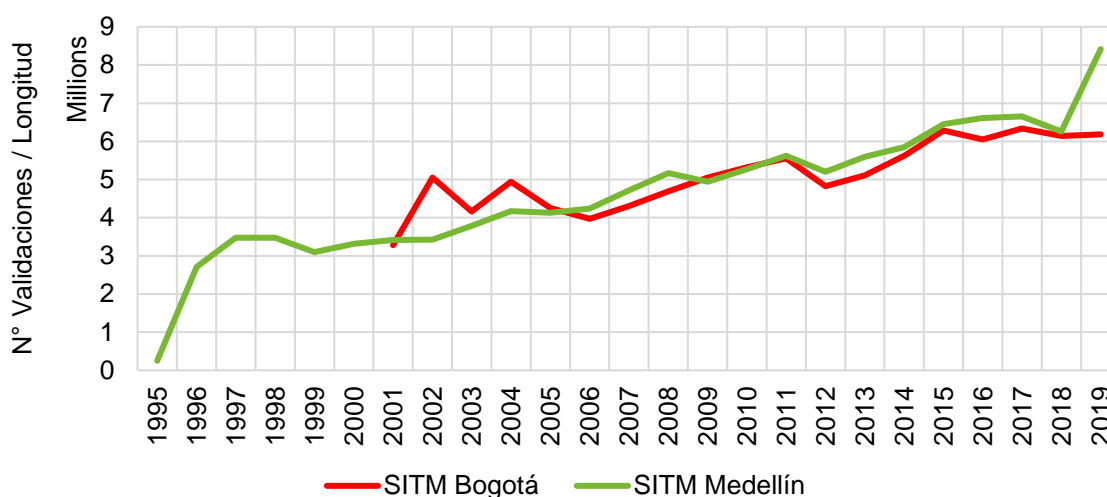
Después de analizar las representaciones gráficas de las series de Validaciones y Longitud de cada uno de los Sistemas por aparte, se realiza un análisis comparativo entre ambos Sistemas. Para ello se conforman las series de tiempo Validaciones/Longitud y se presentan sobre una misma gráfica (**Gráfica 4-3**).

A nivel general, se observa que la tendencia de crecimiento de ambos SITM presenta un grado de similitud importante entre los años 2001 y 2019, periodo en el que ambos Sistemas han estado en operación. Sin embargo, se puede identificar algunos aspectos diferenciadores entre los años 2000 y 2005, durante la implementación de la primera fase

y parte de la segunda fase de Transmilenio en Bogotá, en donde el SITM de Bogotá presentó mejores resultados del indicador Validaciones/Longitud que el SITM de Medellín.

No obstante, a partir de la entrada en operación por completo de la Fase II de Transmilenio en el año 2006, se evidencia que el indicador de Validaciones/Longitud presentó tendencias de crecimiento y magnitudes muy similares.

Gráfica 4-3. Serie de tiempo Validaciones/Longitud de los SITM de Bogotá y Medellín



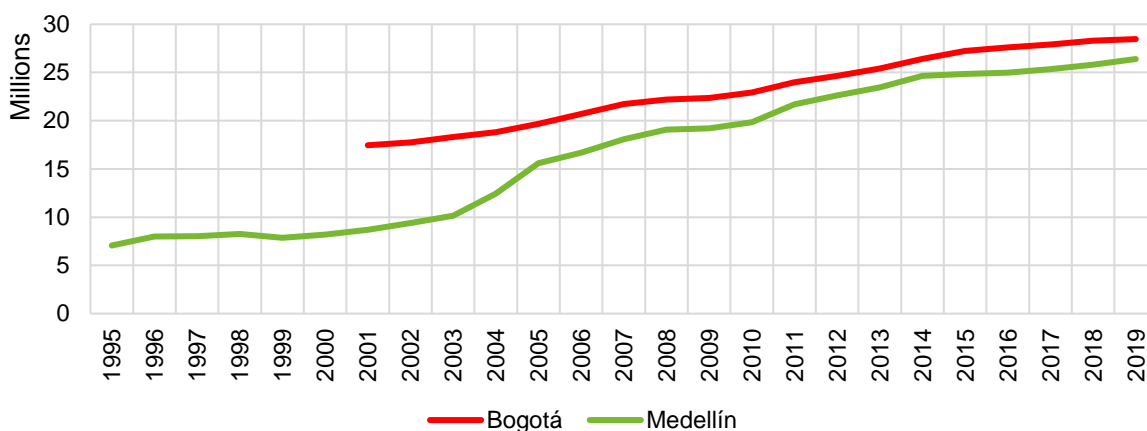
Fuente: Elaboración propia a partir de datos abiertos del DANE

Por último, se presentan las series de PIB per Cápita de las ciudades en donde se encuentran operando los SITM de Bogotá y Medellín. En este punto es importante tener en cuenta que el SITM de Bogotá extiende su operación hasta el municipio de Soacha, mientras que el SITM de Medellín también lo hace hasta los municipios de Bello, Envigado, Itagüí, Sabaneta y La Estrella. Por lo tanto, las series de PIB que se presentan a continuación se encuentran conformadas por la sumatoria de los PIB de cada uno de los municipios en donde operan los SITM de Bogotá y Medellín respectivamente. Para efectos prácticos de la lectura del documento, de acá en adelante se denominará a los PIB agregados de las ciudades como el PIB del SITM de Bogotá o de Medellín según sea el caso.

La serie de PIB de Bogotá se obtuvo directamente de los datos abiertos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), mientras que la serie de PIB de Medellín

se obtuvo principalmente de los Datos Abiertos del Departamento Administrativo de Planeación de la Alcaldía de Medellín. En cuanto a las series de PIB de los municipios de Soacha, Bello, Envigado, Itagüí, Sabaneta y La Estrella, se estimaron a partir de los PIB Departamentales de Cundinamarca y Antioquia respectivamente; De acuerdo con la población e ingresos totales históricos de cada Municipio¹³ se estableció un factor para estimar las series de PIB para cada uno de ellos. En todos los casos, las series de PIB se manejarán en términos constantes al año 2015.

Gráfica 4-4. Series PIB per Cápita ciudades en donde operan los SITM de Bogotá y Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de datos abiertos del DANE¹⁴

En la **Gráfica 4-4** se comparan entre sí el PIB per cápita del SITM de Bogotá (Rojo) y del SITM de Medellín (Verde). A nivel general, se observa que el PIB per cápita de Bogotá ha sido superior desde la entrada en operación de ambos Sistemas. No obstante, se puede destacar que desde el año 2005 las tendencias de crecimiento de las series de tiempo de ambos municipios han sido similares y se ha tendido a mantener el margen entre ambas series.

Por último, es importante destacar que a partir del análisis de hechos estilizados y del reconocimiento de los factores de producción de los SITM que se realizó en el primer

¹³ Fuente de información de Ingresos Terridata - DNP y Ruiz C.A (2015)

¹⁴ Para el caso del PIB de Medellín también se utilizaron datos abiertos del Municipio de Medellín.

capítulo de este documento, es posible identificar uno de los principales resultados de esta investigación.

De acuerdo con De Rus et, al. (2003), cuando se realiza un análisis formal del servicio de transporte, los productores no pueden modificar con la misma facilidad todos los factores de las funciones de producción. Lo anterior debido a que, en el corto plazo habrá algunos factores de producción que serán fijos y que no podrán ser modificados. Por lo tanto, habrá que optimizar la función de producción del servicio de transporte con los factores de producción variables que si se pueden modificar. En el largo plazo no hay factores de producción fijos, por lo tanto, todos los factores de producción se pueden modificar (p.34).

A nivel general de los SITM, se puede decir que los factores de producción de Equipo Móvil (E) y Mano de Obra (L) se tienden a modificar al corto plazo, mientras que los factores de Infraestructura (K), Energía (F) y otros factores (N), se tienden a modificar solamente al largo plazo.

Por lo tanto, de acuerdo con lo planteado en el primer capítulo de esta investigación, en el caso del SITM de Bogotá, se podrían aumentar el número de buses de tipo BRT y aspectos de la operación del Sistema como el número de operarios en el corto plazo. Mientras que, al largo plazo, se podrían modificar la cantidad de estaciones/portales e infraestructura vial adaptada para la operación del Sistema y realizar cambios relacionados con las tecnologías de propulsión y tipos de combustibles que utilizan los buses de tipo BRT.

En el caso del SITM de Medellín, se podría optimizar la operación del Sistema en el corto plazo, mejorando aspectos como las rutas alimentadoras. Sin embargo, en el largo plazo se podría modificar el mejoramiento y ampliación de la capacidad del material rodante (Trenes, Catenarias, Rieles, entre otros.), también se podrían modificar la cantidad de estaciones y expansión de los viaductos, y por último, se podrían realizar cambios relacionados con las tecnologías de propulsión y tipos de combustibles que utilizan los trenes urbanos de tipo Metro.

Así las cosas, al contrastar el plazo de los diferentes factores de producción con el comportamiento de la demanda de los SITM que se presenta en la **Gráfica 4-1** y en la **Gráfica 4-2**, se puede observar que, en el caso del SITM de Bogotá, la red del Sistema se

ha venido extendiendo permanentemente, lo cual ha permitido ampliar frecuentemente su capacidad de cobertura en términos de longitud desde el inicio de la operación. La capacidad adicional generada como producto de la implementación nuevas troncales es cubierta rápidamente por la demanda de usuarios que se ve limitada por la capacidad de operación del Sistema. Es decir, se han venido modificando el factor de producción de infraestructura de transporte del SITM, un factor cuya modificación se considera de largo plazo.

Por otra parte, en el caso del SITM de Medellín, se observa que desde que entró en operación en el año 1996, el sistema se ha concentrado en fortalecer ellos servicios alimentadores ha mantenido la misma Longitud de Red desde un principio. No obstante, la demanda de usuarios ha continuado creciendo sin aparentes limitaciones de capacidad. Es decir que el factor de producción K (Infraestructura Vial y Trenes) no ha recibido mayores modificaciones durante la operación del proyecto.

Por todo anterior, una de las principales diferencias que se identifica entre los SITM de Bogotá y Medellín es que el horizonte del proyecto Transmilenio presenta características que llevan a pensar que es un proyecto pensado con horizonte de proyecto más corto que el proyecto Metro de Medellín. El SITM de Bogotá ya ha intervenido en los factores de producción que se consideran de largo plazo para hacer frente a la demanda actual del Sistema, mientras que el Metro de Medellín, a pesar de haber sido implementado 5 años antes, aún no ha visto la necesidad de modificar los factores de largo plazo para atender la demanda creciente del Sistema.

4.2 Análisis estructural de las series históricas de demanda de los SITM de Bogotá y Medellín.

Después de haber identificado las principales tendencias de la Demanda de los SITM de Bogotá y Medellín en la sección anterior, se realiza un análisis estructural de estas series de tiempo. En específico se emplea el método de Cambios Estructurales para identificar los principales cambios de tendencia en las series que representan la evolución de la Demanda de los Sistemas de ambas ciudades. Los cambios identificados se contrastan

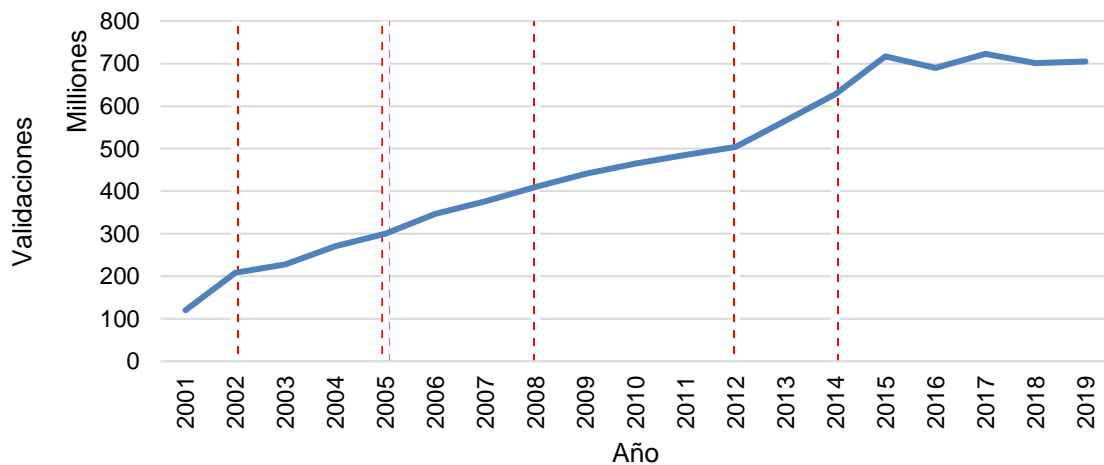
con el desarrollo de los SITM en términos del crecimiento de la red troncal de Transmilenio y Metro de Medellín respectivamente.

Para los análisis estructurales de las series de Demanda de los SITM de Bogotá y Medellín, se emplean las series de Validaciones y Validaciones/Longitud de ambos Sistemas. Estas mismas series se conformaron en la sección anterior para el análisis de sus principales tendencias.

La identificación de los cambios estructurales de las series de Validaciones y Validaciones/Longitud para los SITM de Bogotá y Medellín se realiza por medio del software estadístico RStudio. Se identifican los periodos (años) en donde cada una de las series ha presentado mayores cambios de tendencia.

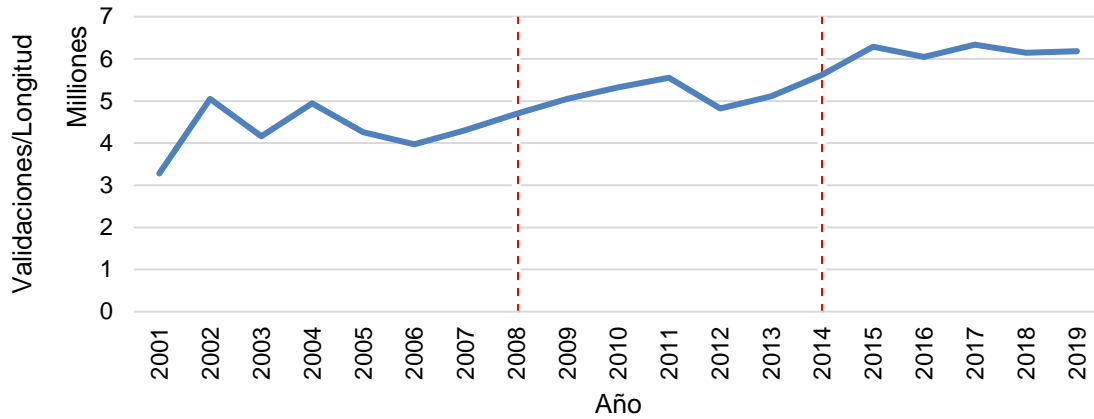
En la **Gráfica 4-5** se presentan los resultados del análisis de cambio estructural en la serie Validaciones del SITM de Bogotá, en donde se identifican cinco cambios estructurales en los años 2002, 2005, 2008, 2012 y 2014. Sin embargo, una vez que se divide esta serie entre la longitud de la red del Sistema (**Gráfica 4-6**), se encuentra que solamente prevalecen los cambios estructurales en los años 2008 y 2014.

Gráfica 4-5. Cambios Estructurales serie Validaciones SITM de Bogotá



Fuente: Elaboración Propia a partir de información de validaciones suministrada por Transmilenio S.A.

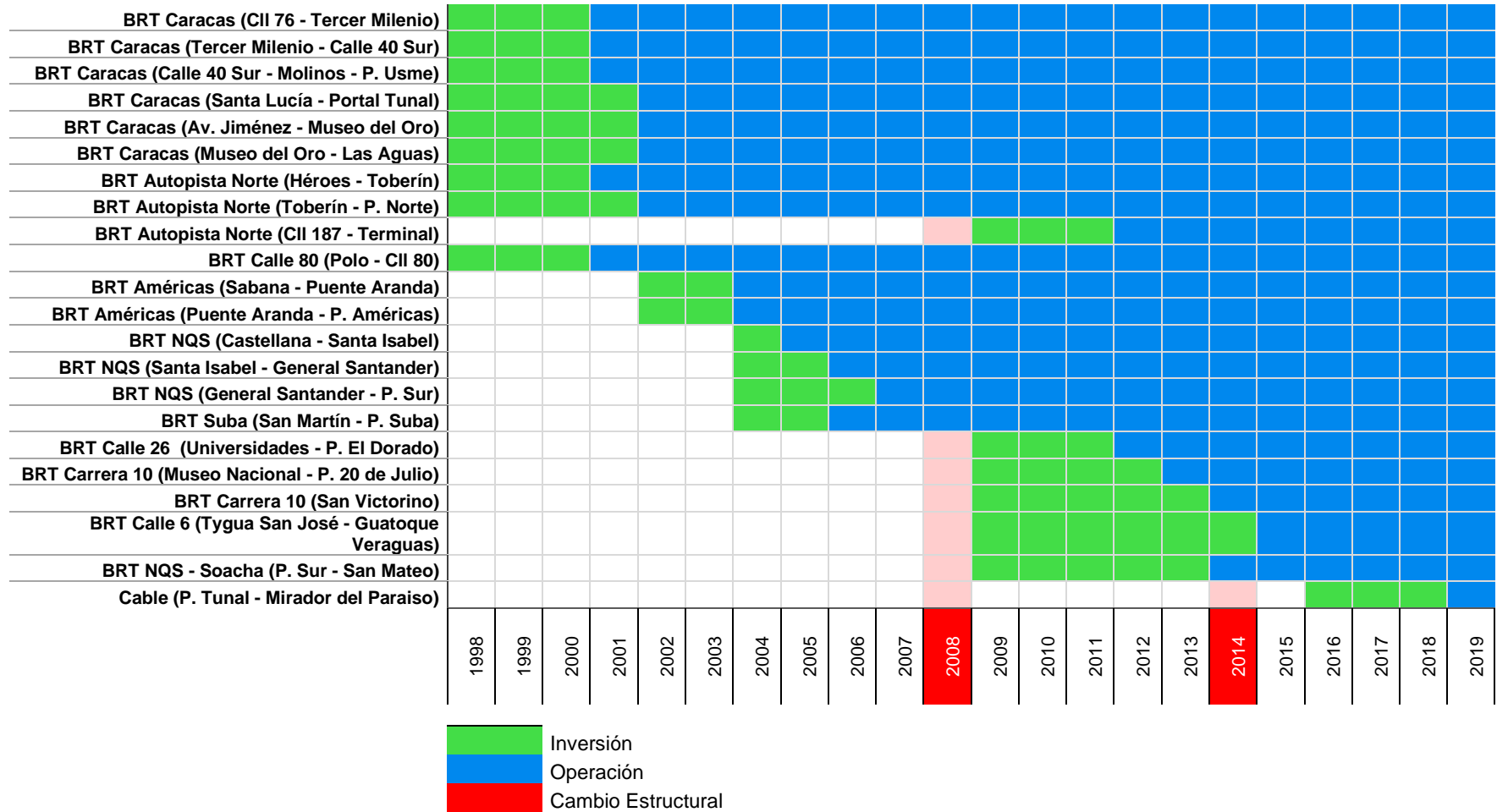
Gráfica 4-6. Cambios Estructurales serie Validaciones/Longitud SITM de Bogotá



Fuente: Elaboración Propia a partir de validaciones suministrada por Transmilenio S.A.

Por otro lado, en la **Figura 4-1** se presenta la línea de proyecto de todo el SITP de Bogotá, en donde se identifican los periodos en donde se realizan las inversiones y la entrada en operación de cada una de las troncales del SITM de Bogotá (BRT) y su componente alimentador (Cable). En color verde se indican los periodos en donde se ejecutaron las inversiones de cada una de las troncales. En color verde indican los años en los que ha operado el tramo o troncal.

Figura 4-1. Línea de Proyecto Sistema Integrado de Transporte (SITP) de Bogotá



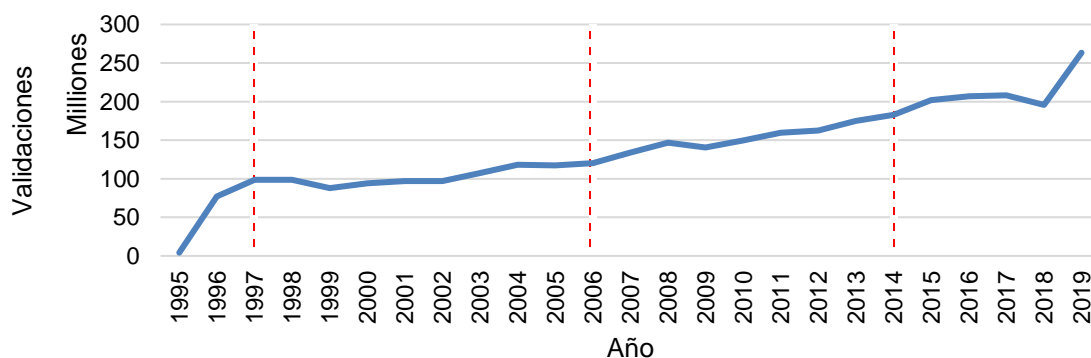
Fuente: Elaboración propia.

Al comparar el resultado del análisis de cambios estructurales (**Gráfica 4-6**) con el esquema de la **Figura 4-1**, se encuentra que el primer cambio estructural, identificado en el año 2008, se produce luego de dos años de la entrada en operación las troncales de la Fase I (Autopista Norte, Caracas y Calle 80) y de la Fase II (Américas, NQS y Suba) del Sistema Transmilenio, mientras que el segundo cambio estructural, identificado en el año 2014, se produce en el mismo periodo en el que termina de entrar en operación la fase III (Calle 26, Carrera 10 y Calle 6) del Sistema Transmilenio.

Por lo tanto, se puede decir que la implementación de nuevas troncales del SITM (Fases) han producido cambios importantes en las tendencias de demanda del SITM de Bogotá. La principal diferencia que se puede encontrar entre ambos cambios estructurales está relacionada con la cantidad de periodos en los que se ve reflejado el cambio por la ampliación de red del Sistema. En el 2008, la entrada en operación de la Fase II aumentó la cobertura del Sistema e incentivó un mayor crecimiento de la demanda dos años después, mientras que en el año 2014, la entrada de la Fase III volvió a aumentar la cobertura e incentivó un mayor crecimiento de la demanda de forma inmediata.

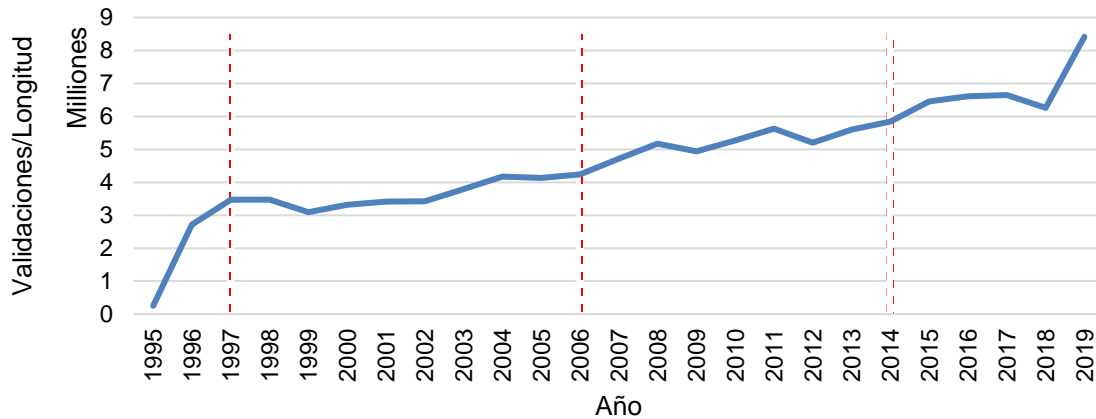
Por otro lado, al realizar el mismo análisis de Cambios Estructurales en las series de Validaciones (**Gráfica 4-7**) y de Validaciones/Longitud (**Gráfica 4-8**) del SITM de Medellín, se identifican tres cambios importantes de tendencia de las series en los años 1997, 2006 y 2014.

Gráfica 4-7. Cambios Estructurales Serie Validaciones SITM de Medellín



Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de validaciones suministrados por la empresa Metro de Medellín.

Gráfica 4-8. Cambios Estructurales Serie Validaciones/Longitud SITM de Medellín.



Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de validaciones suministrados por la empresa Metro de Medellín.

En la **Figura 4-2** se presenta la línea de proyecto de todo el Sistema Integrado de Transporte de la ciudad de Medellín, en donde se identifican los periodos en donde se realizan las inversiones y la entrada en operación de cada una de las líneas del SITM de Medellín (Tren Urbano) y sus componentes alimentadores (Cable, Tranvía y BRT). Al igual que en la **Figura 4-1**, en color verde se indican los periodos en donde se ejecutaron las inversiones de cada una de las troncales y en color verde se indican los años en los que ha operado el tramo o troncal.

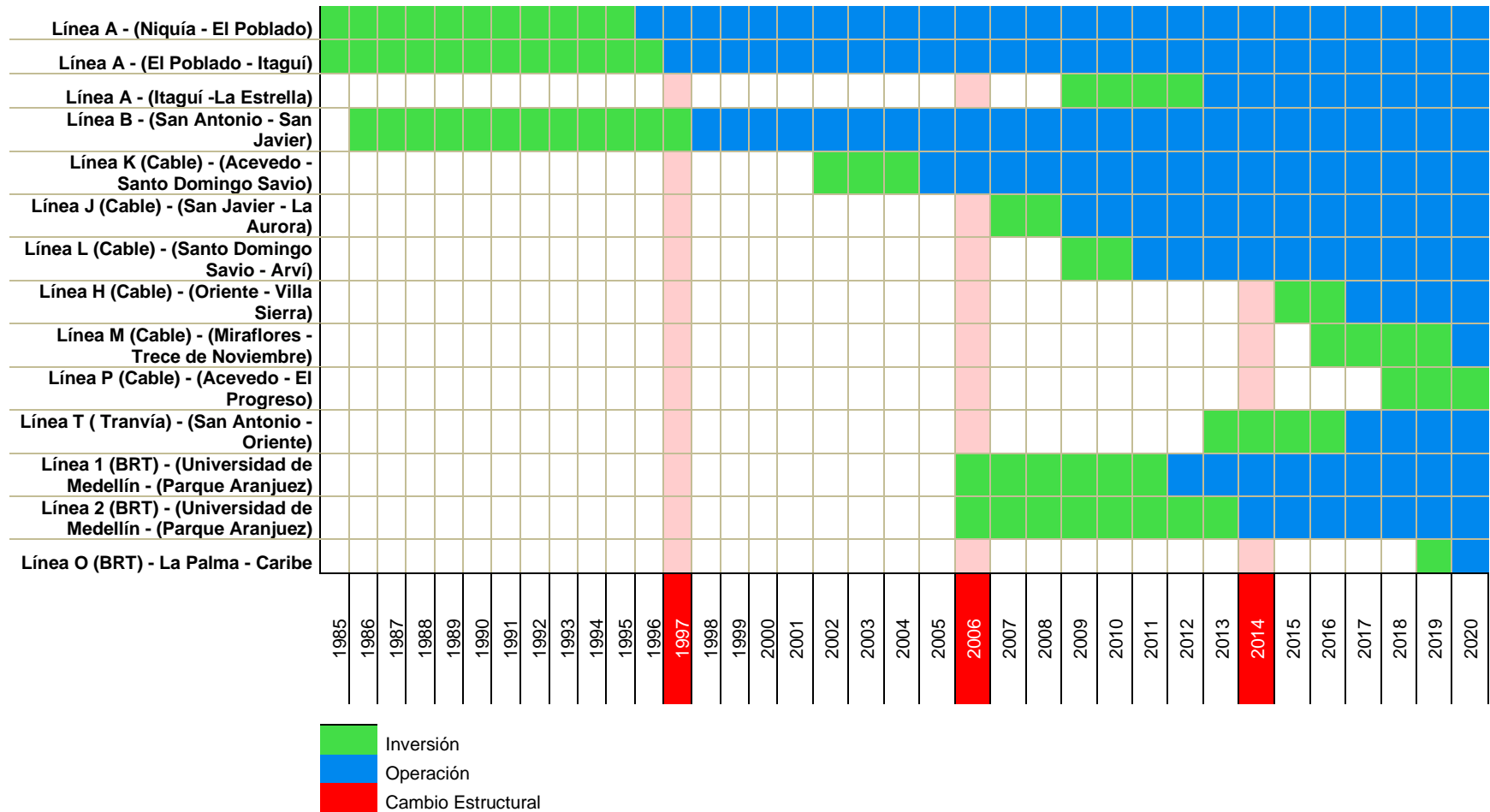
Al comparar el resultado del análisis de cambios estructurales de la demanda del SITM de Medellín (**Gráfica 4-8**) con la evolución del SITP de la ciudad (**Figura 4-2**), se encuentra que el primer cambio estructural (1997), se presenta en el momento en el que entra en operación la línea B del Metro de Medellín. El segundo cambio estructural (2006), corresponde con la entrada en operación de las líneas B y K del Metro Cable de Medellín, mientras que el tercer cambio estructural (2014), se produce tras varios acontecimientos importantes, primero se realiza la extensión de la Línea A del Metro de Medellín hasta el municipio de La Estrella, segundo entran en operación las líneas J y L del Metro Cable de Medellín, y tercero entran en operación las líneas 1 y 2 del Metroplus (BRT).

Por lo tanto, se puede decir que el primer cambio estructural corresponde a un aumento de cobertura por parte del Sistema, mientras que el segundo y el tercer cambio de la estructura de la serie corresponden a un aumento de la alimentación del Sistema, sin necesidad de realizar un aumento de la capacidad operacional o aumento de la cobertura de la red.

De acuerdo con la **Gráfica 4-8**, en el año de 1997 el indicador Validaciones/Longitud recoge el aumento en la cobertura del Sistema que se generó a partir de la puesta en marcha de la Línea B del Metro de Medellín (1996). Se puede observar que la capacidad adicional no tuvo respuesta inmediata de la demanda y que por lo tanto la tendencia de crecimiento que traía el Sistema consigo durante los primeros años de operación disminuyó. Sin embargo, en los años de 2006 y 2014, el SITM de Medellín aumentó la tendencia de su función de demanda de forma importante, puesto que tuvo la capacidad de absorber la demanda adicional proveniente de los nuevos Sistemas de Alimentación.

Por lo tanto, al comparar los SITM de Bogotá y Medellín se puede decir que, mientras en el SITM de Bogotá los cambios en las tendencias de demanda del Sistema probablemente obedecieron o pudieron estar relacionados a la ampliación de la cobertura de la red del Sistema Transmilenio; en Medellín, los cambios en las tendencias de demanda del Sistema obedecieron o estuvieron relacionados al aumento de pasajeros provenientes de los Sistemas de alimentación, sin la necesidad de realizar un aumento en la capacidad operacional del Sistema ni en la cobertura de la red troncal. No obstante, estos cambios en las tendencias de evolución de los SITM en términos de demanda de los SITM pueden estar relacionados e incluso estar explicados por múltiples factores de tipo político, económico, social, entre otros.

Figura 4-2. Línea de Proyecto Sistema Integrado de Transporte de Medellín



Fuente: Elaboración Propia

4.3 Análisis estructural de las series históricas de demanda de los SITM de Bogotá y Medellín.

El estudio de las posibles relaciones causales entre la Demanda de Usuarios de los SITM y el Crecimiento Económico de las ciudades de Bogotá y Medellín se realiza a partir de la implementación de un modelo econométrico de series de tiempo de Vectores Auto Regresivos (VAR). Por medio de este modelo, se puede identificar el tipo y sentido de la causalidad entre las series de tiempo. Así mismo, se establecen análisis de Impulso – Respuesta, en donde se analizará la posible respuesta que presente la demanda de cada uno de los SITM ante un impulso en la economía de las ciudades de Bogotá y Medellín.

En esta sección, la demanda de pasajeros se expresa de nuevo mediante las series de tiempo de “Validaciones” y “Validaciones/Longitud”, mientras que el crecimiento económico de los Sistemas se expresa en términos de “PIB” y “PIB per Cápita”. Estas dos últimas series, se presentan en términos constantes al año 2015 y seguirán representando el agregado de los PIB de los municipios en donde operan de los SITM de Bogotá y Medellín.

De acuerdo con la teoría de series de tiempo¹⁵, es importante comprobar que la distribución y parámetros de la serie sean invariables a lo largo del tiempo, antes de modelarla es decir que sean las series estacionarias. Es deseable cumplir con esta condición para facilitar la implementación del modelo VAR y mejorar sus resultados.

La estacionariedad de las series de tiempo se puede comprobar mediante la aplicación de la prueba de estacionariedad aumentada de Dickey – Fuller utilizando el software estadístico RStudio. Como resultados de esta prueba se encontró que las series de Demanda y Crecimiento Económico de los SITM de Bogotá y Medellín No Cumplen con las condiciones de estacionariedad. Por lo tanto, se aplican segundas diferencias sobre las series originales para lograr que todas las series Cumplan con esta condición.

Luego de que se han obtenido las series estacionarias, se realiza la prueba de causalidad de Granger. Esta prueba busca identificar si existe algún tipo de causalidad entre dos series de tiempo y si esta posible causalidad se presenta de manera unidireccional o

¹⁵ Capítulo Econometría de Series de Tiempo. Gujarati, D., & Porter, D. (2010). Econometría (McGraw-Hill Interamericana de España S.L, Ed.; 5th ed., Vol. 1).Parte 4.

bidireccional entre ambas series. Para interpretar los resultados de la prueba de causalidad de Granger, se establece una prueba de hipótesis, en donde la *Hipótesis Nula (Ho)* indica que no hay causalidad entre las series de tiempo, mientras que la *Hipótesis Alternativa (Ha)* indica que si hay causalidad entre las series de tiempo. De acuerdo con la prueba de Granger, la Ho se rechaza cuando el estadístico P-Valor es menor a 0.05. Es decir, se rechaza la Ho con un nivel de confianza del 95%.

De acuerdo con lo anterior, en la **Tabla 4-1** se observan los resultados de la prueba de causalidad Granger entre la Demanda de los SITM y el crecimiento económico de Bogotá. Como resultado se identifica una relación causal unidireccional en el sentido de Granger entre la serie de Validaciones/Longitud las series de PIB y PIB per Cápita de Bogotá con dos periodos de rezago.

En el estricto sentido de interpretación de la prueba, esto significa que la Demanda del SITM de Bogotá, puede causar el Crecimiento Económico de Bogotá y Soacha después de dos periodos (años) de rezago, pero en el sentido contrario, no se encuentra la misma relación causal. Sin embargo, este resultado no se puede entender directamente como una relación causal, puesto que el PIB es una variable macroeconómica y las Validaciones es una variable microeconómica, y por lo tanto esta última no tiene la capacidad de generar por si sola un efecto causal en el crecimiento económico de la ciudad.

Tabla 4-1. Resultados Prueba de Causalidad de Granger SITM Bogotá

Rezago 2 (Valor - P)	Validaciones	PIB SITM (cte 2015)	Validaciones/Longitud	PIB per cápita SITM (cte 2015)
Validaciones		0,99	0,79	0,99
PIB SITM (cte 2015)	0,11		0,01	0,79
Validaciones/Longitud	0,08	0,82		0,83
PIB per cápita SITM (cte 2015)	0,11	0,64	0,02	

Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio.

Por otro lado, en la **Tabla 4-2** se observan los resultados de la prueba de causalidad Granger entre la Demanda de los SITM y el crecimiento económico de Medellín. Como resultado principal se identifica una relación causal unidireccional en el sentido de Granger de las series de PIB y PIB per Cápita del SITM de Bogotá con las series de Validaciones y Validaciones/Longitud con un periodo de rezago.

Tabla 4-2. Resultados Prueba de Causalidad de Granger SITM Medellín

Rezago 1 (Valor - P)	Validaciones	PIB SITM (cte 2015)	Validaciones/Longitud	PIB per cápita SITM (cte 2015)
Validaciones		0,03	0,25	0,03
PIB SITM (cte 2015)	0,80		0,72	0,56
Validaciones/Longitud	0,07	0,02		0,02
PIB per cápita SITM (cte 2015)	0,80	0,53	0,72	

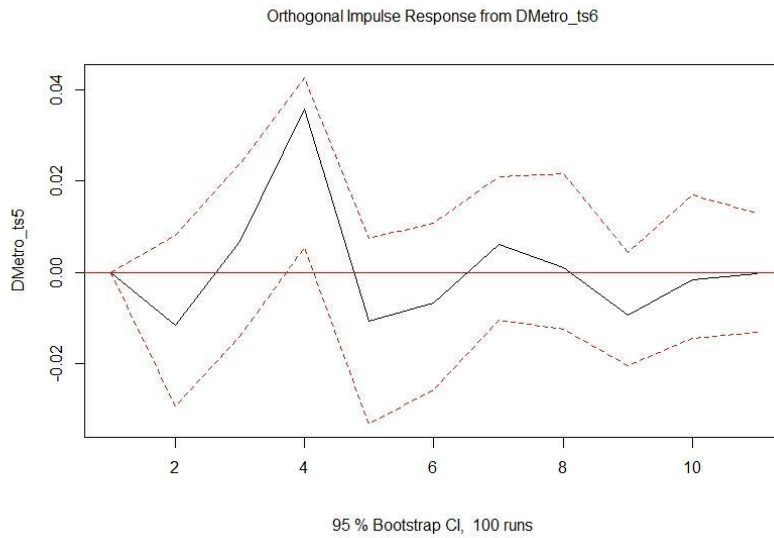
Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

Se observa que el crecimiento económico de Medellín y los otros municipios en donde opera el SITM de Medellín, se ve reflejado en el comportamiento de la demanda del Sistema. Por el contrario, las variaciones en la demanda de los Sistemas, no se ven reflejados en el crecimiento económico de las ciudades.

Al comparar los resultados de los dos Sistemas, se encuentra que el crecimiento económico de las ciudades se ve reflejado en el desarrollo de los SITM de Medellín, mientras que en el caso del SITM de Bogotá no observa la misma relación causal. Este resultado fortalece la idea de que la demanda del SITM de Bogotá se encuentra limitada por la capacidad del Sistema y que por lo tanto no tiene la capacidad de reflejar el crecimiento de las ciudades, mientras que el SITM de Medellín si ha tenido la capacidad de reflejar el crecimiento de las ciudades en donde opera el SITM con un año de rezago.

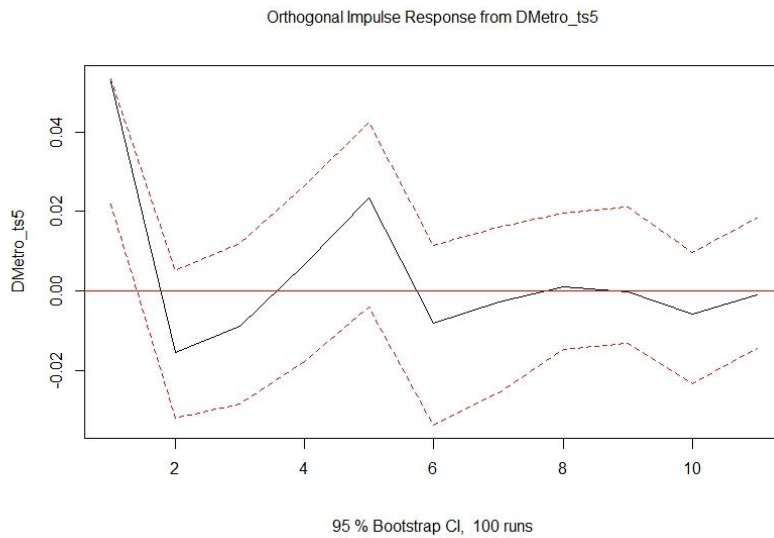
Finalmente, se presentan las funciones de Impulso – Respuesta para el caso del SITM de Medellín. En la **Gráfica 4-9** se observa la respuesta que presentará la demanda del Sistema ante un impulso positivo del PIB per Cápita de la ciudad de Medellín. Se observa que, al corto plazo, con algún periodo de rezago, el impulso del crecimiento económico de la ciudad puede causar un aumento importante en la demanda del SITM aunque no será persistente. Por otro lado, en la **Gráfica 4-10** se observa la respuesta que puede tener la Demanda del SITM a un impulso positivo sobre la propia Demanda. En este caso se identifica que el impulso produce un aumento inmediato en la demanda del Sistema.

Gráfica 4-9. Respuesta de la Demanda del SITM ante un impulso en el PIB per Cápita de Medellín



Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

Gráfica 4-10. Respuesta de la Demanda del SITM ante un impulso de la misma Demanda del SITM de Medellín



Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

4.4 Pronóstico de demanda futura de los SITM de Bogotá y Medellín

Por último, con el propósito de analizar las tendencias futuras de la Demanda los SITM de Bogotá y Medellín, se realizan algunos pronósticos de las series de tiempo de Demanda de usuarios de los SITM. Para ello se vuelven a utilizar las series de tiempo de Validaciones y Validaciones/Longitud, y se emplean algunos modelos univariados de series ARIMA para generar los pronósticos de las Series de Demanda a partir de los datos de los periodos pasados (AR) y errores aleatorios (MO).

Al igual que se realizó con la implementación del modelo VAR, el primer paso para desarrollar el modelo ARIMA es verificar que las series de tiempo cumplan con las condiciones de estacionariedad. Como ya se ha verificado anteriormente por medio de la prueba de Dickey – Fuller, las series de Validaciones y Validaciones/Longitud no son estacionarias. Por lo tanto, es necesario transformar y diferenciar las series hasta cumplir con la condición de estacionariedad antes de emplear las series para estimar el modelo ARIMA.

Como resultados de la estimación del modelo ARIMA en el software Rstudio para la Demanda del SITM de Bogotá se encontró que, el modelo que más se ajusta a la serie de Validaciones está conformado por 1 autorregresivo (AR), 1 integrado (I) y 1 media móvil (MA) (**Gráfica 4-11**), mientras que el modelo que más se ajusta a la serie de Validaciones/Longitud está conformado por AR = 1, I = 1 y MA = 0 (**Gráfica 4-12**). En el caso del SITM de Medellín se encontró que, el modelo que más se ajusta a la serie de Validaciones está conformado por AR = 0, I = 1 y MA = 0 (**Gráfica 4-13**), mientras que el modelo que más se ajusta a la serie de Validaciones/Longitud está conformado por AR = 0, I = 1 y MA = 0 (**Gráfica 4-14**).

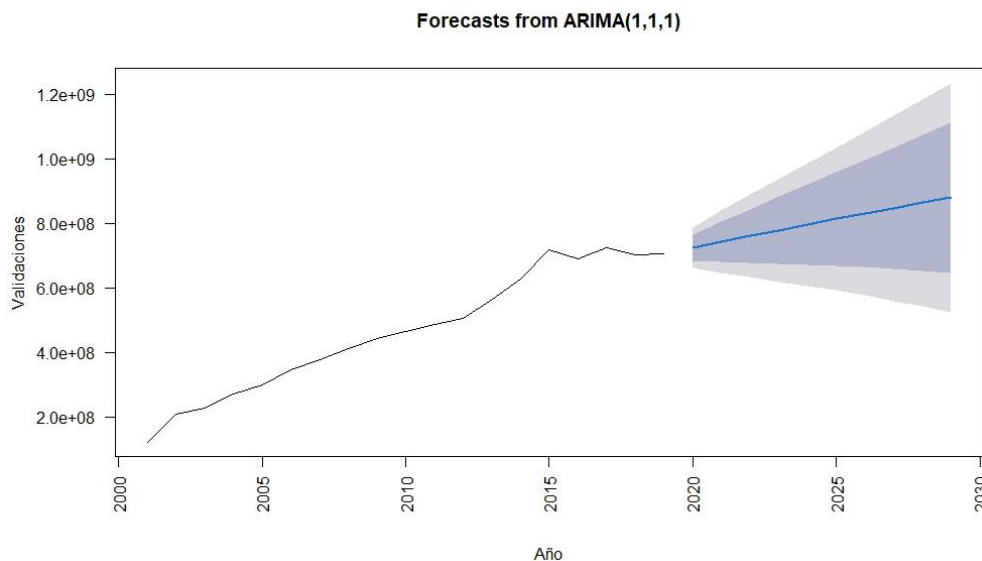
En los cuatro casos, se verificaron las significancias de los modelos comprobando la existencia de “*Ruido Blanco*”, mediante la prueba de Ljung-Box. Es decir, las series que genera cada uno de los modelos presentan media igual a cero, varianza constante y no se encuentran autocorrelacionadas.

A continuación, se presentan los pronósticos de las series de Validaciones y Validaciones/Longitud de los SITM de Bogotá y Medellín. En todos los casos, los pronósticos se estimaron las series para los próximos 10 años. Los pronósticos se estimaron con un nivel de confianza estadística de 80% (Azul Oscuro) y 95% (Azul Claro).

Como resultados se encuentra que, la demanda del SITM de Bogotá en términos de Validaciones tenderá a crecer, mientras que la relación entre Demanda y Extensión de la red en términos de Validaciones/Longitud tenderá a permanecer constante. Mientras que en el caso del SITM de Medellín, tanto la Demanda como la relación entre Demanda y Extensión de la red de Metro tenderán a permanecer constantes en ambos casos. Lo anterior manteniendo el supuesto de las condiciones de operación y la tasa de crecimiento de las redes de los SITM se mantienen iguales para los próximos años.

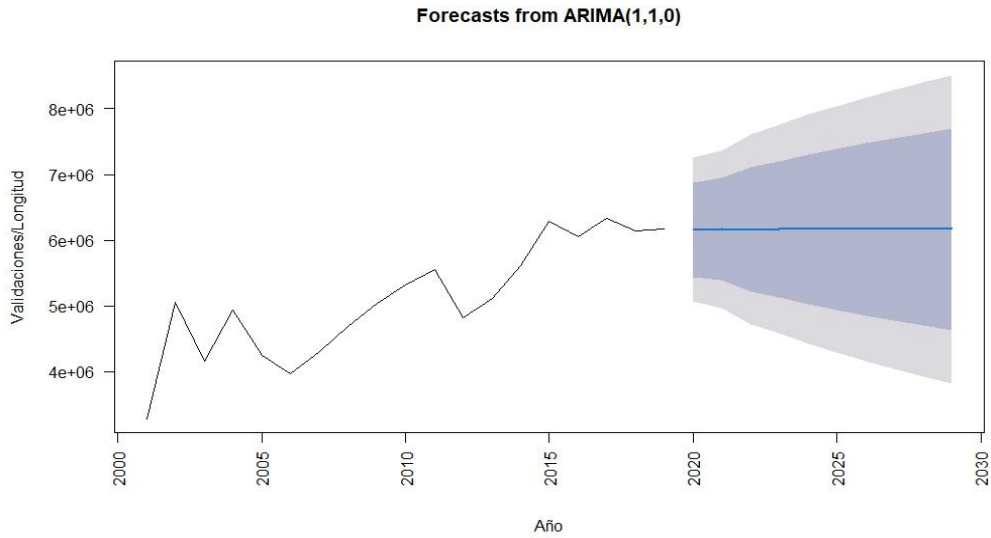
Sin embargo, teniendo en cuenta los niveles de confianza con los que se estimaron los pronósticos, es probable que en un escenario positivo la demanda de los SITM de ambas ciudades crezca durante los próximos años, o que en un escenario negativo su crecimiento sea negativo.

Gráfica 4-11. Pronóstico de la Demanda “Validaciones” SITM de Bogotá (ARIMA)



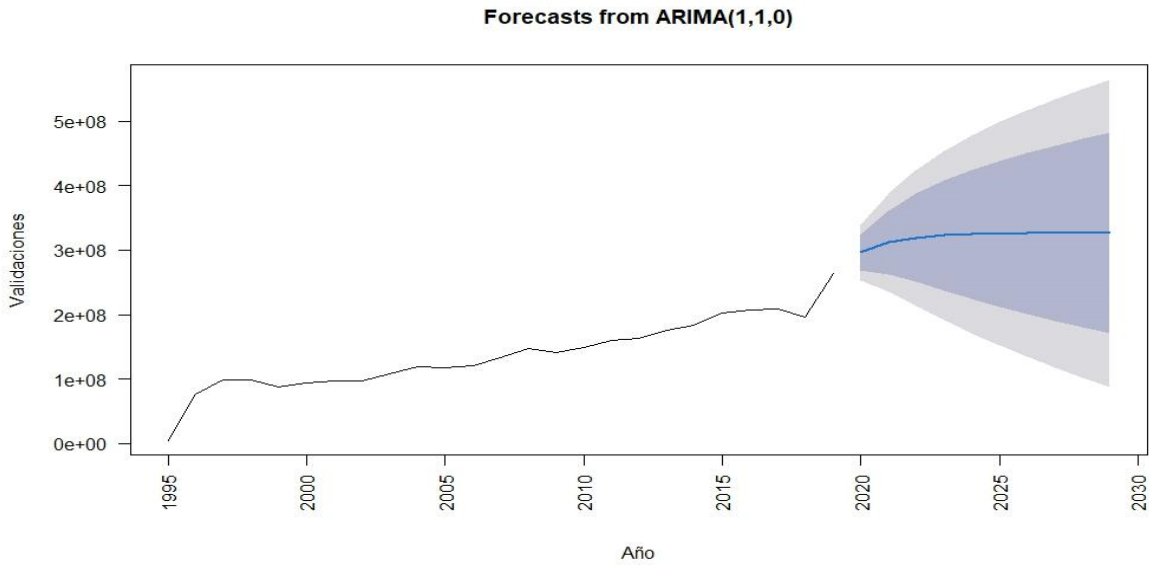
Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

Gráfica 4-12. Pronóstico de la Demanda "Validaciones/Longitud" SITM de Bogotá (ARIMA)



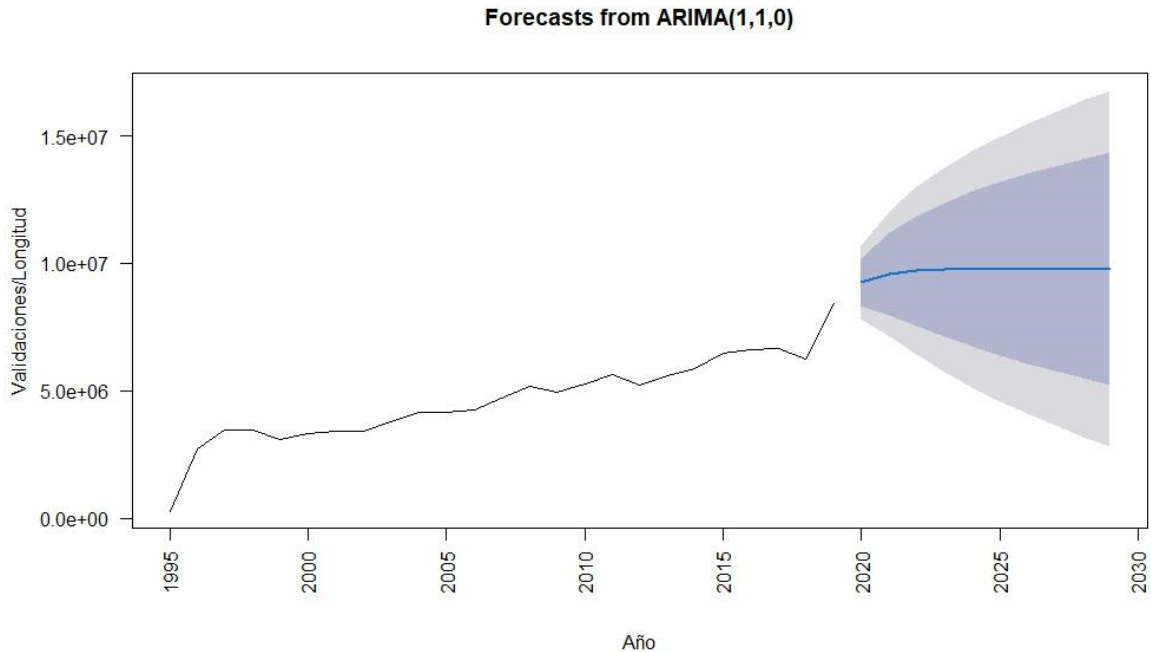
Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

Gráfica 4-13. Pronóstico de la Demanda "Validaciones" SITM de Medellín (ARIMA)



Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

Gráfica 4-14. Pronóstico de la Demanda "Validaciones/Longitud" SITM de Medellín (ARIMA)



Fuente: Elaboración Propia por medio del software Rstudio

4.5 Principales resultados

Como principales resultados del capítulo se encuentra que, en términos de crecimiento de la demanda, el SITM de Medellín ha permitido que haya crecido sin que dependa de un aumento de la longitud del Sistema de Tren Urbano, mientras que, en el SITM de Bogotá, basado en buses tipo BRT limita el crecimiento de la demanda en términos del tamaño del Sistema.

En el mismo sentido, desde el punto de vista de la función de producción del servicio de transporte, se encuentra que el SITM de Medellín ha sido concebido con una capacidad inicial que le permite responder a la demanda sin tener que modificar por el momento algunos factores de producción, es decir se encuentra en el corto plazo de su operación, mientras que el SITM de Bogotá ya ha tenido que modificar todos sus factores de producción para atender la demanda de usuarios del Sistema, por lo tanto, a pesar de ser

un sistema más reciente ya se encuentra en el largo plazo de su operación, y su capacidad limita la demanda de usuarios.

A partir del análisis estructural de las series de demanda de los SITM, se encuentra que en el caso del SITM de Bogotá, los principales cambios en las tendencias de demanda pueden estar asociados al aumento de la cobertura del Sistema mediante la implementación de nuevas troncales de Transmilenio. Mientras que en el caso del SITM de Medellín, los principales cambios de tendencia de la Demanda pueden estar asociados al fortalecimiento de los Sistemas alimentadores.

El crecimiento económico de la ciudad de Medellín en términos de PIB y PIB per cápita se puede explicar y se ve reflejado en el desarrollo del sistema Metro de Medellín en términos de cantidad de viajes y su respectivo crecimiento en el tiempo, mientras que el crecimiento económico de la ciudad de Bogotá no se ve explicado ni reflejado por la evolución del sistema BRT – Transmilenio.

5. Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se establecen las principales conclusiones derivadas de la investigación, acompañadas de recomendaciones orientadas hacia futuras investigaciones.

5.1 Conclusiones

A partir de los resultados de la evaluación económica es posible concluir que los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de las ciudades de Bogotá y Medellín son sistemas que, aun cuando se reconocen en la categoría de transporte masivo urbano, en la práctica de su implementación y a lo largo de la operación, son proyectos muy diferentes al momento de generar los beneficios en una perspectiva de evaluación económica, en particular desde las perspectivas de transporte, urbana e institucional.

El SITM de Bogotá es un sistema basado en buses de tipo BRT que requiere de menores inversiones iniciales y menores plazos de construcción para su implementación que el SITM de Medellín. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de los análisis de hechos estilizados y econométricos, es posible que la capacidad del sistema se encuentre limitada por la capacidad de los buses y la infraestructura de transporte.

Se evidencia que la demanda del SITM de Bogotá se ha podido ver limitada por dos vías. Por un lado, la demanda agregada del sistema se ha podido ver limitada por la expansión de la red en términos de longitud. Es decir, si se hubiese cumplido con la construcción de las troncales previstas en el CONPES 3093 del 2000, el sistema tendría mayor demanda agregada. Por otro lado, la capacidad de cada una de las líneas se ha podido ver limitada por las capacidades operacionales del sistema en términos de tecnología de operación e infraestructura, lo cual podría llegar a explicar que el horizonte de operación se haya tendido a limitar al corto - mediano plazo (5 – 10 años).

De acuerdo con los resultados de la evaluación de impacto urbano y considerando la limitación de la información disponible sobre la variación de los precios del suelo en las ciudades de Bogotá y Medellín durante los años en los que han operado los SITM, se encuentra que posiblemente el desarrollo del SITM de Bogotá no ha logrado reflejar el crecimiento económico de la ciudad de Bogotá. Este hecho ha podido implicar un deterioro en las condiciones de operación del SITM que posiblemente se verían reflejadas en la disminución de los beneficios y el aumento de los costos económicos.

Por el contrario, el SITM de Medellín, es un sistema basado en trenes de tipo Metro que requiere de mayores inversiones iniciales y mayores plazos de construcción para su implementación que el SITM de Bogotá. Esto ha permitido que, probablemente capacidad agregada del SITM de Medellín aún no se haya visto limitada por la expansión de la red en términos de longitud.

Por otro lado, la mayor capacidad tecnológica de operación de los trenes y la capacidad de la infraestructura del SITM de Medellín, han significado la necesidad de asumir en unos costos de inversión superiores a las del SITM de Bogotá, sin embargo, ha permitido que la capacidad de cada una de las líneas sea mayor que las troncales del SITM de Bogotá y por lo tanto opere a un mayor horizonte de operación.

En ese sentido, se evidencia que el SITM de Medellín es un proyecto con un horizonte de operación de largo plazo (más de 20 años), que posiblemente aún no ha logrado alcanzar su punto crítico máximo de demanda y cuyo desarrollo ha tendido a reflejar el crecimiento económico de la ciudad de Medellín. Esto posiblemente ha implicado una mejora en las condiciones de operación del SITM que se podrían ver reflejadas en el aumento de los beneficios y la disminución de los costos económicos.

- **La tecnología operacional e infraestructura de transporte como determinante de los Costos y Beneficios de los SITM de Bogotá y Medellín.**

Se identifica que la implementación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de las ciudades de Bogotá y Medellín han generado costos y beneficios económicos desde la perspectiva de transporte asociados a las condiciones de movilidad de las personas.

En ambos casos, los beneficios negativos o costos económicos se encuentran más relacionados con el aumento del precio del transporte para los usuarios vía tarifa debido al cambio del Transporte Público Colectivo Tradicional (TPC) al SITM. Sin embargo, si bien es cierto que esto ha generado un aumento en los costos directos de los usuarios, es posible que el precio generalizado del servicio de transporte haya disminuido mediante una reducción de los costos indirectos y no monetarios del transporte como lo son el tiempo y el nivel de servicio.

Así mismo, ambos SITM los beneficios positivos se encuentran más relacionados con los ahorros de tiempo que han obtenido los usuarios a partir de la implementación de los SITM. En este aspecto se evidencia que las condiciones actuales han mejorado las condiciones de bienestar de los usuarios de los SITM, independientemente de la tecnología en la cual se encuentren basados, es decir que tanto el BRT como el Metro han sido más eficientes en términos de ahorro de tiempo que los buses tradicionales del TPC.

Por el contrario, la diferencia en la capacidad tecnológica y la infraestructura entre el SITM de Bogotá y el de Medellín posiblemente ha dado lugar a diferentes niveles de calidad de los SITM, medidos a partir de los niveles de percepción de los usuarios, generando en consecuencia una diferencia en los costos y beneficios asociados. Mientras que el SITM de Medellín, con su mayor capacidad, ha permitido generar beneficios para los usuarios, el SITM de Bogotá, con una capacidad menor, ha generado al corto plazo más costos que beneficios en cuanto a la percepción declarada por los usuarios.

- **Sobre los impactos urbanos generados por los SITM de Bogotá y Medellín.**

A partir de los resultados de la aplicación del modelo de Diferencias en Diferencias es posible concluir que la implementación de los SITM ha generado impactos urbanos positivos y negativos en las ciudades de Bogotá y Medellín. Estos impactos pueden llegar a representar algunos de los beneficios y costos económicos urbanos indirectos generados por cada uno de los SITM en las ciudades en donde se encuentran operando.

Los impactos urbanos generados por la implementación de la infraestructura necesaria para la operación de los SITM de Bogotá y Medellín han sido diferentes. A nivel general, considerando las limitaciones de información disponible, se encuentra que el SITM de Bogotá ha mostrado una tendencia a afectar de manera negativa los precios del suelo en

los predios que se encuentran en su área de influencia directa, es decir que ha generado más costos que beneficios económicos urbanos durante su etapa de operación, mientras que a nivel agregado el SITM de Medellín ha tendido a producir impactos positivos en los avalúos comerciales de los predios ubicados en su área de influencia directa, es decir que ha posiblemente ha generado más beneficios que costos económicos urbanos durante su etapa de operación. No obstante, es importante tener en cuenta que el número de datos que se encontraban disponibles para ingresar al modelo de Diferencias en Diferencias ha sido limitado y por lo tanto el análisis se limita a la comparación de las tendencias entre ambas ciudades y posiblemente no sea representativo en cuanto a la magnitud de los impactos.

Por lo tanto, es posible llegar a pensar que el tipo de tecnología e infraestructura adoptada por el SITM de Medellín probablemente ha permitido que las estaciones y líneas del SITM se hayan adaptado de mejor manera a las dinámicas territoriales y de movilidad de la ciudad de Medellín, generando mejores resultados en términos de impactos y posibles beneficios económicos para la sociedad, en comparación con el SITM de Bogotá.

- **El modelo institucional público podría llegar a ser más eficiente que el modelo institucional mixto.**

Desde la perspectiva institucional, logró realizar una aproximación de la identificación, estimación y valoración económica de los costos y beneficios asociados a la implementación de los SITM en las ciudades de Bogotá y Medellín. Los resultados de la evaluación permiten llegar a tener una primera evidencia de que el modelo institucional público del SITM de Medellín posiblemente ha sido económicamente más eficiente, en términos de ingresos y costos de operación, que el modelo institucional mixto del SITM de Bogotá.

En términos de la economía del bienestar, es posible concluir que el SITM de Medellín posiblemente ha logrado generar un mayor excedente del productor que el SITM de Bogotá. Esto ha permitido que el SITM de Medellín haya tendido a generar mayores beneficios positivos, registrando mayores ingresos que costos operacionales durante los últimos años. Por el contrario, en el SITM de Bogotá la tendencia se mantiene

opuesta, de tal manera que el SITM ha pasado de presentar una eficiencia económica durante los primeros años de su operación, a presentar una eficiencia económica negativa, debido a que sus costos han superado sus ingresos operacionales.

El bienestar social generado por un proyecto de SITM se debe optimizar principalmente a partir del excedente del consumidor, sin embargo, los resultados de la evaluación reflejan que, cuando el modelo y la estructura institucional es pública, la optimización del excedente del productor permite que estos beneficios se vean reflejados también en los beneficios asociados a los componentes no monetarios del SITM, como lo son la calidad del servicio y el ahorro de tiempo de los usuarios.

- **El crecimiento económico urbano de las ciudades se puede explicar y ver reflejado en el desarrollo de su SITM, siempre y cuando sus niveles de capacidad lo permitan.**

El desarrollo económico de las ciudades en términos de PIB se ha visto reflejado de forma diferente en el desarrollo de los SITM de Bogotá y Medellín en términos cantidad de viajes. El crecimiento económico de la ciudad de Medellín en términos de PIB y PIB per cápita se puede explicar y se ve reflejado en el desarrollo del sistema Metro de Medellín en términos de cantidad de viajes y su respectivo crecimiento en el tiempo, mientras que el crecimiento económico de la ciudad de Bogotá no se ve explicado ni reflejado por la evolución del SITM, y por lo tanto posiblemente el SITM no responda a los impulsos generados por el crecimiento económico de la ciudad.

Se encuentra la tendencia de que el PIB de Bogotá posiblemente incorpora los cambios de demanda del SITM pero con dos años de rezago. Sin embargo, esto no se puede entender en el estricto sentido como un impulso respuesta ya que el PIB es una variable macroeconómica, mientras que la demanda de los Sistemas es una variable muy específica (microeconómica) que claramente no tiene la capacidad de generar la causalidad al crecimiento económico. Surge por ello una pregunta y es por qué el PIB toma dos años de diferencia para incorporar los cambios de la demanda del Sistema. Esta pregunta requeriría de mucho más análisis para tratar de entender cómo el PIB recoge los cambios en la movilidad.

En términos de crecimiento de la demanda, el SITM de Medellín basado en trenes ha crecido sin que dependa de un aumento de la longitud de la red de infraestructura, mientras que en el SITM de Bogotá basado en buses rápidos (BRT) limita el crecimiento de la demanda en términos del tamaño del Sistema.

Desde el punto de vista de la función de producción del servicio de transporte, se encuentra que el SITM de Medellín ha sido concebido con una capacidad inicial que le permite responder a la demanda sin tener que modificar por el momento los factores de producción asociados a la infraestructura en términos de longitud, es decir se encuentra en el corto plazo de su operación, mientras que el SITM de Bogotá ya ha tenido que modificar todos sus factores de producción para atender la demanda de usuarios del Sistema, por lo tanto, a pesar de ser un sistema más reciente ya se encuentra en el largo plazo de su operación, y su capacidad limita la demanda de usuarios.

De acuerdo con las tendencias históricas de crecimiento de la demanda de los SITM, en los próximos años el SITM de Medellín tenderá a mantener su nivel de demanda de pasajeros, mientras que el SITM de Bogotá probablemente presente una tendencia al no crecimiento de la demanda mientras no haya un aumento del tamaño de la red y la capacidad operacional (PAX) dentro de cada una de las líneas o troncales del Sistema.

A partir del análisis estructural de las series de demanda de los SITM, se encuentra que en el caso del SITM de Bogotá, los principales cambios en las tendencias de demanda pueden llegar a estar asociados al aumento de la cobertura del Sistema mediante la implementación de nuevas troncales de Transmilenio. Mientras que en el caso del SITM de Medellín, los principales cambios de tendencia de la demanda pueden llegar a estar asociados al fortalecimiento de los Sistemas alimentadores. Sin embargo, estos cambios estructurales en la evolución de la demanda de los SITM pueden estar relacionados o explicados por otros múltiples factores políticos, económicos o sociales que se podrían incluir en futuras investigaciones.

- **Definición y desarrollo de un Modelo de Evaluación Económica ex post comparativo entre dos SITM basados en diferentes tecnologías.**

A pesar de las notables diferencias entre los SITM de Bogotá y Medellín que se han revelado durante la investigación, particularmente en términos funcionales, operacionales, tecnológicos y de infraestructura, así como las limitaciones relacionadas con la disponibilidad y asimetría de la información, se ha logrado definir y desarrollar un modelo de evaluación económica ex post que ha permitido comparar y valorar cuantitativamente los costos y beneficios económicos generados por ambos SITM.

El modelo de evaluación económica ex post propuesto es un modelo adaptable, el cual es posible continuar ajustando mediante la incorporación de beneficios adicionales que sean considerados en futuras investigaciones, así como la replicabilidad del modelo para la evaluación económica comparativa entre otros SITM a nivel nacional, regional o global.

La implementación y complemento del modelo de evaluación ACB, con el modelo de evaluación de impacto DiD y de los análisis de causalidad de series de tiempo, ha permitido el desarrollo de una evaluación económica ex post de los SITM de Bogotá y Medellín innovadora, que incorpora a la perspectiva tradicional del Transporte, las perspectivas Urbana e Institucional, permitiendo ampliar la frontera del conocimiento en el campo de investigación.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable continuar desarrollando evaluaciones económicas de tipo ex post comparativas entre los proyectos de Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) que se han venido desarrollando en el país. Es importante que las evaluaciones se desarrollen mediante un enfoque multidimensional que permita estudiar los proyectos desde diferentes perspectivas tales como el transporte, lo urbano o lo institucional. Esto permitirá comprender mejor los diferentes proyectos que se han realizado en el país y contribuirá significativamente en la planificación de futuros y más eficientes proyectos de sistemas de transporte masivo en el país. En particular, en el análisis de alternativas de proyectos de transporte masivo que se encuentren basados en diferentes tipos de tecnología.

Se recomienda continuar estudiando e investigando desde la academia los modelos econométricos que permiten evaluar económicamente los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM). Es necesario continuar desarrollando investigaciones que permitan fortalecer el estado del conocimiento sobre las aproximaciones metodológicas para la estimación y valoración de costos y beneficios a partir de la teoría de económica del bienestar.

Es recomendable desarrollar estas investigaciones desde perspectivas diferentes al transporte, incorporando diversas variables urbanas como los precios del suelo o variables catastrales cuantitativas propias de cada uno de los predios, así como otros tipos de variables asociadas a las dimensiones ambientales o sociales propias de los sistemas o de las ciudades.

Se recomienda al Gobierno Nacional establecer lineamientos para el desarrollo de las evaluaciones económicas de tipo ex post en los Sistemas Integrados de Transporte Masivos del país. Esto con el propósito de que los resultados de las evaluaciones realizadas a diferentes proyectos sean comparables entre sí.

Se recomienda a los entes gestores de los SITM de Bogotá y de Medellín realizar estudios sobre los tiempos de viaje de los usuarios de cada uno de los sistemas. El desarrollo de estos estudios permitiría generar y actualizar la información sobre los tiempos de los

usuarios, de esta forma sería posible estimar y valorar de mejor forma los beneficios por ahorros de tiempo de los usuarios.

Se recomienda al ente gestor del SITM de Bogotá revisar los indicadores de niveles de satisfacción de los usuarios y percepción del nivel del servicio, dado que se evidencia una tendencia importante de la disminución del nivel satisfacción por parte de los usuarios, lo cual repercute de manera negativa en los resultados de la evaluación.

Es recomendable que los entes gestores de los SITM de Bogotá y Medellín fortalezcan la publicación de información en las plataformas de acceso público sobre variables operacionales que permitan la definición de líneas base y series de tiempo para futuros estudios de consultoría e investigaciones académicas.

Para futuras investigaciones se recomienda incorporar variables adicionales que permitan estimar otros beneficios desde las perspectivas del transporte, urbana e institucional analizadas en esta investigación u otras perspectivas como la ambiental con el propósito de continuar calibrando y fortaleciendo el modelo para el análisis de los SITM.

El alcance de la presente investigación se limitó al análisis de los componentes troncales, el BRT en Bogotá y el Metro en Medellín, por lo tanto, se recomienda incorporar a la evaluación económica los componentes alimentadores de los SITM de Bogotá y Medellín en futuras investigaciones.

Para futuras investigaciones se recomienda contrastar los resultados del análisis de cambio estructural de la evolución de los SITM de Bogotá y Medellín en términos de demanda de usuarios con otros factores relacionados con la política pública, factores económicos u otros factores sociales.

Bibliografía

Acevedo, J., Salazar, J. C., & Castañeda, W. (1993). El Metro de Medellín: Una Ilusión Costeada por todos los colombianos (FONADE & Instituto SER Investigación, Eds.; 1st ed., Vol. 1). FONADE.

Ardila, A. (2005). Cinco cuestionamientos y una recomendación a los autores del artículo "Una evaluación económica del Sistema Transmilenio." Revista de Ingeniería Universidad de Los Andes, 22, 152–162.

Arias, L. J. (2018). Evaluación económica de Sistemas Estratégicos de Transporte Público. Una visión multidimensional del Sistemas de Transporte Público de la ciudad de Montería.

BANISTER, D. Y LICHFIELD, N. (1995): Transport and Urban Development. "The Key Issues in Transport and Urban Development". En Banister D. y Lichfield, N. (eds.). E &FN Spon, London, p.1-17

Bernal, R., & Peña, X. (2011). GUÍA PRÁCTICA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO (Uniandes, Ed.; Primera Ed). Facultad de Ingeniería Uniandes.

Bocarejo, J. P., & Urrego, L. F. (2020). The impacts of formalization and integration of public transport in social equity: The case of Bogota. Research in Transportation Business and Management, August, 100560.

Button, K. (2010). Transport Economics (Edward Elgar Pub, Ed.; 3rd ed., Vol. 1).

Castro, R., & Mokate, K. (2003). Evaluación Económica Y Social De Proyectos De Inversión (ALFAOMEGA, Ed.; 2nd ed., Vol. 1). Universidad de los Andes.

CGR (2004). Contraloría General de la República. Análisis a la Reestructuración de la Deuda del Metro de Medellín con la Nación.

Chaparro, I. (2002). Evaluación del impacto socioeconómico del transporte urbano en la ciudad de Bogotá. El caso del sistema de transporte masivo, Transmilenio (CEPAL & Organizació de Naciones Unidas, Eds.; 1st ed., Vol. 1). CEPAL.

Chapin, F. S. (1955). URBAN TRAFFIC: A FUNCTION OF LAND USE. By Robert B. Mitchell and Chester Rapkin. New York: Columbia University Press, 1954. 226 pp. \$5.00. Social Forces, 33(4), 402–403. <https://doi.org/10.2307/2573023>

Correa Restrepo, J. S. (2017). Transporte y desarrollo urbano en Colombia: los tranvías de Bogotá y Medellín (Editorial CESA, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Editorial CESA. <https://doi.org/10.57130/CESA.9789588988108.9789588988092>

Correa, J. S., et al.,. (2017). El tranvía de Bogotá, 1882-1951. Revista de Economía Institucional, 19(36), 203. <https://doi.org/10.18601/01245996.v19n36.08>

Correa, J. S. (2021). URBANISMO Y TRANSPORTE: EL TRANVÍA DE MEDELLÍN (1919-1950).

Daniels, M. (2005). Sistemas de Transporte Masivo Instituciones, Políticas y Contratos. . In Sistemas de Transporte Masivo Instituciones, Políticas y Contratos. (1st ed., Vol. 1, pp. 185–2019).

De Rus, G., etl al.,. (2003). Economía del Transporte (Antoni Bosch). Antoni Bosch.

Delgado, L. C., & Fonseca Vivas, C. (1997). Evaluación ex post del metro de Medellín. Pontificia Universidad Javeriana.

DNP. (1982). CONPES 1885. Proyecto Metro de Bogotá.

DNP. (1998). CONPES 2999 Sistema del servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros de Santafé de Bogotá. Departamento Nacional de Planeación, 1–31.

DNP. (2000). CONPES 3093 Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros de Bogotá. Seguimiento. Departamento Nacional de Planeación, 43. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3093.pdf>

DNP. (2000). CONPES 3093 Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros de Bogotá. Seguimiento. Departamento Nacional de Planeación, 43. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3093.pdf>

DNP. (2014). Síntesis de Evaluación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de Colombia. 1–90. Departamento Nacional de Planeación.

Echeverry, J. C. et al. (2005). Una evaluación económica del Sistema TransMilenio. Revista de Ingeniería de La Universidad de Los Andes, 21, 68–77.

EMBARQ. (2009). Evaluación Ex-Post Sistema de Transporte Masivo de Bogotá, Fases I y II.

ETMVA (2007). Informe Corporativo 2007. Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá.

Gujaratí, D., & Porter, D. (2010). Econometría (McGraw-Hill Interamericana de España S.L, Ed.; 5th ed., Vol. 1).Parte 4.

Hernández Diaz, G. A. et al.(2019). Actualización de la estimación de los indicadores “Razón Precio–Cuenta.”

JICA. (1996). Estudio del Plan Maestro del transporte urbano en Santa Fé de Bogotá. Informe Final (Japan International Cooperation Agency). In Japan International Cooperation Agency (p. 549). Chodai Co.,Ltd.

Miranda, J. J. (2012). Gestión de Proyectos (M. MMEditores, Ed.; Séptima Ed).

Moncada, C. (2018). DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR IMPACT ASSESSMENT OF TRANSPORT POLICIES IN CITIES. Universidad de los Andes.

Mora Triana, J. C. (2018). Analizar para transformar: Estudio sobre la importancia de las estaciones de sistemas de transporte masivo en la transformación del espacio urbano en centralidades en formación. Caso de estudio: Estación Calle 100. Universidad Nacional de Colombia.

Mott, H., & Anderson International Ltda. (1979). Tren Metropolitano. Selección del sistema y su factibilidad técnica y económica .

North, D. C. (2012). Instituciones, cambio institucional y desempeño económico (4a ed.). México D.F.: Fondo de cultura económica.

Pachón, Á. (1991). Evaluación Ex Post del Metro de Medellín.

Rincón, W. L. (2018). Evolución de la Implementación de Sistemas Metro y BRT como ejes del Transporte Publico y el Desarrollo Urbano. (pp. 1–92).

Ruiz Rojas, C. A. (2015). METROPOLIZACIÓN DE LAS GRANDES CIUDADES EN COLOMBIA: Una aproximación desde las instituciones subnacionales y el desarrollo económico. Facultad de Economía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Ruiz Rojas, C. A. (2016). ¿METROS O BRT ? Del transporte público a la construcción de ciudad. Una mirada desde el caso de Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. ASIMUS. Evento ASIMUS.

Ruiz, C.A. (2018). Land Value Capture And Urban Development In Mass Transit Projects: The Land Management Case Of First Metro Line of Bogotá. Ponencia presentada en el ITEA Conference 2018. Hong Kong.

Ruiz Rojas, C. A. (2023). Notas de Clase Asignatura Economía del Transporte. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

SDP. (2014). Análisis de los arreglos institucionales para definir los hechos metropolitanos. Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá. www.sdp.gov.co

Steer Davies Glave. (1999). Diseño Técnico Operacional del Proyecto Transmilenio.

Stock, J. H., & Watson, M. M. (2012). Introducción a la Econometría (3rd ed., Vol. 1). PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Suzuki, H., Cervero, R., & Luchi, K. (2014). Transformando las ciudades con el transporte público: integración del transporte público (1st ed., Vol. 1).

Transmilenio S.A. (2003). Transmilenio: La Joya de Bogotá (Vol. 1).

Worsley, T. (2014). Ex-post Assessment of Transport Interventions and Policy Interventions. Roundtable Summary and Conclusions. OECD ITF, 1, 20.

Anexos

Anexo A: Flujos de caja SITM de Bogotá

En este anexo se encuentran los flujos de caja detallados empleados para la evaluación financiera y económica del SITM de Bogotá.

Flujo de caja de Inversiones detallado SITM de Bogotá

Precios Cte 2015 (MCOP)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Conexión Soacha Fase I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122.279	-	-	-	-	-	-
Fase I	-	-	1.939.832	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	-	-	-	-	-	-	-	2.057.783	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.648.347	-	-	-	-	-
INVERSIONES	-	-	1.939.832	-	-	-	-	2.057.783	-	-	-	-	-	-	122.279	1.648.347	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos suministrados por de la Contraloría de Bogotá y Transmilenio S.A.

Flujo de caja de Ingresos detallado SITM de Bogotá

SOLO TRONCAL (MCOP)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INGRESOS OPERACIONALES	-	-	203.212	336.294	381.230	468.123	536.088	612.413	680.562	739.507	817.142	882.289	950.655	937.446	961.566	1.077.500	1.088.484	1.235.451	1.265.185	1.277.932	1.310.926	645.448
Componente Troncal	-	-	203.212	336.294	381.230	468.123	536.088	612.413	680.562	739.507	817.142	882.289	950.655	937.446	961.566	1.077.500	1.088.484	1.235.451	1.265.185	1.277.932	1.310.926	645.448
INGRESOS NO OPERACIONALES	694	28.559	40.768	15.002	15.078	29.486	25.577	-	4.685	5.339	6.031	3.528	5.022	175.457	509.741	719.866	666.693	38.242	40.474	80.093	177.651	288.546
Ingresos financieros	161	927	1.464	3.714	4.971	7.865	5.423	-	3.967	5.170	4.708	3.063	3.804	5.131	4.779	4.406	4.535	4.887	3.816	3.770	3.095	3.496
Subvenciones y Transferencias	443	27.055	36.955	9.599	-	11.959	5.981	-	-	-	-	-	-	169.237	448.103	693.021	641.946	31.434	18.476	68.343	155.345	168.104
Otros ingresos	91	577	2.348	1.689	10.107	9.662	14.174	-	718	170	1.323	465	1.218	1.088	56.859	22.439	20.212	1.921	18.182	7.979	19.211	116.946
Diferencia en cambio (+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESOS	694	28.559	243.980	351.295	396.307	497.609	561.666	612.413	685.247	744.846	823.172	885.817	955.676	1.112.903	1.471.308	1.797.367	1.755.177	1.273.693	1.305.659	1.358.025	1.488.577	933.993

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos suministrados por de la Contraloría de Bogotá y Transmilenio S.A.

▪ **Flujo de caja de costos detallado SITM de Bogotá**

SOLO TRONCAL (MCOPI)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
COSTOS OPERACIONALES	-	213	212.145	363.118	437.784	523.591	565.206	703.960	740.709	802.162	958.646	963.276	1.022.695	1.171.604	1.321.973	1.412.207	1.341.385	1.392.384	1.369.696	1.427.497	1.694.090	1.534.915
Empresas de Recaudo Troncal	-	-	18.739	28.280	30.460	43.080	47.380	56.778	62.484	65.807	72.251	71.779	71.729	74.407	145.909	139.586	126.629	101.578	102.422	105.916	108.533	99.931
Fiduciarias Troncal (Incluye Alimentación)	-	-	72	129	148	184	201	241	268	291	331	349	372	394	381	312	251	287	324	273	315	199
Operadores Privados Troncales	-	213	162.843	293.153	336.908	407.723	444.239	527.045	583.117	641.547	735.029	778.123	835.259	900.646	982.394	1.069.986	1.053.255	1.106.912	1.110.539	1.127.534	1.270.960	1.181.225
Otros Agentes Troncal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.530	27.378
Gestión TRANSMILENIO S.A. Troncal	-	-	6.002	12.101	16.578	25.608	26.849	39.709	45.768	43.034	48.599	50.087	53.175	57.244	68.396	72.403	67.806	67.292	65.534	66.221	72.803	65.856
De administración Troncal	-	-	13.066	11.518	13.727	16.147	17.028	12.707	12.429	11.666	12.467	12.195	13.746	17.280	20.129	17.167	15.399	18.659	17.859	16.407	19.807	19.639
De operación Troncal	-	-	10.400	14.663	14.809	23.272	23.783	28.344	30.035	32.976	36.043	43.729	40.425	57.555	84.307	67.263	61.757	61.115	62.025	93.174	135.150	132.103
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones Troncal	-	-	1.022	2.842	4.390	5.876	5.727	22.263	5.949	6.155	5.476	7.014	6.012	17.598	11.226	8.900	9.535	10.047	10.995	17.971	3.591	3.316
Mantenimiento (IDU)	-	-	-	432	20.764	1.701	-	16.873	660	687	48.450	-	1.977	46.480	9.232	36.589	6.753	26.494	-	-	75.400	5.268
COSTOS NO OPERACIONALES	49	-	744	559	5.412	3.140	725	-	371	2.209	5.752	1.359	431	116.778	454.149	693.940	665.961	9.819	1.757	1.290	17.439	136.349
Gastos financieros	-	-	744	559	5.412	1.865	171	-	178	342	162	124	175	65	37	4	39	20	-	141	21	134
Otros gastos	49	-	-	-	-	1.275	554	-	192	1.867	5.591	1.235	255	116.713	454.112	693.935	665.922	9.768	1.672	727	17.217	136.119
Costo de Ventas (Bienes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	84	422	201	96
COSTOS	49	213	212.889	363.677	443.196	526.731	565.931	703.960	741.080	804.371	964.398	964.635	1.023.125	1.288.382	1.776.122	2.106.147	2.007.346	1.402.203	1.371.453	1.428.787	1.711.530	1.671.264

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos suministrados por de la Contraloría de Bogotá y Transmilenio S.A.

▪ **Flujo de caja a precios de mercado detallado SITM de Bogotá**

COSTOS (COP)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Conexión Soacha Fase I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122.279	-	-	-	-	-	-
Fase I	-	1.939.832	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	-	-	-	-	-	-	2.057.783	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.648.347	-	-	-	-	-
TOTAL INVERSIONES	-	1.939.832	-	-	-	-	2.057.783	-	-	-	-	-	-	-	122.279	1.648.347	-	-	-	-	-
INGRESOS OPERACIONALES	-	203.212	336.294	381.230	468.123	536.088	612.413	680.562	739.507	817.142	882.289	950.655	937.446	961.566	1.077.500	1.088.484	1.235.451	1.265.185	1.277.932	1.310.926	
Componente Troncal	-	203.212	336.294	381.230	468.123	536.088	612.413	680.562	739.507	817.142	882.289	950.655	937.446	961.566	1.077.500	1.088.484	1.235.451	1.265.185	1.277.932	1.310.926	
TOTAL INGRESOS	-	203.212	336.294	381.230	468.123	536.088	612.413	680.562	739.507	817.142	882.289	950.655	937.446	961.566	1.077.500	1.088.484	1.235.451	1.265.185	1.277.932	1.310.926	
COSTOS OPERACIONALES	213	212.145	363.118	437.784	523.591	565.206	703.960	740.709	802.162	958.646	963.276	1.022.695	1.171.604	1.321.973	1.412.207	1.341.385	1.392.384	1.369.696	1.427.497	1.694.090	
Empresas de Recaudo Troncal	-	18.739	28.280	30.460	43.080	47.380	56.778	62.484	65.807	72.251	71.779	71.729	74.407	145.909	139.586	126.629	101.578	102.422	105.916	108.533	
Fiduciarias Troncal (Incluye Alimentación)	-	-	72	129	148	184	201	241	268	291	331	349	372	394	381	312	251	287	324	273	315
Operadores Privados Troncales	213	162.843	293.153	336.908	407.723	444.239	527.045	583.117	641.547	735.029	778.123	835.259	900.646	982.394	1.069.986	1.053.255	1.106.912	1.110.539	1.127.534	1.270.960	
Otros Agentes Troncal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.530
Gestión TRANSMILENIO S.A. Troncal	-	6.002	12.101	16.578	25.608	26.849	39.709	45.768	43.034	48.599	50.087	53.175	57.244	68.396	72.403	67.806	67.292	65.534	66.221	72.803	
De administración Troncal	-	13.066	11.518	13.727	16.147	17.028	12.707	12.429	11.666	12.467	12.195	13.746	17.280	20.129	17.167	15.399	18.659	17.859	16.407	19.807	
De operación Troncal	-	10.400	14.663	14.809	23.272	23.783	28.344	30.035	32.976	36.043	43.729	40.425	57.555	84.307	67.263	61.757	61.115	62.025	93.174	135.150	
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones Troncal	-	1.022	2.842	4.390	5.876	5.727	22.263	5.949	6.155	5.476	7.014	6.012	17.598	11.226	8.900	9.535	10.047	10.995	17.971	3.591	
Mantenimiento (IDU)	-	-	432	20.764	1.701	-	16.873	660	687	48.450	-	1.977	46.480	9.232	36.589	6.753	26.494	-	-	75.400	
TOTAL COSTOS	213	212.145	363.118	437.784	523.591	565.206	703.960	740.709	802.162	958.646	963.276	1.022.695	1.171.604	1.321.973	1.412.207	1.341.385	1.392.384	1.369.696	1.427.497	1.694.090	

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos suministrados por de la Contraloría de Bogotá y Transmilenio S.A.

▪ **Flujo de caja de beneficios económicos por variación de tarifa detallado SITM de Bogotá**

B. Tarifas (COP)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tarifas TPC		750	800	850	900	1.025	1.025	1.025	1.125	1.225	1.325	1.425	1.475	1.475	1.575	1.575	1.575	1.575	1.675	1.775	1.775
Tarifas Transmilenio		800	900	1.000	1.100	1.200	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	1.750	1.700	1.700	1.800	1.800	2.000	2.200	2.300	2.400
TPC - TM	-	-50	-100	-150	-200	-175	-175	-275	-275	-275	-275	-275	-275	-225	-225	-225	-225	-425	-525	-525	-625
Millones de Viajes			117	208	230	269	300	345	376	409	438	463	485	501	565	628	662	702	700	680	697
Beneficios Económicos Tarifas (Corrientes en MCOP)	-	-	-11.665	-31.159	-46.035	-47.160	-52.446	-94.886	-103.264	-112.580	-120.482	-127.367	-133.434	-112.707	-70.568	-141.246	-148.980	-298.440	-367.443	-357.223	-435.473
Factor (2015)	2,21	2,04	1,89	1,77	1,66	1,57	1,50	1,44	1,36	1,26	1,24	1,20	1,16	1,13	1,11	1,07	1,00	0,95	0,91	0,88	0,85
Beneficios Económicos Tarifas Cte 2015 (MCOP)	-	-	-22.052	-55.056	-76.384	-74.171	-78.670	-136.227	-140.273	-142.034	-149.023	-152.699	-154.220	-127.162	-78.103	-150.808	-148.980	-282.213	-333.811	-314.525	-369.385
Beneficios Usuarios			-189	-265	-332	-275	-263	-395	-374	-347	-340	-330	-318	-254	-138	-240	-225	-402	-477	-462	-530

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja de beneficios económicos por ahorros de tiempo detallado SITM de Bogotá**

B. Tiempo (COP)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Millones de Viajes	-	117	208	230	269	300	345	376	409	438	463	485	501	565	628	662	702	700	680	697
Salario Mínimo	-	286.000	309.000	332.000	358.000	381.500	408.000	433.700	461.500	496.900	515.000	535.600	566.700	589.500	616.000	644.350	689.455	737.717	781.242	828.116
S.M. Diario	-	9.533	10.300	11.067	11.933	12.717	13.600	14.457	15.383	16.563	17.167	17.853	18.890	19.650	20.533	21.478	22.982	24.591	26.041	27.604
S.M. Minuto	-	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19
Factor (2015)	-	1,89	1,77	1,66	1,57	1,50	1,44	1,36	1,26	1,24	1,20	1,16	1,13	1,11	1,07	1,00	0,95	0,91	0,88	0,85
SMDLV cte 2015	-	13	13	13	13	13	14	14	13	14	14	14	15	15	15	15	15	16	16	16
Minutos Ahorrados	-	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Beneficios (MCOP)	-	18.716	33.657	37.628	45.028	50.894	59.978	65.650	70.735	79.909	84.862	89.136	95.046	109.306	122.526	126.611	135.862	139.199	138.895	145.243
Beneficios Usuarios	-	160	162	163	167	170	174	175	173	182	183	184	190	194	195	191	193	199	204	208

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja de beneficios económicos por nivel de percepción detallado SITM de Bogotá**

B. Percepción (COP)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nivel de Percepción (1 a 5)	4,64	4,05	4,12	3,34	3,68	3,60	3,40	3,20	3,00	2,80	3,00	2,80	2,80	1,60	1,76	1,72	1,76	1,52	1,92
Tarifas Transmilenio (1)	900	1000	1100	1200	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1750	1700	1700	1800	1800	2000	2200	2300	2400
Millones de Viajes (2)	117	208	230	269	300	345	376	409	438	463	485	501	565	628	662	702	700	680	697
(1) * (2) (COP)	104.984	207.725	253.191	323.380	359.631	448.551	525.706	614.070	700.986	787.358	849.124	851.566	959.721	1.129.966	1.191.838	1.404.424	1.539.760	1.564.978	1.672.215
Factor	0,82	0,53	0,56	0,17	0,34	0,30	0,20	0,10	-	-0,10	-	-0,10	-0,10	-0,70	-0,62	-0,64	-0,62	-0,74	-0,54
Beneficios (MCOP)	28695,62	36351,93	47262,25	18324,89	40758,2	44855,1	35047	20469,01	-	-26245,3	-	-28385,5	-31990,7	-263658,7	-246313,1	-299610,5	-318217,1	-386028	-300998,8
Beneficios Usuarios	246	175	205	68	136	130	93	50	-	-57	-	-57	-57	-420	-372	-427	-455	-567	-432

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujos de caja de beneficios económicos institucionales detallado SITM de Bogotá**

B. Institucional (COP)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ingresos Operacionales SITM Cte 2015 (MCOP)	203.212	336.294	381.230	468.123	536.088	612.413	680.562	739.507	817.142	882.289	950.655	937.446	961.566	1.077.500	1.088.484	1.235.451	1.265.185	1.277.932	1.310.926
Tarifa Técnica TM corriente	838	874	910	1.044	1.122	1.165	1.267	1.370	1.475	1.571	1.634	1.722	1.814	2.172	1.989	1.944	2.027	2.215	2.487
Factor (2015)	1,89	1,77	1,66	1,57	1,50	1,44	1,36	1,26	1,24	1,20	1,16	1,13	1,11	1,07	1,00	0,95	0,91	0,88	0,85
Tarifa Técnica TM cte 2015	1.584	1.544	1.510	1.642	1.683	1.673	1.721	1.728	1.824	1.883	1.889	1.943	2.008	2.319	1.989	1.838	1.841	1.950	2.110
Millones de Viajes	117	208	230	269	300	345	376	409	438	463	485	501	565	628	662	702	700	680	697
Costos SITM Año Cte 2015 (MCOP)	184.796	320.793	347.545	442.482	504.387	577.106	646.277	707.587	799.307	872.326	916.347	973.213	1.133.428	1.455.801	1.316.980	1.290.875	1.288.827	1.326.995	1.469.855
Beneficios (MCOP)	18.416	15.501	33.684	25.641	31.702	35.307	34.285	31.920	17.834	9.963	34.308	-35.767	-171.862	-378.300	-228.497	-55.424	-23.642	-49.063	-158.929
Beneficios/Usuario	157,88	74,62	146,34	95,15	105,78	102,33	91,30	77,97	40,71	21,51	70,71	-71,40	-304,43	-602,62	-345,09	-78,93	-33,78	-72,11	-228,10

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja a precios económicos detallado SITM de Bogotá**

Cte 2015 (MCOP)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Conexión Soacha Fase 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.349	-	-	-	-	-	-
Fase I	1.845.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase II	1.957.980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.568.402	-	-	-	-	-
INVERSIONES	3.803.731	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.349	1.568.402	-	-	-	-	-
COSTOS OPERACIONALES	183	183.477	313.698	378.989	452.700	488.550	609.329	640.254	693.131	830.056	832.146	883.304	1.014.056	1.144.252	1.222.403	1.159.651	1.203.789	1.183.132	1.233.731	1.467.378
Empresas de Recaudo	-	16.556	24.985	26.911	38.061	41.860	50.163	55.205	58.140	63.833	63.417	63.372	65.738	128.910	123.324	111.877	89.744	90.490	93.577	95.889
Fiduciarias	-	64	114	131	163	177	213	236	257	292	308	329	348	337	275	221	254	286	242	278
Operadores Privados	183	139.927	251.899	289.496	350.345	381.722	452.875	501.057	551.264	631.590	668.620	717.715	773.900	844.144	919.410	905.033	951.139	954.256	968.859	1.092.102
Otros Agentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.653
Gestión TRANSMILENIO S.A.	-	5.302	10.691	14.647	22.625	23.721	35.083	40.436	38.021	42.937	44.252	46.980	50.575	60.428	63.968	59.907	59.452	57.899	58.506	64.322
Administración	-	11.544	10.176	12.128	14.266	15.044	11.227	10.981	10.307	11.015	10.775	12.144	15.267	17.784	15.167	13.605	16.485	15.778	14.496	17.499
Operación	-	9.188	12.955	13.084	20.561	21.012	25.042	26.536	29.134	31.844	38.635	35.716	50.850	74.485	59.427	54.562	53.995	54.799	82.319	119.405
Provisiones, Depreciaciones y Amortizaciones	-	895	2.488	3.843	5.144	5.013	19.489	5.208	5.388	4.794	6.140	5.263	15.405	9.827	7.791	8.347	8.795	9.625	15.732	3.144
Mantenimiento (IDU)	-	-	390	18.750	1.536	-	15.236	596	620	43.750	-	1.785	41.971	8.336	33.040	6.098	23.924	-	-	68.086
COSTOS	183	183.477	313.698	378.989	452.700	488.550	609.329	640.254	693.131	830.056	832.146	883.304	1.014.056	1.144.252	1.222.403	1.159.651	1.203.789	1.183.132	1.233.731	1.467.378
Beneficios Tarifas	-	-22.052	-55.056	-76.384	-74.171	-78.670	-136.227	-140.273	-142.034	-149.023	-152.699	-154.220	-127.162	-78.103	-150.808	-148.980	-282.213	-333.811	-314.525	-369.385
Beneficios Tiempo	-	18.716	33.657	37.628	45.028	50.894	59.978	65.650	70.735	79.909	84.862	89.136	95.046	109.306	122.526	126.611	135.862	139.199	138.895	145.243
Beneficios Percepción	-	28.696	36.352	47.262	18.325	40.758	44.855	35.047	20.469	-	-26.245	-	-28.386	-31.991	-263.659	-246.313	-299.610	-318.217	-386.028	-300.999
Beneficios Institucionales	-	-3.584	1.905	10.025	-23.844	-38.819	-41.093	-62.937	-71.622	-118.701	-152.827	-162.575	-195.040	-256.421	-480.588	-288.369	-200.000	-201.558	-269.965	-387.455
BENEFICIOS	-	21.776	16.858	18.532	-34.662	-25.836	-72.487	-102.513	-122.452	-187.815	-246.909	-227.659	-255.541	-257.209	-772.529	-557.051	-645.961	-714.387	-831.623	-912.596

Fuente: Elaboración Propia

Anexo B: Flujos de caja SITM de Medellín

En este anexo se encuentran los flujos de caja detallados empleados para la evaluación financiera y económica del SITM de Bogotá.

Flujo de caja de Inversiones detallado SITM de Medellín

INVERSIONES (COP)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material Rodante (Trenes)	-	298.802	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras Inversiones	-	12.200.870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.284.466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INVERSIONES	-	12.499.672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.284.466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Flujo de caja de Ingresos detallado SITM de Medellín

INGRESOS (MCOP)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
INGRESOS OPERACIONALES (Miles de MCOP)	5	73	102	105	103	101	109	120	140	164	186	191	210	222	226	238	254	289	317	355	382	402	434	428	532
Servicio de transporte (Miles de MCOP)	5	70	90	94	92	92	101	112	131	155	177	183	201	213	216	228	244	278	306	343	382	402	434	417	487
Venta de bienes y servicios	5	2.336	6.169	9.826	10.661	9.522	8.482	8.169	8.306	8.487	8.921	8.690	8.979	9.033	10.232	10.380	10.348	10.867	11.113	11.071	-	-	-	10.898	44.527
Ajustes por Inflación	-	-	6.043	1.562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESOS NO OPERACIONALES (Miles de COP)	150	956	980	1.241	2.826	2.290	2.042	4.248	3.174	4.118	272	467	709	470	1.325	242	312	376	301	568	38	355	215	610	269
Ingresos financieros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.196	44.783	35.169	26.709	29.502
Ley 310/96 (Ley Metro)	-	-	-	188.286	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sobretasa Gasolina	56.546	60.807	53.420	62.884	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rentabaco	29.908	11.631	21.109	6.357	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rendimiento y Otros	48.827	57.841	18.111	220.632	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ajustes por Inflación	6.323	400	6.354	5.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subvenciones del gobierno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	296.783	160.403	138.395	228.414
Subsidios empleados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(174)
Otros ingresos (Miles de MCOP)	-	-	-	-	2.276	1.683	1.494	4.248	3.174	4.118	272	467	709	470	1.325	242	312	376	301	568	8	13	20	9	9
Diferencia en cambio (+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	435.746	2.295
Propiedad, planta y equipo	-	-	-	-	544.116	602.396	541.293	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros Activos	-	-	-	-	866	4.259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasivos Sujetos	-	-	-	-	4.985	-	(6.868)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrección Monetaria Estado de Resultados	8.803	46.905	111.897	71.815	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrección Monetaria Balance	-	778.768	769.056	685.437	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESOS (Miles de COP)	155	1.029	1.082	1.346	2.928	2.391	2.151	4.368	3.313	4.281	458	658	919	691	1.551	480	566	665	618	922	420	757	649	1.037	801

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja de costos detallado SITM de Medellín**

COSTOS (Miles de MCOP)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
COSTOS OPERACIONALES	-	65	427	392	381	396	435	449	326	312	312	330	284	260	264	272	281	280	281	286	284	304	332	360	299	374
De administración	-	33	29	39	28	33	29	25	26	25	32	34	34	23	16	18	18	18	17	18	16	19	19	25	17	26
De operación	-	30	67	62	67	59	62	65	83	85	92	92	100	117	133	141	151	159	161	161	167	279	312	335	281	347
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones	-	1	310	268	270	305	344	359	218	201	188	204	150	121	116	114	111	103	103	107	100	7	2	-	1	2
Ajuste por Inflación	-	2	22	23	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTOS NO OPERACIONALES	-	43	461	877	1.179	3.788	4.455	2.071	5.843	3.317	7.887	500	738	896	778	672	540	556	656	500	792	241	209	212	624	202
Gastos financieros	-	42	333	214	443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	233	206	207	187	196
Participación asociadas y negocios conjuntos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Ajustes por Inflación	-	1	28	102	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros gastos	-	-	101	-	-	3.679	4.123	1.899	5.843	3.317	7.887	500	738	896	778	672	540	556	656	500	792	8	1	5	10	6
Diferencia en cambio (-)	-	-	-	561	674	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	428	-
Pérdida actuariales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Patrimonio	-	-	-	-	-	29	220	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación Acumulada	-	-	-	-	-	80	112	123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amortización Acumulada	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTOS	-	107	889	1.268	1.561	4.184	4.890	2.520	6.170	3.629	8.200	830	1.023	1.156	1.042	944	821	835	937	787	1.075	545	541	572	923	576

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja a precios de mercado detallado SITM de Medellín**

FINANCIERO (Miles de MCOP)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material Rodante (Trenes)	299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras Inversiones	12.201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.284	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL INVERSIONES	12.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.284	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESOS OPERACIONALES	5	73	102	105	103	101	109	120	140	164	186	191	210	222	226	238	254	289	317	355	382	402	434	428	532
Servicio de transporte	5	70	90	94	92	92	101	112	131	155	177	183	201	213	216	228	244	278	306	343	382	402	434	417	487
Venta de bienes y servicios	0	2	6	10	11	10	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	-	-	-	11	45
Ajustes por Inflación	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL INGRESOS	5	73	102	105	103	101	109	120	140	164	186	191	210	222	226	238	254	289	317	355	382	402	434	428	532
COSTOS OPERACIONALES	65	427	392	381	396	435	449	326	312	312	330	284	260	264	272	281	280	281	286	284	304	332	360	299	374
De administración	33	29	39	28	33	29	25	26	25	32	34	34	23	16	18	18	18	17	18	16	19	19	25	17	26
De operación	30	67	62	67	59	62	65	83	85	92	92	100	117	133	141	151	159	161	161	167	279	312	335	281	347
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones	1	310	268	270	305	344	359	218	201	188	204	150	121	116	114	111	103	103	107	100	7	2	-	1	2
Ajuste por Inflación	2	22	23	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL COSTOS	65	427	392	381	396	435	449	326	312	312	330	284	260	264	272	281	280	281	286	284	304	332	360	299	374

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja de beneficios económicos por variación de tarifa detallado SITM de Medellín**

B. Tarifas (COP)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tarifas TPC	-	180	180	250	350	500	500	650	800	800	900	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	1.700	1.800	1.900	1.900	2.000	2.200
Tarifas Metro	-	-	300	350	450	550	600	650	750	850	950	1.150	1.200	1.300	1.400	1.500	1.550	1.750	1.800	1.800	1.900	2.000	2.150	2.300	2.400	2.500
TPC - Metro	-	180	-120	-100	-100	-50	-100	-	50	-50	-50	-250	-200	-200	-200	-200	-150	-250	-200	-100	-200	-200	-250	-400	-400	-300
Millones de Viajes	-	4	77	99	99	88	94	97	97	108	118	117	120	134	147	140	150	160	163	175	183	202	207	208	196	263
Beneficios/Costos Económicos Tarifas Corrientes (Miles de MCOP)	-	1	-9	-10	-10	-4	-9	-	5	-5	-6	-29	-24	-27	-29	-28	-22	-40	-33	-18	-37	-40	-52	-83	-78	-79
Factor (2015)	-	4,04	3,32	2,82	2,42	2,21	2,04	1,89	1,77	1,66	1,57	1,50	1,44	1,36	1,26	1,24	1,20	1,16	1,13	1,11	1,07	1,00	0,95	0,91	0,88	0,85
Beneficios/Costos Económicos Tarifas Cte 2015 (Miles de MCOP)	-	3	-31	-28	-24	-10	-19	-	9	-9	-9	-44	-35	-36	-37	-35	-27	-46	-37	-19	-39	-40	-49	-76	-69	-67
Beneficios Usuarios	-	-	-398	-282	-242	-111	-204	-	88	-83	-79	-375	-287	-272	-252	-247	-180	-289	-226	-111	-214	-200	-236	-363	-352	-254

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja de beneficios económicos por ahorros de tiempo detallado SITM de Medellín**

B. Tiempo (COP)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Millones de Viajes	4	77	99	99	88	94	97	97	108	118	117	120	134	147	140	150	160	163	175	183	202	207	208	196	263
SMDLV (MCOP)	0,119	0,142	0,172	0,204	0,236	0,260	0,286	0,309	0,332	0,358	0,382	0,408	0,434	0,462	0,497	0,515	0,536	0,567	0,590	0,616	0,644	0,689	0,738	0,781	0,828
S.M. Diario	3.964	4.738	5.734	6.794	7.882	8.670	9.533	10.300	11.067	11.933	12.717	13.600	14.457	15.383	16.563	17.167	17.853	18.890	19.650	20.533	21.478	22.982	24.591	26.041	27.604
S.M. Minuto	3	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19
Factor (2015)	4,04	3,32	2,82	2,42	2,21	2,04	1,89	1,77	1,66	1,57	1,50	1,44	1,36	1,26	1,24	1,20	1,16	1,13	1,11	1,07	1,00	0,95	0,91	0,88	0,85
SMDLV cte 2015	11	11	11	11	12	12	13	13	13	13	13	14	14	13	14	14	14	15	15	15	15	15	16	16	16
Minutos Ahorrados	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5
Beneficios (MCOP)	1.245	22.297	29.368	29.794	28.205	30.555	32.170	32.533	36.350	40.876	41.170	43.255	48.421	52.465	52.924	56.675	60.662	63.835	70.082	73.815	79.781	82.759	85.561	82.610	113.496
Beneficios Usuarios		289	298	302	321	325	332	335	338	345	351	359	361	357	377	379	380	392	400	403	395	400	411	422	431

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja de beneficios económicos por nivel de percepción detallado SITM de Medellín**

B. Percepción (COP)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nivel de Percepción (1 a 5)	4,84	4,80	4,76	4,72	4,67	4,75	4,68	4,63	4,68	4,63	4,70	4,65	3,55	4,20	3,50	4,15	3,70	3,35	4,01	4,18	4,10	4,17	4,20	4,21
Tarifas Metro (1)	300	350	450	550	600	650	750	850	950	1.150	1.200	1.300	1.400	1.500	1.550	1.750	1.800	1.800	1.900	2.000	2.150	2.300	2.400	2.500
Millones de Viajes (2)	77	99	99	88	94	97	97	108	118	117	120	134	147	140	150	160	163	175	183	202	207	208	196	263
(1) * (2)	23.110	34.532	44.357	48.323	56.461	63.048	72.852	91.433	112.431	134.874	144.455	174.179	205.653	210.563	231.941	279.561	292.962	315.191	347.623	403.686	444.906	478.674	469.875	658.488
Factor	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,88	0,84	0,81	0,84	0,81	0,85	0,83	0,28	0,60	0,25	0,58	0,35	0,18	0,51	0,59	0,55	0,59	0,60	0,60
Beneficios / Costos Económicos (MCOP)	7.097	10.363	13.000	13.824	15.755	18.389	20.338	24.763	31.387	36.528	40.929	47.899	18.852	42.113	19.328	53.583	34.179	18.386	58.517	79.392	81.195	93.341	93.975	132.246
Beneficios Usuarios	92	105	132	157	167	190	209	230	265	311	340	358	128	300	129	335	210	105	320	393	392	449	480	502

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujos de caja de beneficios económicos institucionales detallado SITM de Medellín**

B. INSTITUCIONAL (Miles de MCOP)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ingresos Operacionales SITM Año (Cte 2015)	73	102	105	103	101	109	120	140	164	186	191	210	222	226	238	254	289	317	355	382	402	434	428	532
Costos Operacionales SITM Año (Cte 2015)	65	427	392	381	396	435	449	326	312	312	330	284	260	264	272	281	280	281	286	284	304	332	360	299
Beneficios/Costos Económicos	8	-325	-287	-279	-295	-325	-329	-187	-148	-127	-138	-75	-38	-38	-34	-26	9	37	68	98	98	102	68	233
Millones de Viajes	77	99	99	88	94	97	97	108	118	117	120	134	147	140	150	160	163	175	183	202	207	208	196	263
Beneficios/Usuario (COP)	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Flujo de caja a precios económicos detallado SITM de Medellín**

Cte 2015 (MCOP)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material Rodante (Trenes)	257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otras Inversiones	10.545	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INVERSIONES	10.802	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTOS OPERACIONALES	59	379	348	338	349	383	395	287	274	275	291	251	229	232	239	247	246	246	251	249	267	291	316	262	328
De administración	31	27	37	27	31	28	23	24	24	30	33	32	21	15	17	17	17	16	17	15	18	18	23	16	25
De operación	26	59	54	58	51	54	57	72	74	80	80	88	102	116	123	132	139	140	141	146	243	272	293	245	302
Provisiones, depreciaciones y amortizaciones	0	271	235	236	267	301	314	191	176	165	178	131	106	101	100	98	90	90	94	88	6	1	-	1	1
Ajuste por Inflación	2	22	23	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTOS	59	379	348	338	349	383	395	287	274	275	291	251	229	232	239	247	246	246	251	249	267	291	316	262	328
Beneficios Tarifas	-	-31	-28	-24	-10	-19	-	9	-9	-9	-44	-35	-36	-37	-35	-27	-46	-37	-19	-39	-40	-49	-76	-69	-67
Beneficios Tiempo	-	22	29	30	28	31	32	33	36	41	41	43	48	52	53	57	61	64	70	74	80	83	86	83	113
Beneficios Percepción	-	7	10	13	14	16	18	20	25	31	37	41	48	19	42	19	54	34	18	59	79	81	93	94	132
Beneficios Institucionales	-	8	-325	-287	-279	-295	-325	-329	-187	-148	-127	-138	-75	-38	-38	-34	-26	9	37	68	98	98	102	68	233
BENEFICIOS	-	7	-314	-268	-246	-268	-275	-268	-135	-85	-93	-89	-15	-4	22	15	42	71	106	162	217	213	205	175	411

Fuente: Elaboración Propia

Anexo C: Solicitudes de información.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
1	06 de Septiembre de 2021	Notificación Solicitud No. 2359335	Solicitud de Información Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia Informes de Estados Financieros Empresa Metro de Medellín	Empresa Metro de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de estado financiero anuales de la empresa Metro de Medellín desde el año de 1985 hasta el año 2008. 2. Informes de estado financiero anuales de la empresa Metro de Medellín desde el año de 2011 hasta el año 2014.
2	06 de Septiembre de 2021	Derecho de Petición DPC – 1668/21 No. 1-2021-23074	Solicitud de Información Informes de Auditoría de la Empresa Transmilenio S.A. y el Instituto de Estudios Urbanos (IDU)	Contraloría de Bogotá	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de Auditoría Regular de la Empresa Transmilenio S.A. desde el año 1998 hasta el año 2013. 2. Informes de Auditoría Regular del Instituto de Estudios Urbanos (IDU). desde el año 1998 hasta el año 2013. 3. Informes de Auditoría Especial de la Empresa Transmilenio S.A. desde el año 1998 hasta el año 2013. 4. Informes de Auditoría Especial del Instituto de Estudios Urbanos (IDU). desde el año 1998 hasta el año 2013. 5. Informes de Auditoría de Desempeño de la Empresa Transmilenio S.A. desde el año 1998 hasta el año 2013.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
3	16 de marzo de 2022		Solicitud de Información Avalúos Catastrales, Zonas Físicas Zonas Geoeconómicas Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta (Metro de Medellín)	Gobernación de Antioquia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales actualizados de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B). Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta. 2. Avalúos catastrales históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B). Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta. 3. Zonas físicas y geoeconómicas actualizadas de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B). Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta. 4. Zonas físicas y geoeconómicas históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B). Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
4	16 de marzo de 2022		Solicitud de Información Avalúos Catastrales, Zonas Físicas Zonas Geoeconómicas Municipios de Bello y La Estrella (Metro de Medellín)	Área Metropolitana del Valle de Aburrá	<ol style="list-style-type: none">1. Avalúos catastrales actualizados de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B). Municipios de Bello y La Estrella.2. Zonas físicas y geoeconómicas actualizadas de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B). Municipios de Bello y La Estrella.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
5	16 de marzo de 2022		Solicitud de Información Avalúos Catastrales, Zonas Físicas Zonas Geoeconómicas de la Ciudad de Medellín (Metro de Medellín)	Alcaldía de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales actualizados de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en la ciudad de Medellín. 2. Avalúos catastrales históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en la ciudad de Medellín. 3. Zonas físicas y geoeconómicas actualizadas de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en la ciudad de Medellín. 4. Zonas físicas y geoeconómicas históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en la ciudad de Medellín.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
6	16 de marzo de 2022		Solicitud de Información Avalúos Catastrales, Zonas Físicas Zonas Geoeconómicas de la Municipio de Itagüí (Metro de Medellín)	Municipio de Itagüí	<ol style="list-style-type: none">1. Avalúos catastrales actualizados de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Itagüí.2. Avalúos catastrales históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Itagüí.3. Zonas físicas y geoeconómicas actualizadas de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Itagüí.4. Zonas físicas y geoeconómicas históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Itagüí.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
7	16 de marzo de 2022		Ref: Solicitud de Información Avalúos Catastrales, Zonas Físicas Zonas Geoeconómicas de la Municipio de Envigado (Metro de Medellín)	Municipio de Envigado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales actualizados de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Envigado. 2. Avalúos catastrales históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Envigado. 3. Zonas físicas y geoeconómicas actualizadas de años recientes (2010 a 2020) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Envigado. 4. Zonas físicas y geoeconómicas históricos (1990 a 2010) de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en el municipio de Envigado.
8	16 de marzo de 2022			Municipio de Sabaneta	

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
9	31 de marzo de 2022		Ref: Solicitud de Información Catastral, Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta (Metro de Medellín).	Municipio de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta, realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 2. Información sobre Destino Económico de los Predios, Áreas Construidas y Puntaje Catastral de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta, realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 3. Información de la capa de Avalúos Prediales dispuesta por el Observatorio Inmobiliario de Medellín de Catastro en el siguiente enlace https://geomedellin-m-medellin.opendata.arcgis.com/datasets/4bb6f7171b064738bd4bb8c677902d5a/explore?location=6.263470%2C-75.553173%2C12.94.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
10	01 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Catastral Municipios de Bello y La Estrella (Metro de Medellín)	Municipio de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), municipios de Bello y La Estrella realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 2. Información sobre Destino Económico de los Predios, Áreas Construidas y Puntaje Catastral de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), municipios de Bello y La Estrella realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020.
11	01 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Catastral Municipio de Envigado (Metro de Medellín)	Municipio de Envigado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 2. Información sobre Destino Económico de los Predios, Áreas Construidas y Puntaje Catastral de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
12	01 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Catastral Municipio de Itagüí (Metro de Medellín)	Municipio de Itagüí	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 2. Información sobre Destino Económico de los Predios, Áreas Construidas y Puntaje Catastral de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020.
13	01 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Catastral Municipio de Sabaneta (Metro de Medellín)	Municipio de Sabaneta, Antioquía.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 2. Información sobre Destino Económico de los Predios, Áreas Construidas y Puntaje Catastral de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020.
14	06 de mayo de 2022		Ref: Solicitud de Informes de Gestión Empresa Metro de Medellín Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia.	Empresa Metro de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de Gestión anuales de la Empresa Metro de Medellín (2007 – 2020) en formato digital.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
15	06 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia Información Operación Metro de Medellín.	Empresa Metro de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudios, índices o indicadores relacionados con los niveles de seguridad ciudadana al interior de la estaciones de las líneas A y B del Sistema Metro de Medellín. (1995-2020). 2. Estudios, informes u otros documentos en donde se encuentre información sobre los tiempos de parada, los tiempos de espera, intervalos y capacidad de las líneas A y B del Metro de Medellín. (1995-2020). 3. Estudios, informes u otros documentos en donde se encuentre Información sobre Emisiones e Impacto Ambiental generadas en las líneas A y B del Sistema Metro de Medellín. (1995-2020). 4. Estudios, informes, encuestas u otros documentos en donde se encuentre Información relacionada sobre sobre el niveles de servicio en las estaciones de las líneas A y B del Sistema Metro de Medellín. (1995-2020). 5. Información de Afluencia de pasajeros en el Sistema Metro de Medellín. (1995-2018). 6. Información histórica de las Tarifas Metro en el Sistema Metro de Medellín. (1995 – 2020). 7. Informes de gestión de la operación Sistema Metro de Medellín. (1995 – 2020).

16	07 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia Información del Sistema Transmilenio.	Empresa Transmilenio S.A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información relacionada con la cantidad de pasajeros que se transportan en el Sistema Transmilenio. (2000-2020). 2. Información del Consolidado de Salidas Sistema Troncal. (2000-2020). 3. Información de validaciones de usuarios en el componente troncal del sistema. (2000-2020). 4. Informes de Gestión de Transmilenio S.A. (1998 – 2009). 5. Informes de Estados Financieros de Transmilenio S.A. (1998 – 2009). 6. Informe final del Estudio “Renovación de la Flota de Transmilenio: Resultados del Impacto sobre la Calidad del Aire en el Sistema. (Ejecutor Técnico – Universidad de los Andes).” o Estudios, Índices o Indicadores relacionados con la calidad del aire, emisiones e impactos ambientales del sistema Transmilenio S.A. (2000 – 2020). 7. Información de estudios o cifras de siniestralidad y seguridad vial de en el componente troncal del sistema Transmilenio. (2000 – 2020). 8. Información de estudios o cifras de afectación a la seguridad ciudadana en el componente troncal del sistema Transmilenio. (2000 – 2020). 9. Estudios, informes, cifras u otros documentos en donde se encuentre información sobre los tiempos de parada, los tiempos de espera, intervalos y capacidad del componente troncal del Sistema Transmilenio. (2000 – 2020). 10. Estudios, informes, informes de encuestas u otros documentos en donde se encuentre Información relacionada sobre sobre el niveles de servicio en las estaciones del componente troncal del Sistema Transmilenio. (2000 – 2020).
----	---------------------	--	--	---------------------------	---

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
17	06 de mayo de 2022		Ref: Solicitud de Información Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia Información del Sistema Transmilenio.	Transmilenio S.A.	<ol style="list-style-type: none">1. Información relacionada con las fórmulas o metodologías empleadas para la definición de la estructura tarifaria del componente troncal del sistema Transmilenio (2000-2020).2. Información relacionada con la distribución de los ingresos que obtiene el sistema vía tarifa y su distribución entre los diferentes agentes y componentes del sistema (Empresa Transmilenio, Operadores Privados, Fiduciarias, Empresas de Recaudo, Otros agentes) (2000-2020).

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
18	31 de mayo de 2022		Ref: Solicitud de Información Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia Información del Sistema Transmilenio.	TRANSMILENIO S.A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresos económicos por la venta de pasajes del componente troncal del Sistema Transmilenio, detallando primer viaje y transbordos. Por las características de la investigación, esta información se requiere en periodos anuales desde el año 2000 hasta el año 2020. ; 2. Validaciones de entrada del componente troncal del Sistema (SITP-Transmilenio). Por las características de la investigación, esta información del número de validaciones se requiere en periodos anuales desde el año 2000 hasta el año 2020. 3. Histórico de la remuneración tanto en valores económicos como en participaciones (%) a todos los agentes del componente Troncal del Sistema (SITP-Transmilenio) por la prestación del servicio de transporte. 4. Distribución por componente de la remuneración en valores económicos (Discriminando el componente troncal del componente zonal), un ejercicio similar a la respuesta emitida mediante oficio 2022-EE-11937. 5. Histórico de la tarifa técnica del componente troncal del Sistema (SITP-Transmilenio). Por las características de la investigación, esta información se requiere en periodos anuales desde el año 2000 hasta el año 2020.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
19	29 de junio de 2022		Ref: Solicitud de Información Informes de Ejecución Presupuestal e Inversiones Componente Troncal (Transmilenio) Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bogotá D.C.	INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de Ejecución Presupuestal Anual de cada uno de los años comprendidos entre 1998 y 2020. 2. Información sobre el total de las inversiones económicas realizadas en infraestructura para la construcción y mantenimiento (por separado) del Componente Troncal del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bogotá "Transmilenio" durante el periodo comprendido entre los años 1998 y 2020.
20	21 de septiembre de 2022		Ref: Solicitud de Información Proyecto de Investigación Universidad Nacional de Colombia.	INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inversiones históricas en mantenimiento de la malla vial de los corredores por donde se encuentra operando el componente troncal del Sistema Transmilenio (Buses Rojos) discriminada por año y por troncal.
21	30 de marzo de 2022		Ref: Solicitud de Información Avalúos Predios Municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta (Metro de Medellín)	LA LONJA Gremio Inmobiliario Medellín y Antioquia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), municipios de Medellín, Bello, Itagüí, La Estrella, Envigado y Sabaneta, realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. Para la investigación se requiere que la información se encuentre georreferenciada y dispuesta en periodos anuales, quinquenales o en los periodos que se haya realizado el registro de información.

# Solicitud	Fecha Solicitud	Radicado	Referencia	Institución	Información Requerida
22	01 de abril de 2022		Ref: Solicitud de Información Catastral de la Ciudad de Medellín (Metro de Medellín)	Municipio de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalúos catastrales de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020. 2. Información sobre Destino Económico de los Predios, Áreas Construidas y Puntaje Catastral de los predios situados en un área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B), realizados en el periodo comprendido entre desde el año 1990 hasta el año 2020.
23	06 de mayo de 2022		Ref: Solicitud de Información Sinistros de Tránsito en zonas de influencia del Sistema de Transporte Masivo Transmilenio – Componente Troncal.	Alcaldía de Bogotá	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información registrada entre los años 2000 y 2020 de los Incidentes y víctimas por hechos de tránsito presentados en el área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las Troncales de Transmilenio en formato de bases de datos y Shapefile.
24	06 de mayo de 2022		Ref: Solicitud de Información Sinistros de Tránsito en zonas de influencia de la línea A y B del Metro de Medellín	SECRETARÍA DE MOVILIDAD Municipio de Medellín	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información registrada entre los años 1995 y 2020 de los Incidentes y víctimas por hechos de tránsito presentados en el área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en la ciudad de Medellín en formato de bases de datos y shapefile.
25	06 de mayo de 2022		Ref: Solicitud de Información Sinistros de Tránsito en zonas de influencia de la línea A y B del Metro de Medellín	SUBDIRECCIÓN DE MOVILIDAD Área Metropolitana del Valle de Aburrá	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información registrada entre los años 1995 y 2020 de los Incidentes y víctimas por hechos de tránsito presentados en el área de influencia directa de 500 metros a cada costado de las líneas del Sistema Metro de Medellín (Líneas A y B) en la ciudad de Medellín en formato de bases de datos.

