



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN SEDE BOGOTÁ

Sistema de alarma para calificación de impactos urbanísticos derivados de sistemas de transporte masivo de pasajeros

Hernán Rodríguez Castañeda

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Civil y Agrícola
Maestría en Ingeniería - Transporte
Bogotá DC, Colombia
2011

Sistema de alarma para calificación de impactos urbanísticos derivados de sistemas de transporte masivo de pasajeros

Hernán Rodríguez Castañeda

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería - Transporte

Directora:
Ing. PhD. Ana Luisa Flechas Camacho

Línea de Investigación:
Planeación de la movilidad

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Civil y Agrícola
Maestría en Ingeniería - Transporte
Bogotá DC, Colombia
2011

Resumen

Las transformaciones espaciales de las ciudades se relacionan con el modo de transporte predominante y la conformación del sistema de movilidad. En la caracterización física y operacional de los modos que sirven al espacio urbano, el transporte público y el transporte privado tienen resultados diferentes que se evidencian en impactos urbanísticos. A pesar de los beneficios probados de los sistemas de transporte público masivo, que los hacen ver paradigmáticos, aparecen estos impactos que usualmente se asocian a los sistemas tradicionales, los cuales comparativamente han llegado a ser obsoletos en la dinámica urbana actual. En el caso de TransMilenio en Bogotá DC, se observa que la existencia de infraestructura y de servicios de transporte no garantizan y no son suficientes para crear y recuperar calidad en el espacio urbano; en su concepción de inserción de un BRT en ejes arteriales de alta demanda hay afectaciones urbanas, y una vez en operación las dinámicas urbanísticas del entorno se desconocen por parte de las entidades de planificación, que se ocupan fundamentalmente por la dotación de infraestructura y los servicios que pueda ofrecer el sistema más que por las relaciones con el sistema urbano. Si bien hay dinámicas al interior del sistema de transporte, hay otras dinámicas urbanas que no son identificadas y asociadas al sistema urbano mismo. Por tanto se considera pertinente tener un instrumento para calificar impactos urbanísticos negativos y positivos, de manera cualitativa, derivados de los sistemas de transporte masivo existentes y en proyecto, con el fin de prever, evaluar y, a su vez, propiciar iniciativas conducentes a generar acciones estratégicas de política pública para la gestión urbana y de la movilidad.

Palabras clave: Sistema de alarma, Teoría del riesgo, Impactos urbanísticos, Transporte urbano sostenible, Sistema de transporte masivo.

Abstract

Spatial transformation of cities is related to the predominant way of transportation and the establishment of a mobility system. In the physical and operational characterization of the modes that serve the urban space, public and private transportation have different results which become evident in urban impacts. Despite the proven benefits of mass transit systems, that make them look paradigmatic, they still have impacts that are usually associated with traditional systems, which comparatively have become obsolete in the current urban dynamics. For instance, TransMilenio in Bogotá DC, shows that the existence of infrastructure and transportation services do not guarantee and are not sufficient to create and restore the quality of urban space; there are urban affectations in its conception of BRT insertion in high demand arterial axes, and the planning entities do not recognize the urban dynamics of the environment once the system begins to operate, mainly because they are engaged in the provision of infrastructure and services that work for the system rather than the relations with the urban system. While there are dynamics within the transportation system, there are other urban dynamics that are not identified and associated with the urban system itself. It is therefore considered appropriate to have a tool that describes negative and positive urban impacts in a qualitative way, derived from existing and planned mass transit systems, in order to anticipate, evaluate and, in turn, promote initiatives that generate strategic actions of public policy for urban management and.

Keywords: Alarm system, Risk theory, Urban impacts, Sustainable urban transportation, Mass transit system.

Contenido

	Pág.
1. Transporte Urbano y Uso del Suelo	33
1.1 Transporte Urbano Sostenible	33
1.1.1 El Automóvil frente al transporte público	35
1.1.2 Crecimiento Inteligente frente a expansión	41
1.1.3 El propósito del transporte urbano	43
1.2 El Transporte Masivo como herramienta de ordenamiento.....	45
1.2.1 Justificaciones y aplicación de la prioridad al transporte masivo	47
1.2.2 Alternativas de transporte público masivo.....	56
1.3 El sistema de transporte público en el desarrollo urbano de Bogotá DC	62
1.3.1 La ciudad del tranvía.....	65
1.3.2 La aglomeración urbana del autobús	68
1.3.3 El Sistema de Transporte Masivo TransMilenio	75
1.3.4 Relación bidireccional entre producción de territorio y sistema de transporte público en Bogotá DC	83
1.4 Conclusiones sobre transporte urbano y uso del suelo	88
2. Teoría del riesgo.....	92
2.1 El concepto de riesgo.....	92
2.1.1 El riesgo según la disciplina de estudio	94
2.1.2 La evolución hacia el concepto actual.....	96
2.1.3 El riesgo en el sistema de transporte	97
2.1.4 Amenaza y vulnerabilidad	99
2.2 Gestión del riesgo	101
2.2.1 El ciclo de gestión del riesgo.....	102
2.2.2 Identificación del riesgo	104
2.2.3 Evaluación del riesgo.....	109
2.2.4 Identificación de respuestas.....	116
2.2.5 Calificación del riesgo	118
2.2.6 Instrumento de análisis del riesgo.....	119
2.2.7 Mecanismos de identificación del riesgo	120
2.3 Sistema de alarma	122
2.3.1 Sistema de alarma como elemento de seguridad	123
2.3.2 Observatorio de movilidad	127
2.4 Conclusiones sobre Teoría del Riesgo	129
3. Impactos Urbanísticos del sistema de transporte	132
3.1 La ciudad y el urbanismo.....	132
3.1.1 La escala de estudio del urbanismo.....	135
3.1.2 Morfología y tipología.....	136

3.1.3	El perfil urbano	139
3.1.4	El objeto y el tejido	140
3.1.5	Dinámica del sistema de transporte en el entorno urbano	144
3.1.6	Concepto de urbanístico.....	147
3.2	Caracterización y calificación de los impactos urbanísticos	148
3.2.1	Elaboración de indicadores	149
3.2.2	Indicadores de impacto urbanístico	152
3.2.3	Síntesis de indicadores	183
3.3	Sistema de alarma para calificación de impactos urbanísticos.....	184
3.3.1	Metodología del sistema de alarma	185
3.3.2	Matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores	188
3.3.3	Mapa de riesgos.....	192
3.3.4	Criterios de selección del estudio de caso.....	194
3.4	Conclusiones sobre impactos urbanísticos del sistema de transporte.....	195
4.	Validación del sistema de alarma. Caso TransMilenio Bogotá DC.....	198
4.1	Criterios metodológicos para el estudio de caso	198
4.2	Caso Troncal TransMilenio Avenida Caracas	200
4.2.1	Determinación y caracterización del corredor troncal Avenida Caracas.....	202
4.2.2	Segmentación y caracterización del estudio de caso.....	205
4.2.3	Mapa de riesgos y matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores	208
4.2.4	Conclusiones del estudio de caso troncal Avenida Caracas	210
4.3	Caso Troncal TransMilenio Calle 80	212
4.3.1	Determinación y caracterización corredor troncal Calle 80	213
4.3.2	Segmentación y caracterización del estudio de caso.....	215
4.3.3	Mapa de riesgos y matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores	219
4.3.4	Conclusiones del estudio de caso troncal Calle 80.....	221
4.4	Conclusiones sobre validación del sistema de alarma en estudios de caso	223
5.	Conclusiones, utilidad, extensión y recomendaciones de la investigación	226
5.1	Conclusiones	226
5.2	Utilidad y aplicabilidad de los resultados de la investigación.....	229
5.3	Extensión de la investigación.....	230
5.4	Recomendaciones y sugerencias para la investigación	231

Lista de cuadros

	Pág.
Cuadro I-1: Operación de transporte y servicio de transporte	21
Cuadro I-2. Características de un sistema de transporte	22
Cuadro I-3. Requerimientos de un sistema de transporte	22
Cuadro 1-1. Componentes de la movilidad sostenible	34
Cuadro 1-2. Indicadores de Transporte Público Colectivo en ciudades de Colombia	39
Cuadro 1-3. Comparación entre expansión y crecimiento inteligente de las ciudades	41
Cuadro 1-4. Objetivos de la planeación del transporte urbano	43
Cuadro 1-5. Estrategias para la planeación del transporte urbano	44
Cuadro 1-6. Ventajas comparativas del automóvil y del transporte masivo	47
Cuadro 1-7. Categorías de población respecto del acceso al transporte urbano	48
Cuadro 1-8. Desigualdad frente al transporte según el grado de desarrollo	48
Cuadro 1-9. Costo comparado de inversión en sistema de transporte para ciudad de 2 millones de habitantes.....	49
Cuadro 1-10. Costo comparado de inversión en sistema de transporte para ciudad de 10 millones de habitantes.....	49
Cuadro 1-11. Costos sociales del medio ambiente.....	50
Cuadro 1-12. Consumo de espacio urbano para diferentes medios de transporte.....	52
Cuadro 1-13. Área ocupada por infraestructura de transporte en ciudades del mundo....	53
Cuadro 1-14. Alternativas de transporte masivo según tecnología	57
Cuadro 1-15. Comparación de elementos no tecnológicos en transporte masivo	60
Cuadro 1-16. Crecimiento poblacional de Bogotá DC.....	63
Cuadro 2-1. Regiones de aceptabilidad del riesgo	115
Cuadro 2-2. Nivel de aceptación y tipo de prioridad según intensidad del riesgo.....	116
Cuadro 2-3. Tipos de acción en identificación de respuestas al riesgo	116
Cuadro 2-4. Atributos para la calificación del riesgo	119
Cuadro 2-5. Métodos cualitativos para identificación del riesgo.....	120
Cuadro 3-1. Dimensiones de estudio del urbanismo.....	135
Cuadro 3-2. Familias tipológicas	141
Cuadro 3-3. Componentes de la calidad urbana.....	145
Cuadro 3-4. Amenazas al sistema de transporte masivo derivadas de externalidades..	148
Cuadro 3-5. Atributos de los indicadores de gestión	149
Cuadro 3-6. Categorías de indicadores según sus aspectos evaluables	150
Cuadro 3-7. Registro de información de indicador	151
Cuadro 3-8. Registro de información de indicador Efecto barrera.....	155
Cuadro 3-9. Registro de información de indicador Efecto tajada	158
Cuadro 3-10. Registro de información de indicador Recuperación dinámicas urbanas..	164
Cuadro 3-11. Cambio en la renta inmobiliaria por el sistema TransMilenio.....	165
Cuadro 3-12. Registro de información de indicador Modificación en densidad urbana ..	169
Cuadro 3-13. Registro de información de indicador Suficiencia en estructuras de intercambio modal	174

Cuadro 3-14. Registro de información de indicador Suficiencia en espacio público complementario	178
Cuadro 3-15. Tipos de incremento en el tránsito.....	179
Cuadro 3-16. Registro de información de indicador Distribución de espacio público urbano entre modos de transporte	182
Cuadro 3-17. Categorización de indicadores	184
Cuadro 3-18. Metodología del sistema de alarma para calificación de impactos urbanísticos	184
Cuadro 3-19. Caracterización de variables para la herramienta de calificación	188
Cuadro 3-20. Matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores	191
Cuadro 3-21. Convenciones para mapa de riesgos	193
Cuadro 3-22. Criterios de selección del estudio de caso.....	195
Cuadro 4-1. Criterios de selección del estudio de caso Avenida Caracas.....	205
Cuadro 4-2. Matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores estudio de caso Troncal Caracas	209
Cuadro 4-3. Criterios de selección del estudio de caso Calle 80.....	216
Cuadro 4-4. Matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores estudio de caso Troncal Calle 80	220
Cuadro 1 Anexo 1. Nivel de servicio para pasajeros en estación	233
Cuadro 2 Anexo 1. Nivel de servicio para circulación de pasajeros en estación.....	234
Cuadro 3 Anexo 1. Tipos de estaciones sistema TransMilenio	234
Cuadro 1 Anexo 2. Indicadores Observatorio de Movilidad CCB - Demanda	237
Cuadro 2 Anexo 2. Indicadores Observatorio de Movilidad CCB - Oferta.....	238
Cuadro 3 Anexo 2. Indicadores Observatorio de Movilidad CCB - Accidentalidad	239
Cuadro 4 Anexo 2. Indicadores Observatorio de Movilidad CCB - Impacto ambiental...	240
Cuadro 5 Anexo 2. Indicadores Observatorio de Movilidad CCB - Finanzas	240
Cuadro 6 Anexo 2. Indicadores Observatorio de Movilidad CCB - Percepción.....	241
Cuadro 1 Anexo 4. Plantilla de trabajo de campo.....	247
Cuadro 2 Anexo 4. Plantilla de trabajo de campo estudio de caso Troncal Caracas	248
Cuadro 3 Anexo 4. Plantilla de trabajo de campo estudio de caso Troncal Calle 80	249

Lista de figuras

	Pág.
Figura I-1. Dimensiones y atributos del espacio urbano	20
Figura I-2. La ciudad del automóvil.....	23
Figura I-3. “Los ciudadanos sufren los efectos de sus propios desplazamientos”	24
Figura I-4. Transporte como subsistema de sistemas.....	25
Figura I-5. Árbol del problema	29
Figura I-6. Pertinencia del problema	30
Figura 1-1. Componentes de la movilidad sostenible.....	34
Figura 1-2. Tendencia de transporte de pasajeros en países en transición a la UE	35
Figura 1-3. Evolución de la partición modal en EEUU	35
Figura 1-4. Partición modal en países desarrollados año 2001	36
Figura 1-5. Partición modal en países en desarrollo año 2001	36
Figura 1-6. Evolución índice de motorización en países desarrollados	37
Figura 1-7. Índice de motorización en países en desarrollo año 2005	37
Figura 1-8. Venta de automóviles en Colombia 1982-2010	38
Figura 1-9. Valor de automóviles de segmento popular en Colombia	38
Figura 1-10. Parque automotor, ocupación y pasajeros TPC Bogotá DC	39
Figura 1-11. Espiral de deterioro del transporte público.....	40
Figura 1-12. Ciclo de la movilidad urbana y el uso del suelo	42
Figura 1-13. Consumo energético	51
Figura 1-14. El costo de la seguridad	52
Figura 1-15. Consumo de espacio del automóvil frente al transporte público	53
Figura 1-16. Transporte y estructura social	54
Figura 1-17. Costo y capacidad en alternativas de transporte masivo	57
Figura 1-18. Comparación de costos para ciclo de vida en transporte masivo.....	58
Figura 1-19. Aproximación de costos y beneficios en alternativas de transporte masivo	59
Figura 1-20. Plano de Bogotá DC año 1947	66
Figura 1-21. Paseo peatonal Centro Internacional TransMilenio Fase 3.....	78
Figura 1-22. Paseo peatonal Centro Internacional TransMilenio Fase 3.....	79
Figura 1-23. Estación Central TransMilenio Fase 3	79
Figura 1-24. Estación Intermedia Calle 6 TransMilenio Fase 3.....	79
Figura 1-25. Estación Intermedia Calle 6 TransMilenio Fase 3.....	79
Figura 1-26. Modelo de expansión urbana	85
Figura 1-27. Infraestructura modelo expansión.....	85
Figura 1-28. Modelo de densificación urbana	86
Figura 1-29. Infraestructura del modelo de densificación.....	86
Figura 1-30. Patrón espacial de demanda y oferta	87
Figura 2-1. El riesgo de la elección modal en una ciudad típica contemporánea	93
Figura 2-2. El riesgo en la disciplina de la Ingeniería	94
Figura 2-3. Visión integral del riesgo	96
Figura 2-4. Acciones para la gestión del riesgo	101

Figura 2-5. Ciclo de gestión del riesgo	102
Figura 2-6. Efecto barrera por infraestructura vial. Calle 26 en Bogotá DC	108
Figura 2-7. Proyecto Parque de la Independencia y Fase 3 TransMilenio.....	109
Figura 2-8. Naturaleza bidimensional de los niveles de servicio de transporte público..	112
Figura 2-9. Niveles de capacidad para diferentes tecnologías en transporte público.....	112
Figura 2-10. Riesgo tolerable como una función de la severidad	114
Figura 2-11. TransMilenio Fase 1 Calle 80. Imagen urbana antes y después	118
Figura 2-12. Sistema de alarma convencional para una vivienda o inmueble.....	124
Figura 2-13. Sistema de alarma para planificación urbana	125
Figura 2-14. Modelo de gestión del sistema de alarma	126
Figura 3-1. Evolución histórica de Bogotá DC	133
Figura 3-2. Eje Plaza de Bolívar - Parque de las Cruces. Fotografía aérea.....	133
Figura 3-3. Eje Plaza de Bolívar - Parque de Las Cruces. Plano Nolli.....	134
Figura 3-4. Eje Plaza de Bolívar - Parque de Las Cruces. Plano Nolli invertido	134
Figura 3-5. Morfología Centro Histórico, Bogotá DC	136
Figura 3-6. Morfología Teusaquillo, Bogotá DC.....	136
Figura 3-7. Morfología La Soledad, Bogotá DC.....	136
Figura 3-8. Morfología Chicó, Bogotá DC.....	137
Figura 3-9. Morfología San Carlos, Bogotá DC	137
Figura 3-10. Morfología Informal, Bogotá DC	137
Figura 3-11. Relación entre morfología y tipología. Ciudad paramentada	139
Figura 3-12. Relación entre morfología y tipología. Ciudad jardín	140
Figura 3-13. Relación entre morfología y tipología. Ciudad del modernismo.....	140
Figura 3-14. Construcciones y espacios singulares Centro Histórico, Bogotá DC	142
Figura 3-15. Tejido urbano Barrios Las Cruces y Santa Bárbara.....	143
Figura 3-16. Tejido urbano Barrios Las Cruces y Santa Bárbara y Avenida de Los Comuneros	143
Figura 3-17. Tejido urbano barrio Las Cruces, Bogotá DC	143
Figura 3-18. Eje Plaza de Bolívar - Parque de Las Cruces, Bogotá DC	144
Figura 3-19. Relaciones de los componentes de la calidad urbana	145
Figura 3-20. Dinámica del sistema de transporte urbano	146
Figura 3-21. Efecto barrera Estación de La Sabana.....	154
Figura 3-22. Valorización zonas aledañas a troncales TransMilenio Fase 1 año 2002..	166
Figura 3-23. Proyecto Eje ambiental, Bogotá DC	183
Figura 3-24. Mapa de riesgos de una instalación industrial	192
Figura 3-25. Mapa de riesgos del sistema de alarma	194
Figura 4-1. Trazado Avenida Caracas, Bogotá DC	201
Figura 4-2. Fases en operación y construcción año 2011	203
Figura 4-3. Fase 1 Troncal Avenida Caracas	203
Figura 4-4. Segmento estudio de caso Troncal Caracas a escala metropolitana	206
Figura 4-5. Segmento estudio de caso Troncal Caracas a escala local.....	206
Figura 4-6. Mapa de riesgos estudio de caso Troncal Caracas	209
Figura 4-7. Trazado Avenida Calle 80, Bogotá DC.....	212
Figura 4-2. Fases en operación y construcción año 2011	213
Figura 4-8. Fase 1 Troncal Calle 80.....	213
Figura 4-9. Segmento estudio de caso Calle 80 a escala metropolitana	216
Figura 4-10. Segmento estudio de caso Calle 80 a escala local	216
Figura 4-11. Mapa de riesgos estudio de caso Troncal Calle 80	219
Figura 4-12. Movimiento peatonal Intercambiador Calle 80, NQS, Avenida Suba	223

Figura 1 Anexo 1. Modelo operacional del sistema TransMilenio según caracterización de estaciones	235
Figura 1 Anexo 3. Red Integrada de Transporte Curitiba.....	244
Figura 2 Anexo 3. Estación tubo Curitiba. Brasil.....	245

Lista de fotografías

	Pág.
Fotografía I-1: Saturación de la infraestructura vial en Bogotá DC	24
Fotografía I-2: Transporte Público Tradicional en Bogotá DC. Carrera Décima.....	27
Fotografía I-3. Avenida Caracas x Calle 56 costado occidental. Bogotá DC	28
Fotografía 1-1. Infraestructura vial en México	46
Fotografía 1-2. Infraestructura vial en México	46
Fotografía 1-3. Bogotá DC. Vista hacia el centro y sur de la ciudad.....	64
Fotografía 1-4. Crecimiento urbano en la ciudad de Medellín, Colombia.....	64
Fotografía 1-5. Tranvía por la Carrera Séptima en Bogotá DC, año 1944	65
Fotografía 1-6. Calle 12 año 1945, Bogotá.....	66
Fotografía 1-7. Avenida Jiménez año 1948.....	66
Fotografía 1-8. Tranvía por la Carrera Séptima en Bogotá DC, año 1947	67
Fotografía 1-9. Avenida Jiménez en el año 1948, Bogotá DC	68
Fotografía 1-10. Carrera Décima en el año 1985, Bogotá DC	69
Fotografía 1-11. Detrimento del aire.....	70
Fotografía 1-12. Detrimento del aire.....	70
Fotografía 1-13. Congestión.....	71
Fotografía 1-14. Accidentalidad	71
Fotografía 1-15. Descomposición del paisaje.....	71
Fotografía 1-16. Descomposición del paisaje.....	71
Fotografía 1-17. Pérdida del espacio público	72
Fotografía 1-18. Pérdida del espacio público	72
Fotografía 1-19. Nivel de ruido y vibración	72
Fotografía 1-20. Efecto barrera	72
Fotografía 1-21. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC.....	73
Fotografía 1-22. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC.....	73
Fotografía 1-23. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC.....	74
Fotografía 1-24. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC.....	74
Fotografía 1-25. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC.....	74
Fotografía 1-26. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC.....	74
Fotografía 1-27. Troncal TransMilenio Avenida Jiménez, Bogotá DC	75
Fotografía 1-28. Avenida Jiménez en el año 2006, Bogotá DC	76
Fotografía 1-29. Avenida Jiménez por Carrera Décima año 2006, Bogotá DC.....	77
Fotografía 1-30. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	80
Fotografía 1-31. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	80
Fotografía 1-32. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	80
Fotografía 1-33. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	80
Fotografía 1-34. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	80
Fotografía 1-35. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	80
Fotografía 1-36. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC.....	81

Fotografía 1-37. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC	81
Fotografía 1-38. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC	81
Fotografía 1-39. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC	81
Fotografía 1-40. Troncal Avenida Caracas año 2004, Bogotá DC	82
Fotografía 1-41. Troncal Avenida Caracas año 2002, Bogotá DC	88
Fotografía 2-1. Sistema de transporte masivo Metro en Medellín, Colombia	98
Fotografía 2-2. Producción de territorio con base en la relación entre crecimiento urbano y sistema de transporte. Barrio Santa Cecilia en Bogotá DC	107
Fotografía 2-3. Frente de fachada Avenida Caracas x Calle 56 costado oriental	115
Fotografía 2-4. Efecto barrera por proyectos de infraestructura vial Calle 26 entre Parque de La Independencia y Biblioteca Nacional. Bogotá DC	117
Fotografía 2-5. Mecanismo de señal de alarma en un vagón del metro de México DF ..	125
Fotografía 3-1. Tipología colonial, Santa Fe de Antioquia	138
Fotografía 3-2. Tipología moderna, Bogotá DC	138
Fotografía 3-3. Troncal AutoNorte año 2004, Bogotá DC	153
Fotografía 3-4. Troncal Caracas año 2002, Bogotá DC	153
Fotografía 3-5. Troncal Caracas año 2010, Bogotá DC	154
Fotografía 3-6. Troncal Caracas año 2002, Bogotá DC	154
Fotografía 3-7. Efecto barrera metro Medellín, Colombia	154
Fotografía 3-8. Troncal Avenida NQS x Calle 69 año 2010, Bogotá DC	156
Fotografía 3-9. Troncal Avenida NQS x Calle 71 año 2010, Bogotá DC	156
Fotografía 3-10. Efecto tajada Troncal Avenida NQS	157
Fotografía 3-11. Efecto tajada Troncal Avenida NQS	157
Fotografía 3-12. Efecto tajada Troncal Avenida NQS	157
Fotografía 3-13. Efecto tajada Troncal Avenida NQS	157
Fotografía 3-14. Troncal Caracas Parque Central Bavaria año 2005, Bogotá DC	160
Fotografía 3-15. Troncal Caracas Parque Central Bavaria año 2005, Bogotá DC	160
Fotografía 3-16. Troncal Avenida Caracas barrio Santa Fe	160
Fotografía 3-17. Troncal Avenida Caracas barrio Santa Fe	160
Fotografía 3-18. Troncal Caracas Chapinero	161
Fotografía 3-19. Troncal Caracas Chapinero	161
Fotografía 3-20. Troncal Caracas Chapinero	161
Fotografía 3-21. Troncal Caracas Chapinero	161
Fotografía 3-22. Troncal Caracas Chapinero	162
Fotografía 3-23. Troncal Caracas Chapinero	162
Fotografía 3-24. Troncal Avenida NQS Colseguros	163
Fotografía 3-25. Troncal Avenida NQS Colseguros	163
Fotografía 3-26. Troncal Avenida NQS Colseguros	163
Fotografía 3-27. Portal Calle 80 año 2001	167
Fotografía 3-28. Portal Calle 80 año 2011	167
Fotografía 3-29. Portal Usme año 2006, Bogotá	167
Fotografía 3-30. Portal Usme año 2006, Bogotá	167
Fotografía 3-31. Ofertas de transporte alternativas entorno Portal Américas 2010	168
Fotografía 3-32. Ofertas de transporte alternativas entorno Portal Américas 2010	168
Fotografía 3-33. Troncal Autopista Norte estación Calle 100, Bogotá DC	170
Fotografía 3-34. Troncal Autopista Norte estación Calle 100, Bogotá DC	170
Fotografía 3-35. Troncal Autopista Norte estación El Virrey, Bogotá DC	170
Fotografía 3-36. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC	171
Fotografía 3-37. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC	171
Fotografía 3-38. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC	171
Fotografía 3-39. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC	171

Fotografía 3-40. Portal Norte TransMilenio 2010.....	172
Fotografía 3-41. Portal Norte TransMilenio 2010.....	172
Fotografía 3-42. Intercambiador modal Pantitlán año 2010, México DF	172
Fotografía 3-43. Intercambiador modal Pantitlán año 2010, México DF	172
Fotografía 3-44. Intercambiador modal Pantitlán año 2010, México DF	173
Fotografía 3-45. Intercambiador modal Pantitlán año 2010, México DF	173
Fotografía 3-46. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC.....	175
Fotografía 3-47. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC.....	175
Fotografía 3-48. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC.....	176
Fotografía 3-49. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC.....	176
Fotografía 3-50. Portal Norte TransMilenio año 2010, Bogotá DC.....	176
Fotografía 3-51. Troncal NQS CAD año 2010, Bogotá DC.....	176
Fotografía 3-52. Troncal NQS CAD año 2010, Bogotá DC.....	177
Fotografía 3-53. Troncal Avenida Suba año 2006, Bogotá DC	180
Fotografía 3-54. Troncal Avenida NQS año 2008, Bogotá DC	181
Fotografía 3-55. Troncal Avenida NQS año 2008, Bogotá DC	181
Fotografía 3-56. Avenida Jiménez año 1997, Bogotá DC.....	183
Fotografía 3-57. Troncal Avenida Caracas, Calle 19 a Calle 24 año 2011	193
Fotografía 4-1. Avenida Caracas año 1934, Bogotá DC.....	202
Fotografía 4-2. Avenida Caracas año 1949, Bogotá DC.....	202
Fotografía 4-3. Corredor troncal Avenida Caracas, Bogotá DC.....	204
Fotografía 4-4. Corredor troncal Avenida Caracas, Bogotá DC.....	204
Fotografía 4-5. Troncal Caracas Calle 57.....	206
Fotografía 4-6. Troncal Caracas Calle 63.....	206
Fotografía 4-7. Segmento estudio de caso Troncal Avenida Caracas	207
Fotografía 4-8. Arte urbano troncal Avenida Caracas.....	210
Fotografía 4-9. Arte urbano troncal Avenida Caracas.....	210
Fotografía 4-10. Corredor troncal Calle 80, Bogotá DC.....	215
Fotografía 4-11. Corredor troncal Calle 80, Bogotá DC.....	215
Fotografía 4-12. Troncal Calle 80 costado norte	217
Fotografía 4-13. Troncal Calle 80 costado sur.....	217
Fotografía 4-14. Segmento estudio de caso Troncal Calle 80	218
Fotografía 4-15. Arte urbano troncal Calle 80.....	220
Fotografía 4-16. Arte urbano troncal Calle 80.....	220
Fotografía 4-17. Arte urbano troncal Calle 80.....	221
Fotografía 4-18. Intercambiador Calle 80, NQS, Avenida Suba TransMilenio	222
Fotografía 1 Anexo 3. Troncal ómnibus Curitiba, Brasil.....	243
Fotografía 2 Anexo 3. Sistema de espacio público y equipamientos Curitiba, Brasil	243
Fotografía 3 Anexo 3. Troncal ómnibus Curitiba, Brasil.....	244
Fotografía 4 Anexo 3. Estación tubo Curitiba. Brasil	245

Introducción

En la investigación de temas relacionados con movilidad urbana y economía desarrollada en el curso de cátedra Economía del Transporte 2005-1¹ se elaboró, en coautoría con el Ingeniero Magíster Jorge Eduardo Aya Rodríguez, un proyecto de investigación titulado “La inversión particular en el Transporte Masivo y el Transporte Colectivo en la ciudad de Bogotá DC”². El tema de esta investigación es el impacto que tiene la incertidumbre en las políticas, directrices y reglamentación de las autoridades de transporte, sobre la decisión de inversión de los agentes particulares en el sector de transporte público colectivo en la ciudad de Bogotá DC. En el desarrollo de la investigación se estudió:

- Cadena productiva del transporte
- Sistema empresarial del transporte en Bogotá D.C.
- Concepto de calidad del servicio
- Esquema tarifario
- La demanda del sistema de transporte público en Bogotá D.C.

El aporte de este trabajo fue hacer claridad sobre las diferencias entre el Sistema de Transporte Masivo TransMilenio, que inició operaciones en diciembre de 2000, y el Sistema de Transporte Tradicional existente en la ciudad desde la década de 1950 aproximadamente, en relación con los temas estudiados. Algunas conclusiones obtenidas de la investigación son:

- El desarrollo de la normativa de transporte en el caso de Bogotá DC se ha encaminado a suplir las deficiencias del sistema, pero no a estructurar, conformar y generar políticas sostenibles. Dicha normativa es reactiva y no proactiva.
- Hay sobreoferta de inversión en el sector transporte público urbano. Por esta razón la visión de las empresas se ha limitado a la economía particular y no a hacer eficientes los procesos administrativos, operativos, jurídicos³ y financieros,

¹ Programa Maestría en Ingeniería - Transporte. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

² Rodríguez y Aya (2005)

³ En lo relativo a la responsabilidad civil.

lo que ha llevado al deterioro progresivo del sistema de transporte como negocio de inversión, comprometiendo su sostenibilidad.

- La introducción de un sistema de transporte con el que puede ser comparado, hace que la discusión sobre la conveniencia del esquema del transporte tradicional se alimente de argumentaciones objetivas.
- Todos los componentes del sistema de transporte público urbano: planeador, administrador y operador, usuario y comunidad han comenzado a observar y comprender la importancia del sistema de transporte público como estructurador del espacio urbano y facilitador de accesibilidad.
- La discusión sobre la conveniencia de determinado sistema de transporte público es permanente en la medida que la ciudad origine situaciones de producción de territorio⁴ que requieran dotación de movilidad y sobre todo de accesibilidad.
- Es necesario que se evolucione rápidamente en el concepto y puesta en funcionamiento de la integración de los sistemas de transporte público urbano con miras a hacerlo competitivo frente a otros modos (individuales) que tienen efectos para los que es cada vez más difícil proveer soluciones sostenibles.

Posteriormente en el ejercicio docente he utilizado este ejercicio de investigación como tema de conferencia en la Maestría en Planeación Urbana y Regional (MPUR) de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá DC, y en el pregrado de Arquitectura de la misma universidad, con la conclusión que es un tema conocido con poca profundidad en otros ámbitos académicos, y por lo tanto aceptado como producción de conocimiento. A pesar del tiempo pasado desde la fecha de investigación, sigue siendo un tema vigente y en la medida que la conferencia se repite, surgen preguntas y temas de investigación relacionados al transporte público.

Además de lo anterior, con la expedición del Decreto 309 de 2009 - Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) para Bogotá DC⁵ y su progresiva implementación, se pone en vigencia la discusión relativa al análisis de la situación del Transporte Público Colectivo y del mismo Sistema TransMilenio, con el objeto de reformular el esquema institucional, empresarial, operativo, tarifario y en general el concepto de servicio de transporte, para poder lograr una integración de los dos subsistemas mencionados que sea efectiva, incluyente y sostenible⁶.

La formulación de estas inquietudes ha llevado a una revisión bibliográfica⁷ de la que han surgido preguntas que pueden ser temas para un proyecto de investigación:

⁴ Rodríguez y Pulido (2010)

⁵ Que da cumplimiento a lo ordenado por el Plan Maestro de Movilidad.

⁶ Con el paro de transportadores ocurrido en Bogotá DC durante la primera semana del mes de marzo de 2010, se evidencia la importancia del sistema de transporte como elemento coyuntural en aspectos políticos, económicos, de inclusión social, y urbanos, entre otros aspectos.

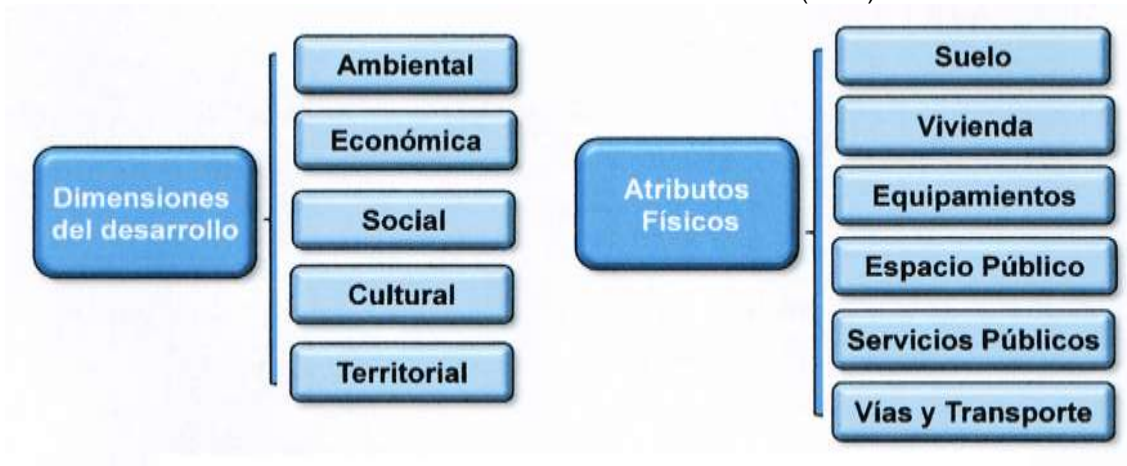
⁷ Los documentos revisados se citan en la Bibliografía y a lo largo de este documento.

- ¿Cómo se originan los sistemas de transporte público de las ciudades?
- ¿Cuáles son los impactos de los sistemas de transporte público en aspectos como uso del suelo, evolución socioeconómica, crecimiento de la ciudad, tipología urbana, relación e inserción en el entorno natural, relación con las funciones urbanas, entre otros?
- ¿Cómo deben ser gestionados los sistemas de transporte urbano en cuanto a planeación, administración y operación?
- ¿Existe posibilidad de renovación para los sistemas de transporte deteriorados, o es más factible replantear nuevos?
- ¿Cuál es el concepto de valor del servicio para la comunidad y para los usuarios del sistema de transporte público?
- ¿Por qué y cómo, en el caso específico de Bogotá DC, coexisten dos sistemas de transporte público altamente diferenciados conceptualmente y en el resultado como servicio de transporte?
- ¿Cómo y qué se hace para nivelar elementos desarticulados en sistemas de transporte público con el objeto de poder lograr integración física, operativa, institucional, tarifaria?
- ¿Cuáles son los criterios de selección para determinar la conveniencia de una tipología de sistema de transporte público (Metro, Tren ligero, Bus Rapid Transit)?
- ¿Cuál debe ser la jerarquización en un Sistema Integrado de Transporte Público?
- ¿Por qué, en el caso colombiano, los sistemas de transporte masivo tipo Metro se han convertido en paradigma?
- ¿Cómo se analizan y evalúan los sistemas de transporte público para establecer mecanismos y/o herramientas de cambio o mejora?
- ¿Existen, para el caso de Bogotá DC, mecanismos y/o herramientas de cambio o mejora del sistema de transporte público colectivo? ¿Es el Sistema Integrado de Transporte Público este mecanismo?
- ¿Cuáles son los indicadores usualmente utilizados para determinar la eficiencia y conveniencia de un sistema de transporte público urbano?
- ¿Existe algún instrumento para analizar, evaluar y prevenir el impacto urbanístico de los sistemas de transporte público?

De la revisión y análisis de estos temas surgió la hipótesis preliminar que *las grandes transformaciones espaciales de las ciudades están relacionadas con el modo de transporte predominante y la conformación de los sistemas de movilidad*. La eficiencia en el uso del espacio urbano se debe a la caracterización física y operacional de los modos que lo sirven y, en este orden de ideas, el transporte público y el transporte privado tienen resultados diferenciados como influenciadores del crecimiento de las ciudades.

Es así como *los diferentes tipos de sistemas de transporte, bien sea público o privado, tienen efectos notables como impactos urbanísticos, los cuales afectan directamente al entorno físico y funcional de la ciudad en sus atributos y dimensiones* (ver Figura I-1).

Figura I-1. Dimensiones y atributos del espacio urbano
Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico (1998)



A pesar que la movilidad es un determinante de forma urbana, no es suficiente en sí misma, requiere de la interacción con otros atributos para “garantizar el desarrollo urbanístico y económico deseado de la ciudad y la región”⁸. En este sentido la movilidad se constituye en un aspecto decisivo y fundamental para la consolidación de la estructura de la ciudad y su entorno regional, por tanto ésta debe ser analizada integralmente, pues involucra múltiples dimensiones como son: ambientales, económicas, sociales, culturales, políticas y financieras, entre otras⁹.

La pregunta de investigación

Para efectos de esta investigación, dichos impactos urbanísticos no se asocian a la relación entre oferta y demanda que implica la implementación de un sistema de transporte público, sino a la relación, de carácter cualitativo, que dicho sistema tiene con la forma y función de la ciudad. La pregunta de investigación es cómo identificar, con una noción de espacio y tiempo determinada, impactos¹⁰ urbanísticos negativos y positivos, derivados de los sistemas de transporte masivo existentes y en proyecto, con el fin de prever, evaluar y, a su vez, propiciar iniciativas conducentes a generar acciones estratégicas de política pública para la gestión urbana y de la movilidad.

⁸ Cal & Mayor y Duarte Guterman (2006)

⁹ Rodríguez y Flechas (2010)

¹⁰ La definición de los términos impacto y efecto según diccionario de la Real Academia Española es: *Impacto*: Señal que deja; efecto de una fuerza aplicada; conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades. *Efecto*: Aquello que sigue por virtud de una causa; fin para que se hace algo. De este modo el término efecto hace referencia a *causalidad* e impacto hace referencia a la *consecuencia*, por lo que para esta investigación se usará específicamente el término impacto al referirse a efectos que tienen una causa y que como consecuencia se externalizan.

Para este fin se observan conceptos de teoría del riesgo, sistema de alarma, observatorio de movilidad, transporte sostenible, impactos urbanísticos de sistemas de transporte, entre otros, de modo que la investigación se justifica en la búsqueda y formulación de un sistema de alarma para la evaluación y determinación de acciones de prevención de impactos urbanísticos de sistemas de transporte masivo urbano.

El sistema de transporte

La oferta de transporte debe entenderse bajo un enfoque sistémico, conformado por elementos que se interrelacionan. Así, el Sistema de Transporte se define¹¹ como un factor de coordinación e integración del movimiento de personas y bienes en los diversos medios de transporte. Es también la interacción entre una red de infraestructura, un sistema de gestión y un conjunto de medios que compiten o se complementan.

Los elementos del sistema de transporte son:

- Las personas y mercancías que deben ser transportadas
- Los vehículos o medios en que son transportados
- La red de infraestructura, incluyendo terminales y puntos de transferencia
- La red de transporte, rutas e itinerarios de viaje

El sistema es el marco de interacción entre estos elementos, y que permite el desarrollo de la actividad. De la interacción entre las necesidades de movimiento (demanda) y las opciones para llevarla a cabo (oferta), resultan un conjunto de flujos que constituyen la actividad que sirve un sistema de transporte. En la noción general de este concepto también se debe distinguir la diferencia entre operación de transporte y servicio de transporte (ver Cuadro I-1).

Cuadro I-1: Operación de transporte y servicio de transporte
 Fuente: Elaboración propia con base en Molinero y Sánchez (2002)

Operación de transporte	Acción de mantenimiento mismo del sistema de transporte por parte de los responsables, en la que se incluye establecimiento de horarios, asignación de jornadas de trabajo, supervisión y operación diaria de unidades de transporte, recolección de tarifas, etc.
Servicio de transporte	Forma en que el usuario cautivo, eventual y potencial ve el transporte e integra conceptos tales como calidad y cantidad de servicio, seguridad, accesibilidad, costo, etc.

Hay cuatro características que permiten entender y distinguir un sistema de transporte y su conveniencia (ver Cuadro I-2).

¹¹ Flechas (2006)

Cuadro I-2. Características de un sistema de transporte

Fuente: Elaboración propia con base en Molinero y Sánchez (2002)

Desempeño del sistema	- Es la forma como se desarrolla el sistema y se define por varios conceptos.	- Frecuencias de elementos y de eventos - Velocidades de funcionamiento - Confiabilidad, regularidad y seguridad - Capacidades de los componentes - Productividad generada y derivada - Niveles de utilización
Nivel de servicio	- Medida que integra las características de rendimiento que afectan al usuario. - Este término se asocia directamente al nivel de utilización de la capacidad disponible, de modo que los elementos no sean sub o sobredimensionados.	
Impactos	- Son los efectos que éste tiene sobre su entorno y área. - Hay de corto y largo plazo y alcance.	- De corto plazo y alcance son congestiónamiento, niveles de contaminación y afectación al paisaje. - De largo plazo y alcance son afectaciones al uso del suelo, cambio de actividades económicas o forma física de una ciudad o región.
Costos	- Se refieren a la implicación económica de implementación, funcionamiento y utilización. - Debe considerar varios aspectos económicos.	- Reflejo de la situación actual - Planeación de situaciones futuras - Repartición de responsabilidades entre los componentes - Priorización de necesidades - Medición e implementación de indicadores - Aprendizaje de otros sistemas - Suministro de información a todos los niveles - Análisis de sensibilidades

La decisión central en la planeación de un sistema de transporte radica en la selección de las mejores características de acuerdo a la necesidad del espacio en donde se va a implementar. Para evaluar las necesidades reales de un área es pertinente reconocer la existencia de tres grupos, su interrelación y sus requerimientos (ver Cuadro I-3).

Cuadro I-3. Requerimientos de un sistema de transporte

Fuente: Molinero y Sánchez (2002)

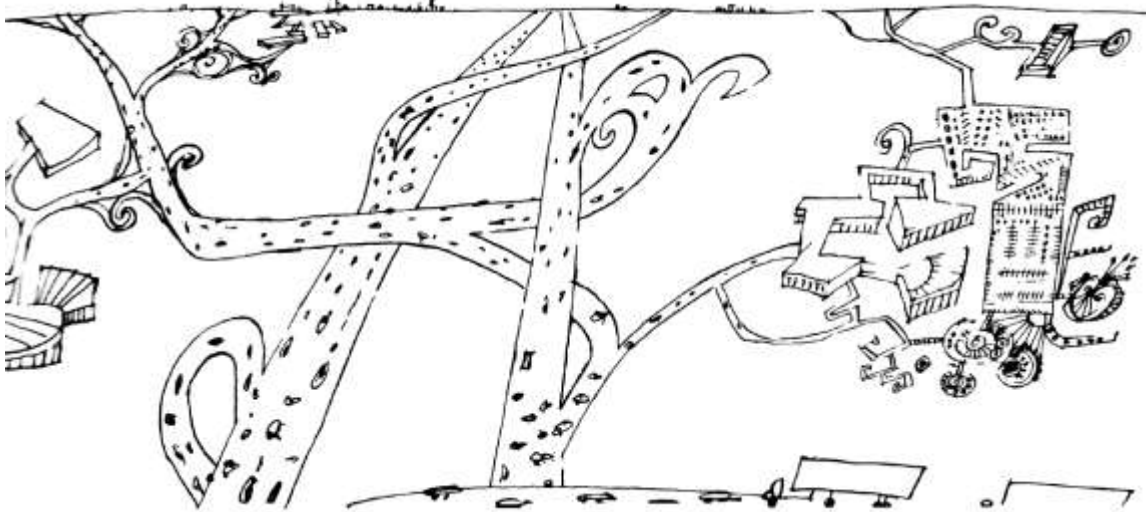
Usuario (consumidor)	Prestatario (proveedor)	Comunidad (evaluador)
- Disponibilidad y puntualidad - Tiempo de recorrido - Comodidad - Conveniencia - Seguridad - Costo al usuario	- Cobertura del sistema - Velocidad - Capacidad y flexibilidad - Confiabilidad y seguridad - Costo de operación - Atracción de usuarios	- Calidad del servicio - Costos del sistema - Objetivos sociales - Impactos al medio ambiente - Consumo de energía - Impactos a largo plazo

Cada uno de estos grupos tiene requerimientos particulares que en ocasiones se contraponen, lo que hace indispensable la intervención de la planeación. Se observa que desde la teoría se reconoce que el sistema de transporte tiene unos efectos que se externalizan en impactos.

La tendencia de la ciudad contemporánea

La ciudad es un espacio físico creado por el hombre, cuya función es la reunión de las personas respecto de sus actividades comunes, y por esta razón la circulación es una necesidad derivada de tener que localizarse sobre el territorio. Para poder hacerlo se requiere de espacios físicos adecuados y de sistemas de transporte

Figura I-2. La ciudad del automóvil
Fuente: Samper (2002)



La introducción del automóvil ha llevado a que las ciudades hagan el proceso irreversible de ceder el espacio a los modos motorizados y el crecimiento urbano se ha basado y orientado a esta tendencia (ver Figura I-2). Si bien muchas ciudades entienden la importancia del transporte público como correcto estructurador del territorio, los resultados urbanísticos son heterogéneos y probablemente los no deseados debido a esta caracterización del sistema de transporte.

El crecimiento de las ciudades y la accesibilidad en aumento para todas las personas al mercado del automóvil tienen como resultado el incremento en los índices de motorización¹² y la acentuación de los efectos negativos de los desplazamientos de los ciudadanos sobre sí mismos¹³ (ver Figura I-3).

¹² En el Capítulo 1.1.1 El automóvil frente al transporte público, se profundiza el tema de accesibilidad en aumento de las personas al mercado del automóvil y el incremento en los índices de motorización.

¹³ Comisión de las Comunidades Europeas (2006)

Figura I-3. “Los ciudadanos sufren los efectos de sus propios desplazamientos”

Fuente: Comisión de las comunidades europeas (2006)

Fuente imagen: Samper (2002)



Esto hace pensar replantear el modelo urbano y, en el caso de las ciudades latinoamericanas, a reinterpretar la relación entre *crecimiento de la población, crecimiento económico y ocupación del territorio*. En este ámbito aparece el transporte público masivo como una posibilidad de mecanismo de ordenamiento del territorio y de orientación del modelo urbano, que debe necesariamente complementarse con los modos no motorizados y tiene la misión de contribuir a regular el uso del automóvil a justas proporciones, con acciones de política pública de gestión del sistema de transporte que contribuyan a dicha situación y no produzcan efectos contraproducentes¹⁴.

Fotografía I-1: Saturación de la infraestructura vial en Bogotá DC

Fuente: www.comunidadindigo.cl (2011)



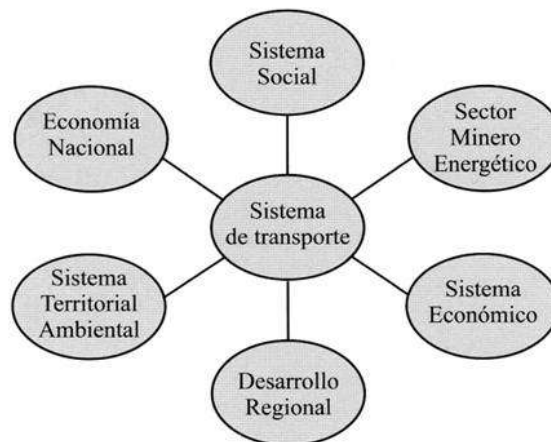
¹⁴ Las medidas de restricción vehicular que no están acompañadas de políticas estrictas de control de crecimiento del parque automotor usualmente tienen el efecto de aumento en la motorización, lo que se observa en el caso de la ciudad de Bogotá DC con la medida de restricción denominada Pico y Placa, primero durante las horas de máxima demanda y luego durante jornadas extensas.

En el caso de las medidas de restricción vehicular el efecto de reducción en la demanda de infraestructura vial es de corto plazo, pues en el mediano y largo plazo se impone la tendencia al incremento en los índices de motorización con la consecuente saturación de dicha infraestructura (ver Fotografía I-1).

Para que el sistema de transporte público cumpla este propósito debe tomarse como elemento de ordenamiento territorial, y en su formulación debe tener en cuenta no solamente su propósito de movilidad¹⁵ sino también su vocación de ordenador de espacio y actividades con la posibilidad del impacto urbanístico, de modo que el desarrollo de la ciudad sea integral (holístico) en vez de una sumatoria de acciones independientes. Esta visión corresponde a un pensamiento sistémico de la movilidad y el territorio.

Según Flechas (2006), en la planificación urbana del territorio el Sistema de Transporte debe ser entendido como un subsistema de sistemas que, como se observa en la Figura I-4, hace parte fundamental de otros sistemas y otras dimensiones de política pública así:

Figura I-4. Transporte como subsistema de sistemas
Fuente: Flechas (2006)



Del Sistema Territorial y Ambiental. Introduce cambios importantes en la geografía física y espacial de una región. El territorio como sistema abierto, dinámico en espacio y tiempo, recibe insumos de innovaciones tecnológicas, es sometido a procesos de cambio continuo, es receptor de decisiones de política de transporte y sus infraestructuras, así como de sus externalidades sobre el ambiente, el paisaje y sobre el individuo mismo.

De la Economía Nacional. La importancia del sector transporte se mide por su participación en PIB, generación de empleo y porque es un servicio público; por esto su actividad depende del contexto económico en que se desarrolle y está sujeto a como

¹⁵ Movilidad como posibilidad de desplazamiento y como oferta a una demanda de transporte.

evolucione las actividades restantes del país. En la economía nacional el sector transporte utiliza un porcentaje alto del presupuesto asignado a gasto público.

Del Sistema Social. Los criterios de rentabilidad económica y social han ido desplazando a los financieros, dando lugar por ejemplo, a justificar otorgamiento de subsidios a grupos poblacionales como personas con movilidad reducida, adultos mayores, estudiantes, entre otros. Dentro de este sistema se incluye también el componente ambiental.

Del Sector Minero y Energético. Es importante por el consumo energético frente al consumo de la industria y de hogares. Este consumo puede ser hasta del 50%, en el cual el transporte individual es el más alto.

Del Sistema Económico. Por la participación en inversión y gasto público. Para satisfacer la demanda es necesario proveer infraestructuras, medios y reglas de operación, sin embargo la infraestructura de transporte es de carácter discreto y su construcción toma largo tiempo, lo que la hace costosa, sobre todo en caso de escasez de recursos fiscales.

Del Desarrollo Regional. El transporte incide en el desarrollo regional e influye en la localización de la población sobre el territorio. De modo que la visión sectorial sea entendida como componente integral de un universo mayor en el que se externalizan todos los efectos, afectando a cada una de sus partes.

Los impactos urbanísticos del sistema de transporte

La ciudad actual y su sistema de movilidad son resultado de sucesos que en el tiempo han relacionado las transformaciones espaciales del territorio con los modos de transporte disponible y/o predominante, en una secuencia de hechos mutuamente relacionados entre sí, y que llevan finalmente a identificar y caracterizar la situación objeto de esta investigación.

Muchos de los impactos urbanísticos generados por el sistema de transporte se creían inherentes al desorden del Transporte Público Tradicional (ver Fotografía I-2) y se pensó que el Sistema de Transporte Masivo sería por sí mismo un paradigma de orden¹⁶.

¹⁶ En el CAPÍTULO 1-TRANSPORTE URBANO Y USO DEL SUELO, se explica cómo concretamente el sistema de transporte por su caracterización lleva a impactos urbanísticos.

Fotografía I-2: Transporte Público Tradicional en Bogotá DC. Carrera Décima
Fuente: Archivo propio (2005)



No ha sido así, para lo que uno de los ejemplos más evidentes es la situación actual de algunos tramos de Troncal Caracas y Portal Norte (TransMilenio Fase 1), en los que no ha sucedido la recuperación del detrimento existente, por el contrario se ha incrementado y en algunos casos creado (ver Fotografía I-3).

De esto se deduce la hipótesis que *la existencia de la infraestructura no garantiza y no es suficiente para la creación y recuperación de calidad en el espacio urbano*, y que es un aspecto más cualitativo que cuantitativo. El estudio de caso de TransMilenio Fase 1, específicamente del eje Troncal Caracas entre calles 6 y 76, y del terminal Portal Norte, es una herramienta de utilidad en la investigación debido a que en estos ejemplos se evidencia claramente el tema del impacto urbanístico creciente con el paso del tiempo¹⁷.

Tanto el sistema de transporte tradicional como el sistema de transporte masivo en su concepción de oferta a una determinada demanda de transporte, sin ser considerados como elementos integrales de ordenamiento del territorio, asocian cada cual unas externalidades según su caracterización de oferta y demanda. Los impactos de juntos sistemas, aunque se puedan agrupar o no como deteriorantes, tienen consecuencias en

¹⁷ En diez años de operación de TransMilenio dinámicas urbanas deteriorantes, propias de centros urbanos, se han mantenido en la Troncal Caracas y se han creado en Portal Norte, lo que evidencia la hipótesis.

el entorno y a determinadas escalas (metropolitanas y locales¹⁸), que deben ser plenamente identificadas, caracterizadas y calificadas para dimensionar el problema.

Fotografía I-3. Avenida Caracas x Calle 56 costado occidental. Bogotá DC

Fuente: Archivo propio (2010)



El problema de investigación

En el proceso de identificación del problema se encuentra que hay afectaciones y dinámicas urbanísticas sin acciones de planificación conducentes a la caracterización de los impactos que afectan directamente el entorno físico y funcional de la ciudad, y que la formulación del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) se ocupa por la dotación de movilidad más que por las relaciones de accesibilidad¹⁹ y de interacción con usos, actividades y apropiación del territorio.

¹⁸ A esta investigación interesa la escala local.

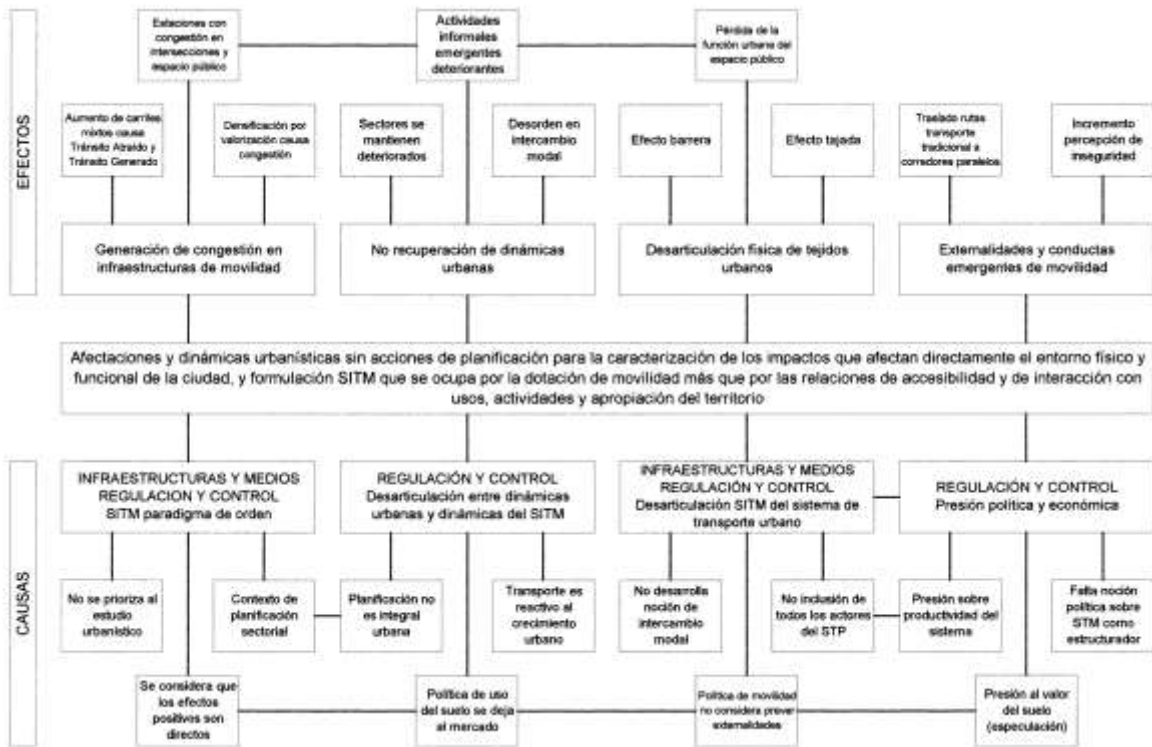
¹⁹ Una definición para los términos movilidad y accesibilidad dada por el investigador es: MOVILIDAD: Posibilidad de desplazamiento y ACCESIBILIDAD: Posibilidad de interacción.

La lógica del urbanismo consiste en que la ciudad crece con la idea fija (estática) de adaptarse al sistema de transporte que se cree más conveniente (el automóvil) con sus respectivas dinámicas urbanas, y el resultado es que el uso de espacio urbano para movilidad, en cantidad y calidad, tiene como consecuencia situaciones para las que es cada vez más complejo proveer soluciones sostenibles.

Además, en la revisión de la bibliografía acerca de TransMilenio se encuentra que hay un aspecto que ha recibido poca atención, tal vez por su poca relevancia en la política u operación del sistema mismo, y es el que tiene que ver con los efectos dinámicos en la forma y uso del espacio urbano, derivados de la interacción entre la oferta de movilidad en transporte masivo y la demanda y el entorno compuesto por ciudad²⁰.

Dentro del marco de la hipótesis que la existencia de infraestructura y la oferta de transporte público no garantizan y no son suficientes para crear y recuperar calidad en el espacio urbano, debido a que en su formulación no se ha incluido la calificación de impactos urbanísticos, hay un esquema en el que se identifican las causas que originan la situación de estudio y los efectos como repercusiones encadenadas del problema. En la Figura I-5 se observa el problema identificado con sus respectivas causas y efectos.

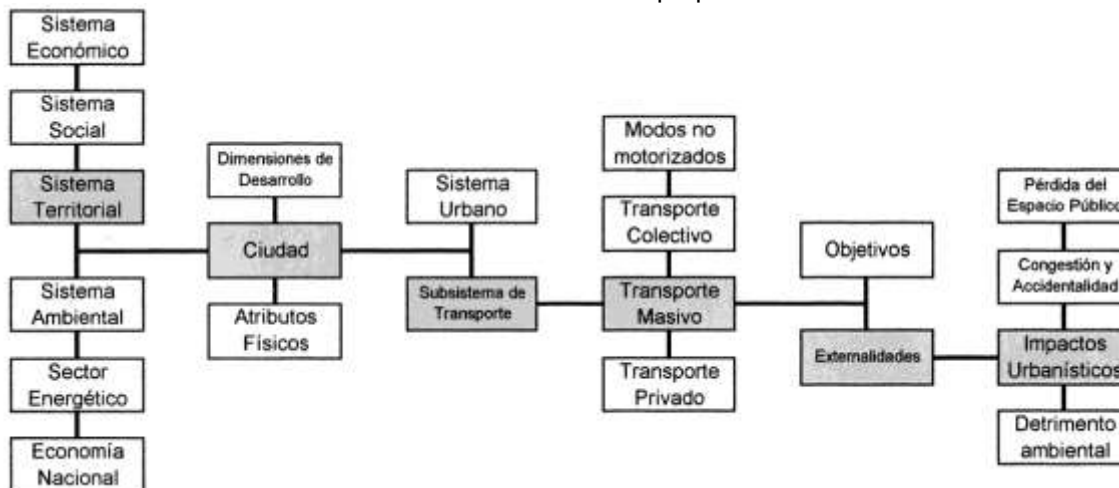
Figura I-5. Árbol del problema
Fuente: Elaboración propia



²⁰ Ardila y Gómez (2008)

En este proceso selectivo de abordar un problema identificado, y para dar a éste una dimensión específica, se hizo una secuencia de colocación del problema en el sistema urbano y subsistema de transporte. En la Figura I-6 se observa que los impactos urbanísticos son externalidades derivadas de la inserción de un sistema de transporte masivo tipo BRT en un contexto urbano (ciudad) con atributos físicos y dimensiones de desarrollo que, a su vez como sistema urbano, es un subsistema de sistemas.

Figura I-6. Pertinencia del problema
Fuente: Elaboración propia



Hipótesis

Una hipótesis (método científico) es una suposición que trata de explicar un fenómeno bajo estudio. El nivel de veracidad que se le otorga depende de la medida en que los datos de investigación apoyan lo afirmado en esta²¹.

Otras definiciones de hipótesis la explican como proposición que permite establecer relaciones entre hechos, y su valor reside en la capacidad para establecer relaciones entre los hechos y explicar el porqué se producen²², o como una proposición respecto a elementos empíricos y otros conceptos y sus relaciones mutuas, que emerge mas allá de los hechos y las experiencias conocidas, con el propósito de llegar a una mayor comprensión de los mismos²³. Para este trabajo se formula la secuencia de hipótesis²⁴:

²¹ www.wikipedia.org

²² Tamayo (1889-75) en: www.monografias.com

²³ Arias (1897-55) en: www.monografias.com

²⁴ Hernández, Fernández y Baptista (2008)

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN: Los Sistemas de Transporte Masivo, la existencia de infraestructura y la oferta de transporte público no garantizan y no son suficientes para crear y recuperar calidad en el espacio urbano, debido a que en su formulación no se ha incluido la calificación de impactos urbanísticos. La utilidad de un mecanismo para identificar impactos urbanísticos negativos y positivos, de manera cualitativa, derivados de sistemas de transporte masivo existentes y en proyecto, es prever, evaluar y propiciar iniciativas conducentes a generar acciones estratégicas de política pública para la gestión urbana y de la movilidad.

HIPÓTESIS DE DIAGNÓSTICO: La visión no holística de la planeación urbana y del transporte hará que se continúe teniendo los efectos vistos en el sistema de transporte masivo existente como son generación de congestión en infraestructuras de movilidad, no recuperación de dinámicas urbanas, desarticulación física de tejidos urbanos y externalidades.

HIPÓTESIS DE CONTROL: Un sistema de alarma para calificación de impactos urbanísticos de sistemas de transporte masivo urbano deberá permitir prever evitar los efectos vistos hasta ahora en el sistema TransMilenio, como son impactos urbanísticos que se han acentuado con el tiempo y que no fueron advertidos por sus planeadores.

Objetivo general

- Determinar criterios metodológicos para el análisis y evaluación cualitativa del impacto urbanístico de sistemas de transporte público masivo, por medio de un sistema de alarma, y aplicarlos en un estudio de caso específico como TransMilenio en la ciudad de Bogotá DC para su validación.

Objetivos específicos

- Aplicar e integrar los conocimientos y herramientas aprendidos en la Maestría en Ingeniería de Transporte en el análisis de un problema urbano y de movilidad, y la propuesta de soluciones.
- Construir una visión general, desde el punto de vista del urbanismo, sobre el origen de las situaciones de la ciudad respecto del uso del suelo, accesibilidad, movilidad, gobernabilidad y utilización de recursos.
- Entender la tendencia de la ciudad actual para tener herramientas conceptuales que contribuyan en la generación de soluciones en el modelo de ciudad previsto por el Plan de Ordenamiento Territorial.
- Estudiar al sistema de alarma como instrumento para identificar amenazas y una manera de advertir con la consecuente función disuasoria.
- Determinar la influencia que tiene el sistema de transporte en la forma de la ciudad.
- Identificar cómo los impactos urbanísticos pueden ser efectos indirectos y no esperados de las acciones de planeación.

- Determinar indicadores de impacto urbanístico y una metodología de calificación cualitativa para soportar el sistema de alarma.

Metodología de la investigación

Los criterios metodológicos referidos en el objetivo general son mecanismos para crear, implementar y utilizar el instrumento para el análisis y evaluación cualitativa del impacto urbanístico de sistemas de transporte público masivo, representado en el sistema de alarma. Estos criterios, para efectos de la investigación, pueden determinarse como:

- Metodología y/o proceso
- Modelo y/o sistema
- Instrumento de diseño, planificación y/o gestión

En la secuencia de actividades conducente a la formulación del sistema de alarma se especifica el tipo de criterio metodológico y su alcance como componente integral para la consecución del propósito general de la investigación.

Para llegar a la formulación de un sistema de alarma para calificación de impactos urbanísticos se procede a construir un marco conceptual donde en el CAPÍTULO 1 se hace una visión del transporte urbano sostenible como marco del deber ser del sistema de transporte en relación con el sistema urbano, se observan nociones de priorización del transporte masivo como ordenador del territorio y se caracteriza y determina cómo el transporte urbano, observando el caso de Bogotá DC, hace una producción de territorio dado modelos de implantación existentes.

En el CAPÍTULO 2 se definen los conceptos de riesgo, gestión del riesgo y sistema de alarma, y su aplicabilidad al análisis de la inserción de BRT en entornos urbanos consolidados. En el CAPÍTULO 3 se identifican los impactos urbanísticos del sistema de transporte con base en el marco conceptual dado en los capítulos anteriores, y se precisan conceptos y una visión asociada al estudio del urbanismo, para determinar las amenazas derivadas de las externalidades del sistema de transporte. Se enumeran y caracterizan los riesgos y los impactos derivados, para luego determinar los componentes y la matriz de calificación de riesgo, su modo de aplicabilidad y de obtención de información; el resultado es una matriz de escalas urbanas, momentos, variables e indicadores.

Finalmente, en el CAPÍTULO 4, se hace la validación del sistema de alarma utilizando como estudio de caso dos tramos del sistema TransMilenio Fase 1 en Bogotá DC. En esta validación se proponen unas metodologías para la elaboración del sistema de alarma, y para la selección y elaboración de los estudios de caso.

1. Transporte Urbano y Uso del Suelo

...La ciudad debe legislar sobre su propia forma física, toda vez que para ello no hay vida posible sin autoprogramación de sus formas, su perímetro, sus lugares y sus espacios...
Ansay, Penser la ville

1.1 Transporte Urbano Sostenible²⁵

De acuerdo con World Commission on Environment and Development (1987) Desarrollo Sostenible se define como aquel desarrollo²⁶ que resuelve las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus necesidades. Dentro de este contexto el Transporte Sostenible²⁷ se caracteriza por:

- Cumple la necesidad básica de acceso de las personas de forma segura y consistente con la salud humana y del ecosistema, y equitativamente entre generaciones.
- Es alcanzable, opera razonablemente, ofrece escogencia modal y soporta la economía.
- Limita las emisiones y los desperdicios dentro de la habilidad del planeta para absorberlos; optimiza el consumo de recursos; reutiliza y recicla sus componentes; y minimiza el uso de la tierra y la producción de ruido y de contaminación visual.

²⁵ El presente subcapítulo se fundamenta en buena parte en Duarte (2009)

²⁶ Cuervo (2006): "Desarrollo es una idea, una representación, una imagen socialmente construida de un estado deseable. Implica que la sociedad puede y debe intervenir en su consecución a través de la acción colectiva".

²⁷ Definición adaptada por Duarte (2009) de "Centre for Sustainable Transportation of Canadá" en: www.cstctd.org

La Unión Internacional de Transporte Público (2003) define la Movilidad Sostenible como la conjugación de tres componentes: medio ambiente, sociedad y economía, que están interrelacionados entre sí (ver Cuadro 1-1 y Figura 1-1).

Cuadro 1-1. Componentes de la movilidad sostenible

Fuente: Elaboración propia con base en UITP (2003)

Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Uso más eficiente de los recursos no renovables - Reducción de gases de efecto invernadero mediante uso racional del transporte - Distribución equitativa del espacio urbano para modos eficientes de transporte - Legislar, implementar políticas y cambios orientados a prácticas más sostenibles - Promover un transporte público con emisiones bajas o nulas
Sociedad	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento constante de la población mundial - Viajar con seguridad, una preocupación para todos - Hábitos sanos de movilidad, ciudades sanas y aire limpio, un beneficio para todos - Acceso equitativo a educación, trabajo, ocio, servicios, un derecho para todos
Economía	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir costos de transporte y energía con redes intermodales de transporte eficientes - Potenciar el crecimiento económico con transporte seguro y accesible para todos - Estructurar y regular el transporte para una sostenibilidad a largo plazo - Destinar el recaudo de peajes y estacionamiento a sistemas de transporte público

Figura 1-1. Componentes de la movilidad sostenible

Fuente: UITP (2003)



Según estas definiciones, la Economía Sostenible hace énfasis en la suficiencia más que en el consumismo y distingue entre:

- *Crecimiento* como aumento de la cantidad
- *Desarrollo* como aumento de la calidad

Es así como aparece el sistema de transporte asociado al tipo de crecimiento urbano, y sus consecuencias en tanto simple crecimiento o el desarrollo deseado, de modo que la relación de bidireccionalidad entre sistema urbano y de transporte se expresa en densidad o expansión, ajustadas a los atributos de dichos sistemas.

1.1.1 El Automóvil frente al transporte público

El automóvil ha influido enormemente en el diseño urbano y ha cambiado el patrón de vida de casi todas las ciudades del mundo; sin embargo, los recursos públicos esenciales para un satisfactorio nivel de vida son escasos y se encuentran dispersos, y la población sin acceso al vehículo privado tiene dificultades para acomodarse a ese modelo urbano, pues los otros modos no pueden servir tan adecuadamente al modelo disperso creado por el automóvil.

Desde el enfoque del transporte sostenible existe la tesis que el automóvil es menos sostenible que el transporte público. La tendencia real, que se sustenta en cifras, es el incremento de los índices de motorización y la constante pérdida de pasajeros por parte del transporte público.

Figura 1-2. Tendencia de transporte de pasajeros en países en transición a la UE
Fuente: Central European Initiative (1999)

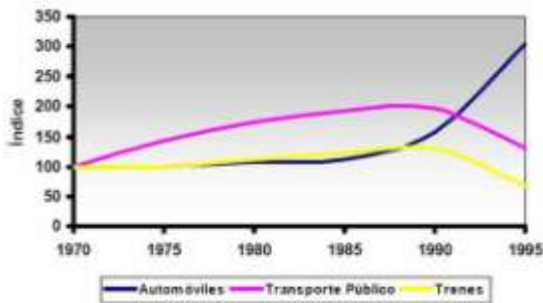
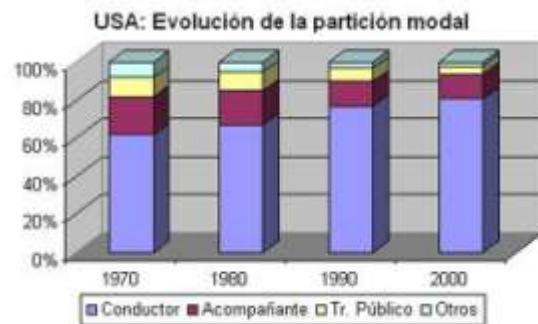


Figura 1-3. Evolución de la partición modal en EEUU
Fuente: Banco Mundial (2001)



En la Figura 1-2 se muestra la tendencia del transporte público de pasajeros en los países en transición a la Unión Europea²⁸ para el período 1970-1995, en comparación con las del vehículo particular y los trenes. Hay una reducción importante del transporte público y del uso del tren a cambio de aumento en el uso del automóvil particular. En

²⁸ Países de Europa Central (hacen parte de CEI o Iniciativa de Europa Central) entre los que se encuentran Polonia, República Checa, Hungría, Bosnia, Macedonia, Bulgaria, Rumania, Eslovenia, Croacia, entre otros.

EEUU (ver Figura 1-3) la tendencia a vehículos particulares con un solo ocupante ha sido también creciente.

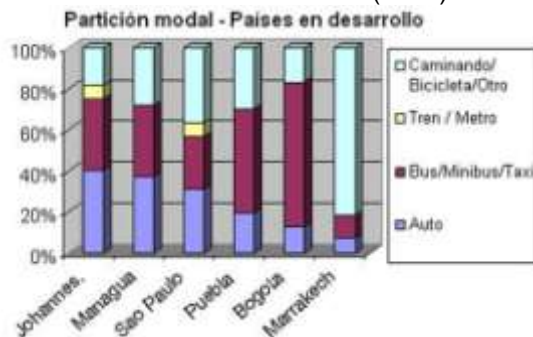
Figura 1-4. Partición modal en países desarrollados año 2001

Fuente: Banco Mundial (2001)



Figura 1-5. Partición modal en países en desarrollo año 2001

Fuente: Banco Mundial (2001)



En las Figuras 1-4 y 1-5 se observa cómo el incremento en el uso del automóvil privado afecta la partición modal en todo el mundo, siendo los países desarrollados más afectados que los países en desarrollo. Esta afirmación se sustenta en la hipótesis que con mayor nivel de ingresos se sustituye el uso del transporte público por el automóvil.

1.1.1.1 Índice de motorización

El índice de motorización es un indicador de propiedad de vehículos particulares que se puede expresar en términos de número de automóviles por mil habitantes, o de forma inversa, en número de habitantes por vehículo. Este índice se incrementa en la medida que mejora el ingreso y el bienestar económico de los ciudadanos.

Para Bogotá DC, por ejemplo, en el año 1995²⁹ el índice de motorización era de 12,1 habitantes por vehículo, o de 82,6 vehículos por mil habitantes. Para Colombia³⁰ en el año 2004 se tienen 30,4 habitantes por automóvil o en su equivalente 32,9 vehículos por mil habitantes. Estos índices son bajos si se les compara con países desarrollados, en Estados Unidos, por ejemplo, en el año 2004 los índices superan 500 vehículos por mil habitantes, es decir, menos de dos personas por vehículo. Otras cifras se observan en las Figuras 1-6 y 1-7.

²⁹ JICA (1996)

³⁰ Ministerio de Transporte (2004)

Figura 1-6. Evolución índice de motorización en países desarrollados
Fuente: Litman (2003)

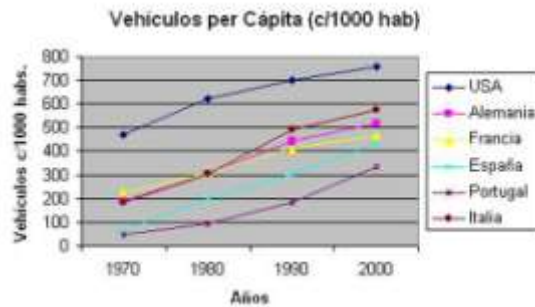


Figura 1-7. Índice de motorización en países en desarrollo año 2005
Fuente: Banco Mundial (2005)



Colmenares (2011) señala que los índices internacionales de movilidad dan cuenta de valores de entre 1,2 a 1,5 pasajeros por vehículo privado circulando en gran parte de las avenidas y autopistas a nivel global. El crecimiento del índice de motorización tiene también coligado el incremento en el mercado del automóvil, que se asocia a baja en los precios de producción por:

- Economías de escala³¹.
- Baja en los precios finales de venta por reducción de impuestos³².
- Mercado emergente de India y China aumenta las cifras del mercado mundial³³.

Clopatofsky (2007 y 2011) muestra indicadores que señalan la tendencia:

- En 2014 India tendrá un mercado de 3,3 millones de carros por año.
- China vendió 13,8 millones de carros en 2009 y se estima que este mercado aumentará a 16,5 millones en 2014, y a 40 millones en 2020.
- La marca India Tata proyecta lanzar un vehículo de 4 puestos, velocidad 140 Km/h y precio de fabricación US 2500, que con impuestos en Colombia sería aproximadamente \$10 millones.
- Hyundai produce en modelo Santro en India con precio base de US 6300.
- Suzuki ofrece vehículos a US 4400 en vitrina en India.

En la Figura 1-8 se observa el crecimiento del mercado del automóvil en Colombia, con cifras de ventas anuales de vehículos desde el año 1982 hasta el año 2010.

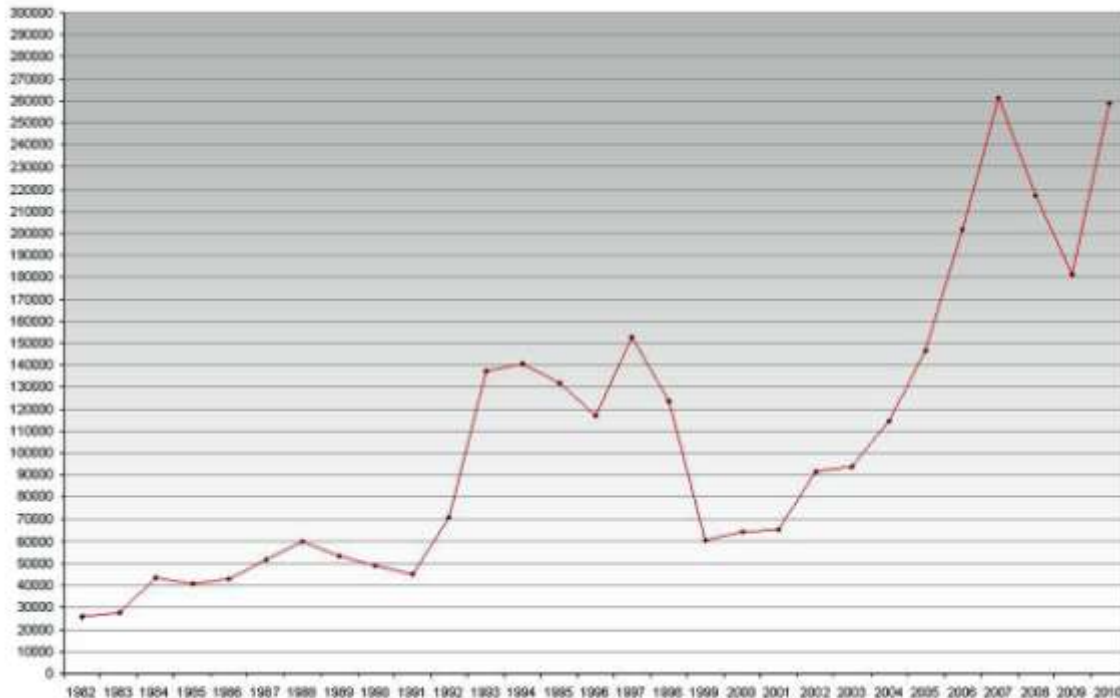
³¹ Proceso cíclico de baja en precios de producción por aumento de mercado, y por fusión de compañías automotrices.

³² Por asociaciones de libre comercio de países o grupos de países, y por políticas para crecimiento del mercado.

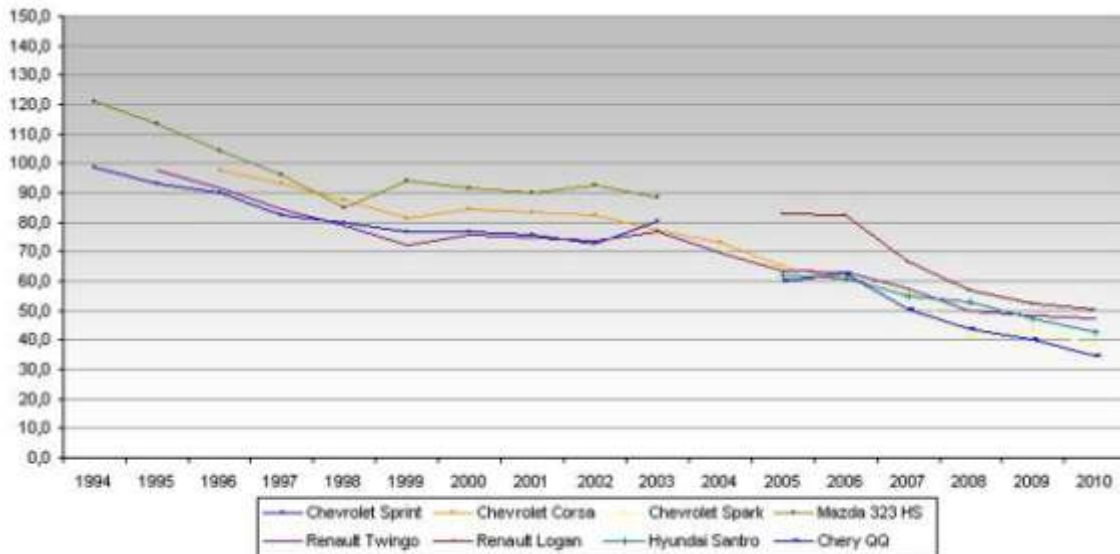
³³ Producción de vehículos a menor costo por oferta de obra de mano económica.

Figura 1-8. Venta de automóviles en Colombia 1982-2010

Fuente: Elaboración propia con base en Clopatofsky, José. Revista Motor 25 Años (2006)

**Figura 1-9.** Valor de automóviles de segmento popular en Colombia

Fuente: Elaboración propia con base en Clopatofsky, José. Revista Motor 25 Años (2006)



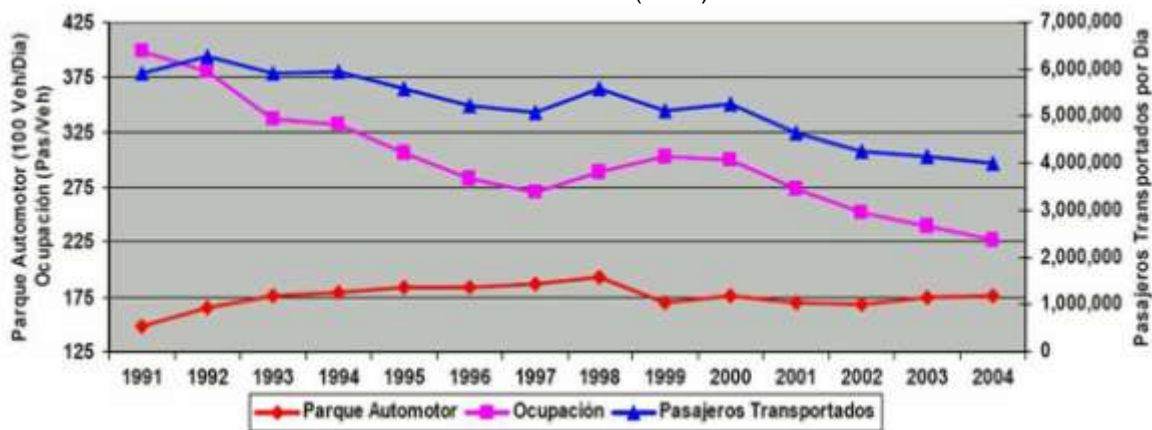
Otra razón para el crecimiento del mercado del automóvil es el crecimiento del poder adquisitivo de las personas dado por, como se mencionó, el mejoramiento del ingreso de las personas, el crecimiento de la economía y la baja en el precio de venta. En la Figura

1-9 se observa un indicador en el que se toma el valor de varios vehículos de segmento popular en un año determinado y se divide entre el valor del salario mínimo de dicho año, lo que da el valor corriente del vehículo en salarios mínimos. Se ha pasado de un promedio de costo de 96 salarios mínimos en 1996 a 43 salarios mínimos en 2010.

1.1.1.2 Dinámica del transporte urbano

Como afirma Duarte (2009) los modos diferentes al vehículo privado no pueden servir tan adecuadamente al modelo urbano disperso y extenso creado por el automóvil, y el incremento de los índices de motorización y ocupación del espacio público urbano por el automóvil llevan a la constante pérdida de pasajeros por parte del transporte público.

Figura 1-10. Parque automotor, ocupación y pasajeros TPC Bogotá DC
Fuente: Duarte (2008)



La caída en el uso del transporte público colectivo de Bogotá DC se puede explicar en alguna proporción con la entrada en operación de TransMilenio en el año 2000, sin embargo en la Figura 1-10 se muestra que la tendencia viene de años atrás. Para Colombia los indicadores de Transporte Público en ciudades muestran condiciones de deficiencia, incluso frente a otras ciudades de Latinoamérica (ver Cuadro 1-2).

Cuadro 1-2. Indicadores de Transporte Público Colectivo en ciudades de Colombia
Fuente: DNP. Documento CONPES 3260 (2003)

INDICADOR	CIUDADES DE COLOMBIA	CIUDADES MODELO DE LATINOAMÉRICA
Ocupación media (pasajeros/bus/día)	280 - 320	500 - 800
Vehículos TPC / millón de habitantes	1500 - 3400	700 - 1500
Km de rutas / millón de habitantes	2200 - 5100	400 - 2000
Velocidad corredores principales en km/h	8 - 12	20 - 25
Edad promedio vehículos TPC en años	10 - 18	4 - 9

El transporte público colectivo de las ciudades de Colombia tiene entonces la mitad de ocupación media, y el doble de vehículos y extensión de rutas en comparación con

ciudades latinoamericanas modelo. Esto hace inviable el esquema financiero desde el punto de vista del ingreso por tarifa y reduce las posibilidades de reinversión de capital por sobrecostos en operación, dada la baja velocidad y alta extensión de recorridos.

La espiral de deterioro del transporte público (ver Figura 1-11) explica este proceso cíclico en el que a partir de la caída en el uso del transporte público se tiene que incrementar la tarifa para mantener la operación del sistema. A pesar de lo anterior hay unas condiciones no óptimas y costosas³⁴ en las que el usuario ve atractivo al automóvil, con la consecuente congestión y por tanto reducción en la velocidad de operación del transporte público³⁵ que a su vez lleva a más caída en su utilización. Así sucesivamente con externalidades como crecimiento de transporte informal, exclusión social de la movilidad, baja rentabilidad en la operación del transporte público y expansión con baja densidad a causa del crecimiento en la motorización.

Figura 1-11. Espiral de deterioro del transporte público

Fuente: Flechas (2006)



Este es, en resumen, el principal problema del transporte público derivado de la motorización y la única manera de romper este ciclo es, a juicio de este investigador, mejorar y priorizar las condiciones del transporte público, colectivo y masivo, de modo que sea una alternativa atractiva y aceptable para los usuarios del automóvil.

³⁴ En dinero, tiempo, comodidad, confiabilidad, seguridad, entre otras.

³⁵ Esta reducción aplica en casos de transporte público que opera en tránsito mixto y/o se interfiere por éste.

1.1.2 Crecimiento Inteligente frente a expansión

La ciudad es un fenómeno social, producto de las relaciones de interdependencia entre los elementos de la estructura física y las dimensiones socioeconómicas (ver Figura I-1) que se producen dentro de su espacio. En la medida en que los usos del suelo urbano estén dispersos y distantes, esta interdependencia determina las necesidades e intensidades de movilización de sus habitantes, conformándose así un sistema que evoluciona (dinámico), donde los flujos de transporte cambian en respuesta a modificaciones en los usos de la tierra y viceversa.

El transporte además de servir una zona afecta su desarrollo, y esta interrelación sugiere la implementación de propuestas de transporte que puedan ser utilizadas positivamente como determinantes de la forma urbana. Así mismo, el impacto causado en la estructura urbana determina las posibles modificaciones al sistema de transporte.

Los impactos a los usos del suelo se refieren a los efectos que el transporte y en particular su infraestructura pueden tener en la localización, diseño y características de las ciudades. A este respecto Litman (2003) asocia atributos a usos del suelo, y los compara desde la perspectiva de crecimiento inteligente o sostenible, y crecimiento en expansión sin restricción (ver Cuadro 1-3).

Cuadro 1-3. Comparación entre expansión y crecimiento inteligente de las ciudades
Fuente: Litman (2003)

ATRIBUTO	EXPANSIÓN	CRECIMIENTO INTELIGENTE
Densidad	- Baja densidad	- Alta densidad
Característica del crecimiento	- Desarrollo en la periferia urbana (en los espacios verdes)	- Desarrollo (relleno) de las zonas urbanas
Mezcla del uso de los suelos	- Usos del suelo homogéneos	- Mezcla de usos del suelo
Escala	- Grandes construcciones y vías anchas - Poco detalle, se aprecia el paisaje de lejos	- Escala humana - Construcciones y vías más pequeños - Más detalle en el cuidado y diseño de construcciones para peatones
Transporte	- Orientado al uso del automóvil - Poco conveniente para peatones, ciclistas y transporte público	- Multimodal - Apoya el transporte público, ciclistas y peatones
Diseño de las vías	- Vías diseñadas para maximizar el tráfico y las velocidades del automóvil	- Vías diseñadas para satisfacer diferentes actividades y calmar el tráfico
Proceso de planeación	- Poca planeación y coordinación entre jurisdicciones y empresarios	- Buena planeación y coordinación entre jurisdicciones y empresarios
Espacio público	- Acentúa las zonas privadas (patios, centros comerciales, clubes privados)	- Acentúa el espacio público (vías públicas, parques, zonas peatonales)

La expansión de los usos del suelo aumenta los costos para proporcionar movilidad diaria a personas desfavorecidas, mientras que los usos del suelo más accesibles y eficientes tienden a aumentar la productividad económica y el desarrollo. Las altas densidades y la agrupación de actividades proporcionan eficiencia ya que aumentan la accesibilidad³⁶ y las interacciones.

Según Monzón (2004) el proceso de suburbanización de ciudades debido a la dispersión induce un aumento del tiempo y de la longitud de los viajes realizados, lo que lleva a elegir el modo privado (para compensar distancia con velocidad y comodidad), por lo que hay más automóviles que a su vez congestionan y producen ruido y accidentalidad, lo que hace a las personas buscar un ambiente más disperso, que finalmente lleva a largas distancias, y así sucesivamente. Este ciclo se explica en la Figura 1-12.

Figura 1-12. Ciclo de la movilidad urbana y el uso del suelo
Fuente: Monzón (2004)



De este modo se comprueba la relación de bidireccionalidad entre sistema urbano y sistema de transporte, en donde una noción inadecuada de producción de territorio puede llevar a costos financieros, económicos, sociales y ambientales altos a cambio de la consecución de una noción de desarrollo representada en un modelo urbano. Es necesario entonces entender y establecer el propósito del transporte urbano.

³⁶ Definida por Duarte (2009) como habilidad para acceder a destinos y actividades deseadas.

1.1.3 El propósito del transporte urbano

La noción de planear, desarrollar y/o mejorar el sistema de transporte debe conllevar a dar beneficios a sus usuarios. En primera instancia se deben lograr reducciones en los tiempos de viaje de los pasajeros, disminuciones en los costos de operación vehicular y reducción en los índices de accidentalidad. Si el mejoramiento de dichos índices se acompaña de una mejora cualitativa del sistema de transporte, el usuario percibirá un medio de movilización más agradable, el desplazamiento cotidiano se hará de manera más digna, y se tendrá la posibilidad de escogencia modal.

▪ 1.1.3.1 Objetivos del transporte urbano

La Planeación de Transporte es la predicción de las necesidades de un sistema de movilidad y de las consecuencias de la implantación de nuevas facilidades, de modo que se garantice una movilidad segura, confiable y económica. Se debe asegurar el uso eficiente de las facilidades existentes antes de pensar en nuevas inversiones en infraestructura, las cuales además de ser cuantiosas, requieren plazos generalmente largos para su ejecución y puesta en servicio.

Cuadro 1-4. Objetivos de la planeación del transporte urbano
Fuente: Molinero y Sánchez (2002)

OBJETIVOS GENERALES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Aumentar el bienestar de la comunidad, mejorando la calidad de vida y su medio ambiente	Mejorar la accesibilidad a vivienda, empleo, educación, servicios de salud, actividades comerciales, servicios públicos, actividades sociales y culturales
Asegurar la utilización eficiente de los recursos	Proteger el ambiente contra: carburantes, terrenos, materias primas Mejorar el acceso a fuentes de aprovisionamiento Reciclar recursos
Promover una sociedad democrática, justa e igualitaria	Teniendo en cuenta intereses de cada uno de los grupos: - edad, sexo, situación familiar, ingresos - tipo de vivienda - acceso a un medio de transporte - el comercio y la industria - los administradores - instituciones involucradas Asegurar procesos políticos y administrativos adecuados a: - delimitación precisa de responsabilidades - coordinación entre sectores públicos y privados - participación pública en los procesos
Mejorar las bases económicas	Reducir los costos del transporte Reducir efectos directos e indirectos sobre el medioambiente y la sociedad Mejorar la eficiencia económica

Según Molinero y Sánchez (2002) la finalidad de la planeación es desarrollar una secuencia de actividades establecidas, e integrar una serie de planes y programas

coordinados entre sí para alcanzar objetivos específicos a lo largo de un período determinado. Estos objetivos se observan en el Cuadro 1-4.

Estos objetivos son el deber ser de un sistema de transporte inserto en un entorno urbano con unos atributos y dimensiones, para lo que también es necesario definir la estrategia para lograr una bidireccionalidad equitativa en beneficios.

- 1.1.3.2 Política de transporte

Duarte (2009) define como política de transporte, las intenciones globales y de orientación relativas al transporte³⁷. Cuando se formula una política de transporte, es necesario definir objetivos que sean realizables y estrechamente relacionados con los objetivos de otras políticas del área de la planeación, como vivienda, industria, servicios públicos, y comercio, entre otros.

Cuadro 1-5. Estrategias para la planeación del transporte urbano

Fuente: Elaboración propia con base en Duarte (2009)

Fortalecimiento de las instituciones	Mejorar el modelo de gestión del sistema para lograr que las instituciones sean capaces de preparar e implementar sus políticas y programas de manera autónoma.
Transporte como determinante de forma urbana y viceversa	Identificar y definir objetivos de todo el sistema urbano, incluyendo el sistema de transporte. Realización de propuestas de transporte que puedan ser utilizadas positivamente como determinantes de forma urbana.
Proyectos intensivos en capital	Realizar grandes proyectos intensivos en capital, que superen la visión cerrada del simple aumento de infraestructura. Proyecto con equidad en las ganancias para inversionistas y las ciudades mismas.
Mejoramiento y mantenimiento vial	Utilización más eficiente de la infraestructura, por mejoramiento de sus condiciones, a costos razonables.
Mejoramiento del transporte público	Garantizar la movilidad optimizando el uso de la infraestructura por usuario movilizado y hacerle al sistema de transporte público ajustes permanentes para adaptarlo al crecimiento natural de la ciudad.
Campañas educativas	Para todos los usuarios, teniendo en cuenta que el comportamiento de conductor, peatón y usuario del transporte público es importante para lograr la eficiencia del sistema.
Gestión y manejo del tráfico	Permitir la utilización más eficiente de los recursos disponibles del sistema de transporte, tendiente a aumentar la capacidad de la infraestructura vial.
Uso de tecnología	Para disminuir las necesidades de movilización y/o mejorar los hábitos de movilidad.

³⁷ Transporte es el movimiento de personas y de bienes o mercancías y en este sentido, una política de transporte puede cubrir o involucrar uno o varios modos de transporte.

Debe tenerse en cuenta que todos los objetivos de política tienen implicaciones económicas y financieras, por lo tanto, es vital asegurar que los sistemas de transporte sean tan sostenibles y eficientes como sea posible dentro de las limitaciones prácticas bajo las que ellos operan. No existe un método universalmente aceptado para diseñar una estrategia de transporte urbano, por lo tanto cada situación tiene que ser considerada teniendo en cuenta las características particulares de cada localidad. Sin embargo hay unas políticas generales que pueden ser consideradas desde la óptica del transporte sostenible (ver Cuadro 1-5).

Los objetivos y estrategias de la planeación se orientan entonces no solo a acciones de infraestructura vial, dotación de equipos de transporte y métodos de operación, sino principalmente a la disminución de impactos socioeconómicos y del medio ambiente por medio del logro del equilibrio entre los componentes del espacio urbano.

El propósito final de la planeación y de la política de transporte urbano sostenible es lograr un sistema de transporte público que se convierta en alternativa al transporte privado en cuanto a velocidad, calidad y seguridad, con el consecuente beneficio para un número mayor de personas usuarias y para la comunidad en general.

1.2 El Transporte Masivo como herramienta de ordenamiento

...Habrà que desarrollar modelos de ciudades en las que pueda vivirse con un coche individual del tipo que fuere. No podemos partir de la base que este invento debe desaparecer
...Se hace imposible avanzar un pronóstico de los niveles de catástrofe a que llegará el parque móvil y a qué soluciones habrá que recurrir para paliar el problema...
Rob Krier (1979)

Según la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes³⁸, “en el año 2040 Bogotá tendrá cuatro millones de automóviles, frente a los 700 mil de hoy, y las motocicletas llegarán a 500 mil unidades”. Con dichas proyecciones este autor considera dos opciones para la ciudad:

- Construir vías y permitir la expansión a la periferia ó
- Privilegiar el transporte público para desincentivar el uso del automóvil particular

³⁸ Bocarejo (2010)

El primer escenario plantea que se adopte el modelo extendido de la ciudad norteamericana³⁹ cuya consecuencia para el año 2040 sería el aumento de viajes diarios en automóvil de 1,8 millones de hoy a cerca de 8 millones, y los viajes en motocicleta a 2 millones; y cuyo resultado directo es la disminución en el uso del transporte público. El segundo escenario privilegia el transporte sostenible, no permite la disminución del transporte público y promueve la densidad.

En cualquier caso el propósito debe ser administrar el sistema de transporte para imponer modos autosostenibles, y que involucren los aspectos de la vida urbana. Así, un mal transporte se relaciona con la pobreza, pues la inequidad social se asocia al no acceso al transporte, y por ende a otras oportunidades. También es un asunto de recursos energéticos, y de salud pública, no solo por los efectos de la calidad ambiental, sino por la calamidad que es la accidentalidad.

Dado que la organización eficiente de las ciudades requiere de una adecuada provisión de acceso y movilidad, en muchos casos se trata de resolver el problema de transporte suministrando capacidad adicional, especialmente en infraestructura vial. En el caso de Ciudad de México, por ejemplo, se utiliza una estrategia (derivada de una política) de atender a la demanda con aumento en la oferta de infraestructura en dos maneras:

- Aumentando la capacidad en número de carriles⁴⁰
- Utilizando vías de más de un nivel

Fotografía 1-1. Infraestructura vial en México
Fuente: Archivo propio (2010)



Fotografía 1-2. Infraestructura vial en México
Fuente: Archivo propio (2010)



³⁹ Ver Capítulo 1.1.2 Crecimiento inteligente frente a expansión

⁴⁰ Sin afectar la sección transversal (distancia) entre paramentos

En la Fotografía 1-1 se observa una vía de jerarquía intermedia en la que se colocan carriles estrechos (de aproximadamente 3 metros) y se reducen las aceras peatonales, para aumentar la capacidad en número de carriles. En la Fotografía 1-2 se observa un viaducto, también con carriles estrechos. En cualquiera de los dos casos el tránsito atraído y el tránsito generado ocupan rápidamente la capacidad ofrecida.

Por lo anterior es necesario que en la coordinación entre planeación urbana y de transporte se desarrollen los modos que mejor atiendan la demanda de personas y no de automóviles, para lo cual los sistemas masivos pueden ser los más adecuados.

1.2.1 Justificaciones y aplicación de la prioridad al transporte masivo

La oferta actual del sistema de transporte tiene dos nichos importantes que responden a las necesidades del usuario según sus características (ver Cuadro 1-6). A este respecto el automóvil responde a las expectativas del usuario (individuo), orientadas más que todo a la comodidad personal para realizar el viaje, mientras que el transporte masivo responde a las expectativas de la comunidad⁴¹, en tanto los atributos del sistema benefician a un número mayor de personas.

Cuadro 1-6. Ventajas comparativas del automóvil y del transporte masivo

Fuente: Elaboración propia con base en Merlín (1996)

Automóvil	Transporte Masivo
- Disponibilidad	- Capacidad ofrecida
- Privacidad	- Costos de inversión
- Ausencia de transbordos	- Gasto energético
- Trayecto puerta a puerta	- Externalidades menores
- Espacio interior disponible	- Seguridad
- Comodidad de los asientos	- Utilización del espacio público

- 1.2.1.1 Justificaciones de la prioridad al transporte masivo

En el ejercicio de la planeación del sistema urbano y de transporte se tiene que determinar el equilibrio que se debe establecer entre el interés particular y el interés general, y para hacerlo hay que precisar las ventajas del transporte masivo.

⁴¹ A este respecto Molinero y Sánchez (2002) enuncian los requerimientos de un sistema de transporte y de sus componentes para evaluar las necesidades reales del sistema mismo (ver Cuadro I-3).

El derecho al transporte

La noción del derecho al transporte es un análisis pertinente a la situación de la sociedad urbana, para la que el transporte constituye con el domicilio, el trabajo y el esparcimiento, uno de los pilares de la cotidianidad. Se pueden, en efecto, definir cuatro categorías de población en cuanto a su situación en relación al transporte (ver Cuadro 1-7).

Cuadro 1-7. Categorías de población respecto del acceso al transporte urbano
Fuente: Elaboración propia con base en Merlín (1996)

Disponibilidad completa de automóvil	<ul style="list-style-type: none"> - Vehículo propio - Se dispone de un automóvil permanente o cuando se desea - Se recurre al transporte público voluntariamente
Cautividad relativa	<ul style="list-style-type: none"> - Vehículo familiar - Se dispone de un automóvil sólo cuando ninguno otro lo utiliza - Se recurre al transporte público frecuentemente
Cautividad absoluta	<ul style="list-style-type: none"> - No hay vehículo - Se dispone de un automóvil ajeno y excepcionalmente - Se recurre al transporte público obligatoriamente
Exclusión	<ul style="list-style-type: none"> - Excluidos del sistema de transporte - Se vive en un lugar sin transporte público, no se tiene recursos para pagarlo o se es inválido para utilizarlo

El derecho al transporte supone, en las ciudades de los países en desarrollo, que el sistema preste servicio a todos los puntos de la red, en cualquier momento y a un costo accesible (tarifa) para todos los ciudadanos.

Cuadro 1-8. Desigualdad frente al transporte según el grado de desarrollo
Fuente: Merlín (1996)

	Países desarrollados	Países en vía de desarrollo	Países subdesarrollados	Países socialistas
Disponibilidad completa de automóvil	35	más o menos 10	1	más o menos 10
Cautividad relativa	40	más o menos 30	4	10 a 30
Cautividad absoluta	20 a 25	40 a 60	40 a 50	50 a 70
Exclusión	0 a 5	más o menos 10	más o menos 50	0 a 5

En el Cuadro 1-8 se observa cómo los países que no están en la categoría de desarrollados tienen una situación de cautividad absoluta en relación al transporte público y lo utilizan obligatoriamente. Del transporte masivo dependen alrededor de dos tercios de la población, lo que es la primera justificación y más fuerte para priorizarlo.

Los costos de inversión

Para una ciudad se incrementan los costos de inversión en un sistema de transporte si la capacidad ofrecida es insuficiente a causa del crecimiento de la demanda, bien sea por aumento de la población, densidad u otros motivos.

En el Cuadro 1-9 se observa que para una ciudad media el costo de autopista es cercano al de un metro, pero la capacidad es la mitad; y en el caso de otros tipos de transporte masivo como tranvía o bus el costo de inversión es proporcional a su capacidad.

Cuadro 1-9. Costo comparado de inversión en sistema de transporte para ciudad de 2 millones de habitantes
Fuente: Merlín (1996)

MEDIO DE TRANSPORTE	Automóvil Autopista 2 carriles	Metro	Tranvía moderno	Autobús en el sitio
Capacidad (pasajeros/hora/sentido)	4800	9600	5000	2400
Costo de construcción Km (millones)	400	400	100 o más	50 o más
- en el centro	120 a 150	200	70	35
- en suburbio cercano	80 a 100	70	40 a 50	20 a 25
- en suburbio lejano	-	-	-	-
- fuera del conglomerado	25	-	-	-

En el Cuadro 1-10 se observa que para una ciudad muy grande el costo de una autopista es muy cercano, a igual distancia al centro, de aquel de una línea de metro pesado, pero la capacidad de este último es 7 u 8 veces mayor que aquel de la autopista.

Cuadro 1-10. Costo comparado de inversión en sistema de transporte para ciudad de 10 millones de habitantes
Fuente: Merlín (1996)

MEDIO DE TRANSPORTE	Automóvil Autopista 3 carriles	Metro regional	Metro	Tranvía moderno	Autobús en el sitio
Capacidad (pasajeros/hora/sentido)	7500	60000	24000	10000	4800
Costo de construcción Km (millones)	-	1200	600	-	-
- en el centro	600	1000	350	100 a 150	50 a 75
- en suburbio cercano	350 a 400	100 a 200	250	80	40
- en suburbio mediano	60 a 70	100	-	50	25
- en suburbio lejano	35 a 40	-	-	-	-
- fuera del conglomerado	-	-	-	-	-

La economía de inversión marginal, es decir, para satisfacer demanda de hora pico, es la segunda justificación de la prioridad del transporte masivo. Esta es tanto más grande cuanto mayor sea el tamaño de la ciudad, sin embargo hay que ajustar correctamente a la demanda y limitar que haya soluciones de sobreinversión.

Los costos sociales del medio ambiente

El transporte no causa solo costos monetarios, es también la causa de problemas, en particular en el plano del medio ambiente por ruido, contaminación del aire, aguas, suelos y de los mares, vibraciones, desechos, efectos visuales, cortes en el paisaje causados por las infraestructuras que pueden expresarse en términos de costos sociales. Los costos por ruido y contaminación atmosférica pueden ser evaluados por los métodos que se observan en el Cuadro 1-11.

Cuadro 1-11. Costos sociales del medio ambiente
Fuente: Elaboración propia con base en Merlín (1996)

Costo de prevención	Costo suplementario de medios de transporte no o menos ruidosos y menos contaminantes del aire
Costo de intervención	Costo de la protección antirruído (pantallas, vidrios dobles) y de la protección contra contaminación del aire (máscaras, filtros)
Costo de reparación	Costo para la salud y lucro cesante por incapacidad para enfermedades auditivas, respiratorias, visuales, etc.
Costo de depreciación	Costo de depreciación de inmuebles ubicados en lugares con índices altos de contaminación por ruido y del aire

El ruido ocasiona grados de molestia como: fisiológica porque es juzgado como desagradable, funcional porque perturba el sueño, la palabra o el trabajo, y de salud porque produce sordera. La contaminación atmosférica contribuye al efecto invernadero, provoca insuficiencias cardíacas y respiratorias, incluso cancerígenos y puede atacar al sistema neurológico. Se calcula⁴² que estos costos son 10 veces menores para sistemas de transporte masivo que para automóviles, lo que es la tercera justificación de la prioridad del transporte masivo.

El consumo energético

El consumo energético tiene que ser limitado en los países y lugares que poseen escasas fuentes de energía, y el ahorro de energía (sobre todo de petróleo) debe constituir un objetivo en sí en la planeación de los sistemas urbano y de transporte.

Un desplazamiento urbano en automóvil consume cerca de tres veces más energía que el mismo en transporte masivo, el indicador es respectivamente 60 y 20 gramos de equivalente de combustible por pasajero por kilómetro. Colmenares (2011) expone que el transporte consume 30% de la energía de carburantes fósiles no renovables, y el 95% del consumo depende del petróleo; y bajo esta tendencia para el año 2020 el transporte será el mayor consumidor de energía por encima del sector industrial.

⁴² Merlín (1996)

Actualmente se desarrollan fuentes de energía alternativa para el transporte como combustibles renovables (alcoholes carburantes obtenidos de la siembra), sistemas eléctricos, híbridos y de hidrógeno, entre otros (ver Figura 1-13). Sin embargo mientras estas tecnologías no evolucionen y sigan dominando los motores de combustión interna, habrá un consumo inevitable de energía no renovable y de alto impacto ambiental.

Figura 1-13. Consumo energético
Fuente: Centro de Transporte Sustentable (2008)



UITP (2003) ha calculado que un litro de combustible transporta un pasajero 48 kilómetros en un metro, 40 en un autobús y sólo un promedio de 18 kilómetros en un auto privado. La reflexión acerca del consumo energético es la cuarta justificación de la prioridad del transporte masivo.

La seguridad

El costo de los accidentes no es y no puede ser asumido totalmente por las compañías de seguros, sino por la comunidad como costo derivado, moral y lucro cesante, incluyendo la pérdida de producción de individuos formados por la comunidad, y los derivados por reparación de incidentes.

Según la Organización Mundial de la Salud OMS (2004) en el mundo se registran anualmente unos 1,17 millones de muertos y más de 10 millones de heridos en accidentes de tránsito, la mayoría viajando en autos privados. También señala Colmenares (2011) que en Europa es 25% más seguro viajar en ferrocarril que en carretera. Si a mayor número de vehículos se incrementa la accidentalidad, ésta es la quinta justificación de la prioridad del transporte masivo.

Figura 1-14. El costo de la seguridad
Fuente: Samper (2002)



El consumo de espacio

El consumo de espacio se calcula como la cantidad de espacio público utilizado para estacionar y desplazarse utilizado por una persona en un determinado medio de transporte (ver Cuadro 1-12).

Cuadro 1-12. Consumo de espacio urbano para diferentes medios de transporte
Fuente: Elaboración propia con base en Merlín (1996)

MEDIO DE TRANSPORTE	Estacionar m ²	Movilizarse m ² / hora / km recorrido
Automóvil	8	2,4
Autobús	1	0,3
Bicicleta	1,5	1,5
Peatón	0,3	0,4

Para determinar la utilización total de espacio para un desplazamiento hay que combinar estos dos resultados haciendo hipótesis sobre la longitud del desplazamiento y, en el caso del automóvil, sobre la duración del estacionamiento, lo que resulta aproximadamente en que un desplazamiento en automóvil utiliza entre 53 y 120 m²/hora por persona, y el mismo en autobús utiliza 6.

De este modo un automóvil utiliza 10 a 20 veces más espacio público que un autobús (ver Figura 1-15), y esto se refleja en que las infraestructuras de transporte consumen

más o menos área en las ciudades dependiendo de la proporción que haya entre transporte público y transporte privado (ver Cuadro 1-13).

Figura 1-15. Consumo de espacio del automóvil frente al transporte público
Fuente: Samper (2002)



Cuadro 1-13. Área ocupada por infraestructura de transporte en ciudades del mundo
Fuente: Molinero y Sánchez (2002)

Ciudad	Superficie km ²	Área en % Calles y banquetas Sin estacionamiento
Tokio	96	18
Londres	-	21
Madrid	42	23
París	87	24
Nueva York (Manhattan)	59	35
Los Ángeles	1200	37

Los Ángeles es una de las ciudades con más tendencia al uso del automóvil⁴³, lo que lleva a que su área de infraestructura solo para calles y andenes sea entre 5 y 10 veces mayor que otras ciudades como Tokio, Madrid o París; además la superficie de esta ciudad en km² es tan extensa que necesariamente se da una relación bidireccional entre extensión urbana y uso del automóvil⁴⁴. El consumo de espacio público urbano es entonces la sexta justificación para la prioridad del transporte masivo.

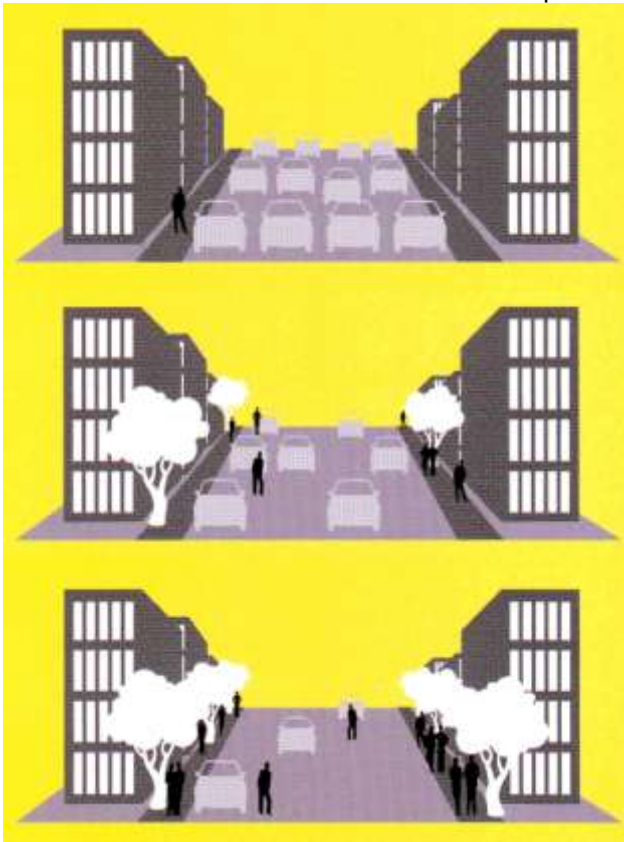
⁴³ Hall (1996)

⁴⁴ Ver Capítulo 1.1.2 Crecimiento inteligente frente a expansión.

*Transporte y estructura social*⁴⁵

Un efecto mucho más sutil de la utilización intensa de las calles por los automóviles es el debilitamiento del tejido social de las comunidades de las ciudades. En las calles con mucho tránsito, la relación entre vecinos es afectada, dificultando la creación de lazos de convivencia (ver Figura 1-16).

Figura 1-16. Transporte y estructura social
Fuente: Centro de Transporte Sustentable (2009)



En ciudades con tráfico pesado (16 mil vehículos por día) una persona tiene 0,9 amigos y 3,1 conocidos

En ciudades con tráfico medio (8 mil vehículos por día) una persona tiene 1,3 amigos y 4,1 conocidos

En ciudades con tráfico ligero (2 mil vehículos por día) una persona tiene 3 amigos y 6,3 conocidos

La relación entre transporte y estructura social, aunque sutil es real, y es la séptima justificación para la prioridad del transporte masivo.

⁴⁵ Centro de Transporte Sustentable (2009)

- 1.2.1.2 Aplicación de la prioridad al transporte masivo

Cualquiera que sean las ventajas del transporte masivo para la comunidad, los usuarios siguen siendo sensibles a su tiempo de trayecto y a las condiciones de comodidad de éste, más que todo. La misión del planificador se deriva entonces en un arbitraje entre los intereses de la comunidad como tal y aquellos de los usuarios tomados individualmente, en donde el concepto de arbitraje no debe significar compromiso de carácter político.

La aplicación de la prioridad al transporte masivo se orienta a, aparte de ajustar la oferta del mismo en horas pico, disuadir a evitar el uso del automóvil en situaciones como:

- Horas de alta demanda de la infraestructura.
- Lugares con dificultad en la accesibilidad (centros urbanos).
- Motivos de desplazamiento que requieran estacionamiento prolongado.

Otras medidas para la aplicación de la prioridad al transporte masivo son:

- Cobro de peajes urbanos ó tarifas de circulación en algunos lugares.
- Restricciones parciales a vehículos o totales de circulación en algunas zonas⁴⁶.
- Reglamentar el tipo de estacionamiento a ofrecer⁴⁷.

Finalmente en la prioridad al transporte masivo el planeador debe:

- Determinar el equilibrio que se debe establecer entre interés del usuario e interés de la comunidad satisfaciendo racionalmente a todas las alternativas disponibles.
- Cualquier medida para disuadir el uso del automóvil debe acompañarse de mejoramiento en la oferta de transporte público.
- Determinar las desventajas e incluir su costo en los cálculos de la planeación del sistema de transporte.

⁴⁶ Las medidas de restricción sólo deben ser utilizadas como último recurso porque, como se menciona en la Introducción, pueden generar externalidades negativas.

⁴⁷ Según Merlín (1996) hay varias estrategias como estimular el estacionamiento nocturno para residentes, desestimular el estacionamiento diurno para emigrantes alternos, permitir el estacionamiento temporal y regular el estacionamiento de descargue.

1.2.2 Alternativas de transporte público masivo

La pregunta sobre bus o tren como sistema de transporte siempre lleva a discusiones complejas y extensas, en las que muchas veces prevalecen las consideraciones subjetivas sobre los argumentos técnicos. No hay respuesta definitiva: cada tecnología es apropiada para determinadas condiciones. En las zonas urbanas de baja densidad con pocos viajeros no se debería pensar en un metro o un sistema organizado de buses de alta capacidad; tampoco es conveniente atender elevados niveles de demanda solamente con buses. Lo mejor es contar con sistemas integrados que incluyan distintas tecnologías de acuerdo con las necesidades específicas de cada caso.

▪ 1.2.2.1 Alternativas según la tecnología

Los modos de transporte masivo se diferencian a partir de variables técnicas como el uso de rieles, el tipo de propulsión y la segregación del flujo⁴⁸. La combinación de estos elementos genera opciones, que tradicionalmente se agrupan en⁴⁹:

- *Carriles exclusivos para buses*: buses con motor de propulsión interna o trolebuses, operando en carril exclusivo a nivel.
- *Tren a nivel o parcialmente segregado (Tren Ligero)*: tranvías o trenes con motor eléctrico operando a nivel con segregación longitudinal (puede incorporar segregación vertical en algunos tramos).
- *Tren totalmente segregado (Metro)*: trenes eléctricos operando en vías completamente segregadas elevadas o subterráneas.
- *Sistema de buses organizados (BRT)*: no reflejada en la clasificación tradicional porque además de tener carriles exclusivos, combina elementos de metros como estaciones con acceso a nivel a buses, prepago, múltiples puertas de acceso al bus, y control central.

En el Cuadro 1-14 se observan algunas características de las cuatro alternativas:

⁴⁸ Adaptado de Vuchic (1992)

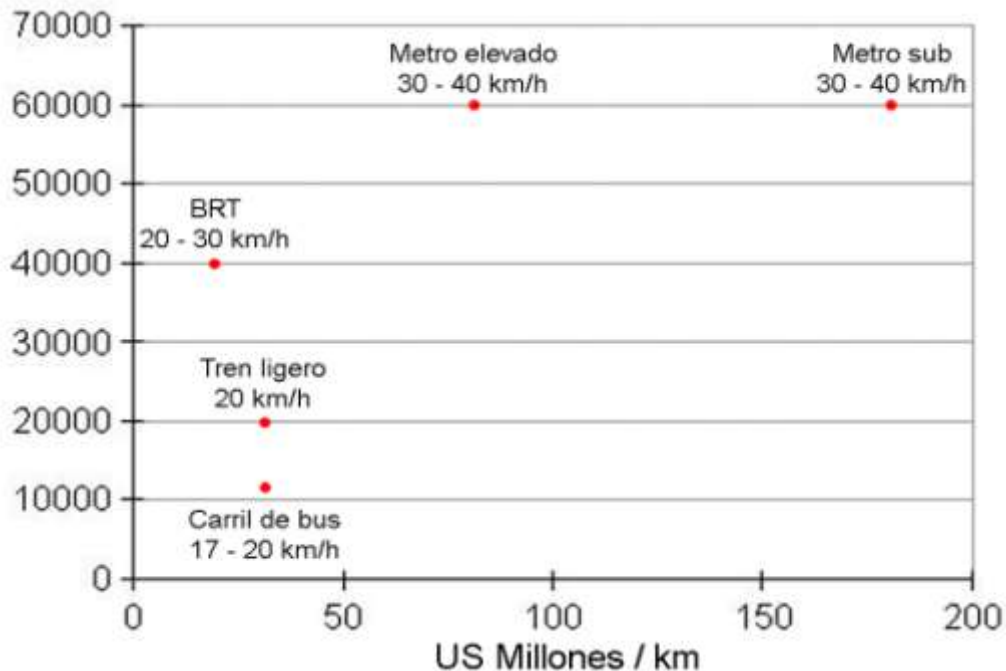
⁴⁹ Esta clasificación se basa en la existencia de segregación, y no en tamaño y características de los equipos.

Cuadro 1-14. Alternativas de transporte masivo según tecnología
Fuente: Hidalgo (2005)

	Bus en carril exclusivo	Tren ligero	Metro	BRT
Espacio requerido	2 - 4 carriles Vías existentes	2 - 3 carriles Vías existentes	Bajo impacto vías existentes	2 - 4 carriles Vías existentes
Flexibilidad	Alta	Limitada	Baja	Alta
Impacto en tráfico	Variable	Variable	Reduce congestión	Variable
Integración con alimentación	Fácil	Difícil	Difícil	Simple
Nivel de servicio (frecuencia y ocupación)	Regular	Bueno	Muy bueno	Bueno
Seguridad	Deficiente	Bueno	Muy bueno	Bueno
Emisiones contaminantes	Altas	Bajas	Bajas	Medias
Confiabilidad	Baja	Baja	Alta	Media

Hay dos aspectos no considerados en el cuadro que resultan en diferencias significativas para una elección: el costo y la capacidad de transporte. La Figura 1-17 muestra la combinación de estos aspectos.

Figura 1-17. Costo y capacidad en alternativas de transporte masivo
Fuente: Hidalgo (2005)



Se observa que existe un rango (alrededor y arriba de 40 mil pasajeros/hora/sentido) en el cual es posible optar tanto por Metro como por BRT. Sin embargo, las diferencias de

costos iniciales son altas: US 5 a 20 millones por kilómetro para BRT, y US 30 a 160 millones para Metro⁵⁰.

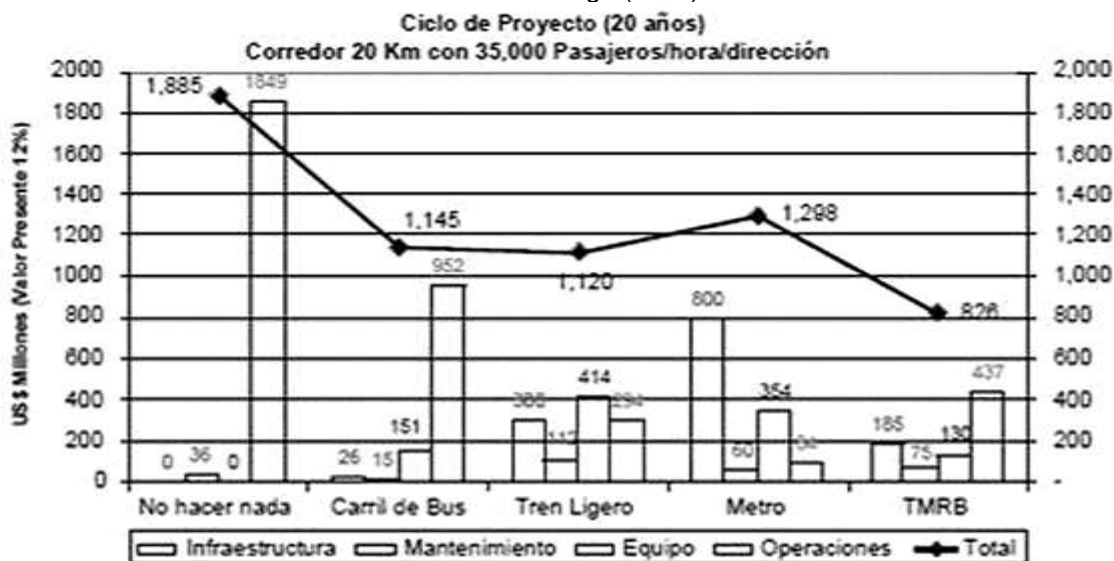
1.2.2.2 Evaluación de alternativas de transporte masivo

El análisis de características de las diferentes alternativas según tecnología que se observa en el Cuadro 1-14, y de la relación entre costo de inversión inicial y capacidad que se observa en la Figura 1-17, debe acompañarse de evaluar aspectos complementarios al operativo.

Análisis de ciclo de vida

La comparación solo a partir de los costos iniciales de implantación es incompleta; es necesario revisar el ciclo de vida total del proyecto, en el cual se incluyen los costos de operación y mantenimiento. Esta comparación sólo es posible para un mismo nivel de demanda y de longitud del corredor, para lo que Hidalgo (2005) hace un ejercicio hipotético de un corredor de 20 km de longitud con 35 mil pasajeros/hora en la sección más cargada (ver Figura 1-18)⁵¹.

Figura 1-18. Comparación de costos para ciclo de vida en transporte masivo
Fuente: Hidalgo (2005)



⁵⁰ World Bank (2003)

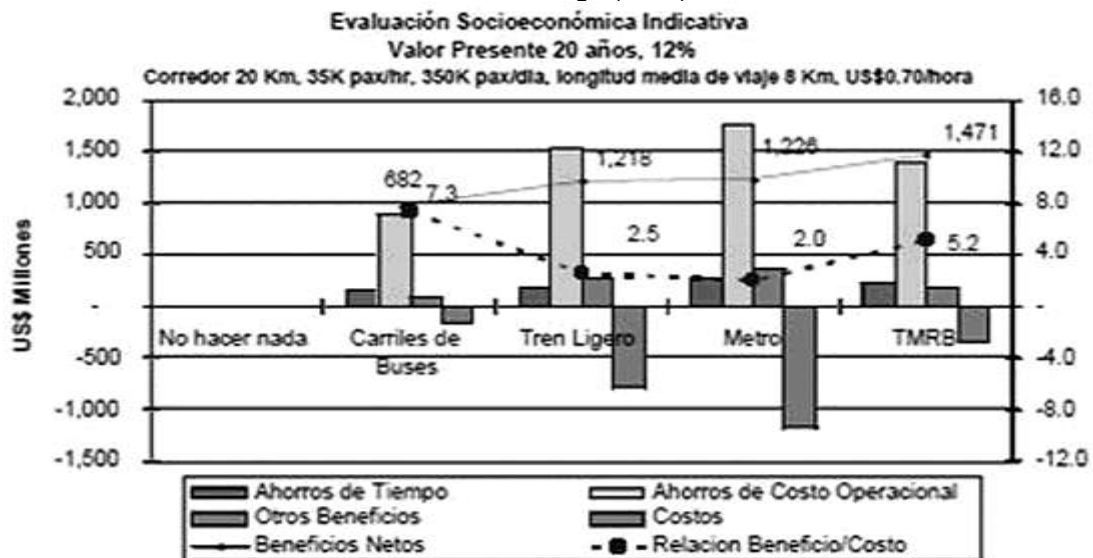
⁵¹ En las Figuras 1-18 y 1-19 Hidalgo (2005) se refiere al BRT como TMRB.

La opción de mayor costo total es “No hacer nada”, esto significa que operar el sistema tradicional de buses existente, sin tratamiento de infraestructura ni de gestión operativa. Los ahorros financieros respecto de mantener el Status Quo son 31% para Metro, 40% para Bus en carril exclusivo, 41% para Tren Ligero y 56% para BRT, en un horizonte de proyecto de 20 años⁵².

Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica integra los costos y beneficios de cada alternativa estimando ahorros de tiempos de viaje, de operación de flota sustituida y otros como reducción de accidentalidad y contaminación. La Figura 1-19 muestra una aproximación de la valoración económica de los impactos para el mismo ejercicio hipotético.

Figura 1-19. Aproximación de costos y beneficios en alternativas de transporte masivo
Fuente: Hidalgo (2005)



Al comparar cada alternativa con la situación sin proyecto se tienen beneficios positivos, es decir, cualquier caso es mejor que hacer nada. La mayor parte de los beneficios se deben a una mayor eficiencia en el sistema de transporte resultado de la sustitución de los buses existentes. Los beneficios en tiempo de viaje son similares, mientras otras externalidades son superiores en los Trenes Ligeros y Metros que en un BRT.

⁵² Criterios de cálculo en Hidalgo (2005)

Análisis de sensibilidad

Es importante revisar qué pasa si los supuestos de costos y beneficios cambian, ya que las condiciones específicas de un entorno pueden generar variaciones importantes en los costos iniciales de construcción y adquisición de equipos, así como en los impactos por ahorro en costos de operación, tiempo de viaje, accidentalidad y contaminación.

Un análisis probabilístico realizado por Hidalgo (2005) concluye que para cualquier nivel de riesgo, el BRT tiene un Valor Presente Neto mayor que las demás alternativas (lo que indica solidez socioeconómica frente a las otras alternativas), y el Metro y Tren Ligero tienen una alta incertidumbre por su costo inicial.

Elementos no tecnológicos

Son aspectos no cuantificados en equivalente económico, pero eventualmente importantes en la toma de decisiones de inversión pública. En el Cuadro 1-15 se observa una aproximación de varias características no cuantificadas adecuadamente en la evaluación socioeconómica.

Cuadro 1-15. Comparación de elementos no tecnológicos en transporte masivo
Fuente: Hidalgo (2005)

	Bus en carril exclusivo	Tren ligero	Metro	BRT
Equipos y operación sin subsidio	Si	No	No	Si
Modelo económico financiable por privado	Si	No	No	Si
Corto plazo de implantación	Si	No	No	Si
Facilita desarrollo empresarial local	Si	Difícil	Difícil	Si
Facilita desarrollo tecnológico local	No	Muy poco	Muy poco	Si
Facilita ordenamiento de transporte local	No	Bajo impacto	Bajo impacto	Alto impacto
Facilita cambios culturales	No	Si	Si	Si
Tiene impactos en desarrollo urbano	Impacto negativo	Bajo impacto positivo	Alto impacto positivo	Medio impacto positivo

Para Hidalgo (2005) los impactos de los elementos no tecnológicos se asocian a la ocupación de espacio urbano, la flexibilidad como capacidad de integración con el entorno del sistema de transporte y urbano, y por fuera del cuadro está el sentido de pertenencia por parte de la comunidad, algo no cuantificable pero sustancial en la calidad de la vida urbana.

Tanto Metro como BRT han mostrado tener aceptación en la comunidad, siempre y cuando mantengan elevados estándares de servicio. Entonces, se regresa a la discusión sobre bus o tren como sistema de transporte, en la que prevalecen consideraciones subjetivas sobre argumentos técnicos:

- Los metros normalmente se financian⁵³ con recursos de nivel nacional, en forma de transferencias o garantías a endeudamiento, de modo que hay un incentivo oculto para que las ciudades escojan sistemas Metro.
- Los BRT exigen la reorganización de rutas de transporte público, lo cual es desgaste para la administración local. Muchos Metros se implantan sin nivel de integración con el resto del transporte público.
- Los Metros generan una imagen de modernidad mayor que los buses.
- Los países con industria pesada promueven la implantación de Metros con créditos subsidiados de exportación a largo plazo y estudios de cooperación técnica. También se promueven porque su preparación está avanzada, aunque su implantación tarde mucho.
- Las técnicas asociadas a la operación de sistemas BRT y su promoción como alternativa son recientes. En muchas situaciones no existen ejemplos para comparar BRT y Metro.

▪ 1.2.2.3 Calificación de alternativas de transporte masivo

Como se mencionó en el Capítulo 1.2.2, en zonas urbanas de baja densidad con poca demanda no se debería pensar en línea metro o sistema de buses de alta capacidad, como tampoco es conveniente lo opuesto, atender elevados niveles de demanda con buses. Sin embargo, en el rango en el cual las opciones están abiertas (alrededor y arriba de 40 mil pasajeros/hora/sentido), como se observó en la Figura 1-17, se puede hacer una calificación:

- Mantener las condiciones existentes sin modificación es la peor decisión para la sociedad en su conjunto. Se genera una carga excesiva al usuario por tener que cubrir la ineficiencia de la operación desorganizada, niveles de demora, contaminación y accidentalidad.
- La adaptación de infraestructura para buses, con carriles exclusivos y equipos nuevos da ahorros en operación y beneficios de tiempo de viaje, pero es una solución inferior a la introducción de trenes urbanos (ligeros o pesados) y muy inferior frente a la organización de un sistema integrado de buses (BRT).
- A pesar de tener costos iniciales menores a los Metros, los Trenes Ligeros pueden resultar en menores beneficios netos.
- Los Metros y los Corredores de Buses pueden resultar en beneficios sociales netos del mismo orden de magnitud, siempre y cuando en ambos casos no haya una oferta paralela.

⁵³ Infraestructura, equipos y operación.

- Los beneficios de los BRT y Carriles Exclusivos para Buses, se logran a unos costos totales mucho más bajos en los sistemas ferroviarios.
- Los sistemas de buses organizados (BRT) son consistentemente superiores en beneficios netos y relación beneficio/costo que los sistemas ferroviarios.

Con este análisis conceptual se puede afirmar que en Bogotá DC, con la demanda del corredor Avenida Caracas en 43.223 pasajeros/hora/sentido al año 2007⁵⁴, se tomó una decisión adecuada al implantar un sistema BRT antes de un Metro. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la capacidad de los buses es limitada y en algún momento puede ser necesario dar el salto tecnológico a un sistema ferroviario. Cuando la carga de alguno de los corredores de TransMilenio supere la capacidad y no sea posible generar adicional en corredores paralelos o con esquemas operativos que aprovechen tecnologías de información, se puede llegar a evaluar la introducción de un Metro.

En conclusión, en Bogotá DC existe una alternativa de transporte masivo óptima en los términos analizados, sin embargo, y como se observa en la evaluación de Hidalgo, TransMilenio es referente de BRT pero no tiene todavía un análisis profundo en tanto sus impactos urbanísticos y su relación con el entorno de ciudad. Esta es una justificación importante para el tema de esta investigación.

1.3 El sistema de transporte público en el desarrollo urbano de Bogotá DC

...El transporte público es una necesidad esencial de todos los habitantes de un municipio, facilitar su operación y favorecer su competitividad redundando en una mejor calidad de vida...
Jiménez (2008)

Bogotá DC es la capital de la República de Colombia y actualmente tiene una población de 7'392.821 habitantes⁵⁵. Según Molina (2008) en los últimos 50 años ha crecido 10 veces en términos poblacionales, así (ver Cuadro 1-16)⁵⁶:

⁵⁴ Ver Capítulo 1.3.3 El Sistema de Transporte Masivo TransMilenio

⁵⁵ Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación (2010)

⁵⁶ Los censos de población de 1938 y 1951 no incluyen los municipios de Bosa, Usaquén, Usme, Engativá y Fontibón, anexados al Distrito Especial por medio del Decreto Legislativo 3640 de diciembre 17 de 1954.

Cuadro 1-16. Crecimiento poblacional de Bogotá DC

Fuente: Censos de población DANE

CENSO AÑO	1938	1951	1964	1973	1985	1993	2005
Población en número habitantes	355.506	715.192	1.697.311	2.571.548	3.982.941	4.945.448	6.778.691
Crecimiento Intercensal		6,7	6,6	4,6	3,6	2,7	2,6

La ciudad tuvo a partir de la década de 1950 un proceso acelerado de urbanización, hasta 1985, en el que los rasgos más sobresalientes fueron según Fernández (1989):

- Déficit agudo de vivienda, tanto cuantitativo como cualitativo.
- Un peso importante de asentamientos de desarrollo incompleto o inadecuado.
- Crecimiento expansivo del centro urbano hacia la periferia y la localización periférica de la vivienda para los sectores de menos ingresos.
- El crecimiento periférico ocasiona incrementos permanentes del costo social en cuanto a la dotación y el mantenimiento de los servicios públicos, además del incremento irracional de los costos en transporte (en tiempo y en dinero).
- Incapacidad creciente de adquisición de vivienda para los sectores de bajos ingresos, por los altos costos de oferta del suelo y por el incremento permanente de costos de construcción.
- Generación de enormes plusvalías urbanas, producto del sólo crecimiento y desarrollo del centro urbano, que benefician únicamente a los terratenientes urbanos y que no son recuperados para la gestión urbanística y el beneficio común de los ciudadanos.
- Metropolización del centro urbano mayor: el crecimiento de los centros urbanos contiguos a las grandes ciudades con conurbación, la predominancia del núcleo principal ha determinado la superación de los límites antes existentes y en la práctica la fusión urbanística de los municipios, ocasionando en muchos casos colisiones de competencia.

A partir de 1985 la ciudad disminuyó su tasa de crecimiento intercensal, “en los últimos 20 años Bogotá ha crecido aproximadamente 13.400 hectáreas (ver Fotografía 1-3) a un ritmo promedio de 640 hectáreas por año...la ciudad tiene potencial de albergar aproximadamente 8.1 millones de habitantes”⁵⁷.

Este proceso ha sucedido en todas las ciudades de Colombia (ver Fotografía 1-4), y la población del país pasó de 5,8 millones de habitantes en 1918, a 11,5 millones en 1951 y a 29,4 millones en 1989, y mientras el 24,5% de la población habitaba en los centros urbanos en 1930, esta proporción se elevó a 48,5% en 1960 y a 69,5% en 1990⁵⁸.

⁵⁷ Molina (2008)

⁵⁸ Maldonado (1999)

Fotografía 1-3. Bogotá DC. Vista hacia el centro y sur de la ciudad
Fuente: Planeación Distrital (2005)



Se ha pasado entonces de tener 70% de población rural a principio del siglo XX, a 70,65% de población urbana en el año 1995⁵⁹.

Fotografía 1-4. Crecimiento urbano en la ciudad de Medellín, Colombia
Fuente: Archivo propio (2007)



El sistema de transporte público de la ciudad de Bogotá DC, como en todas las ciudades del país, se desarrolló en función de estas características de crecimiento de la población, que de acuerdo con Montezuma (2000) tiene tres momentos a resaltar:

⁵⁹ Bolaños (1997)

1.3.1 La ciudad del tranvía

En 1882 fue autorizada la solicitud del norteamericano Randall para “...establecer un servicio de ferrocarriles urbanos o tranvías, para destinarlos al servicio público del modo que funcionan en Nueva York”. De este modo se inauguró la compañía The Bogotá City Railway y el primer tranvía circuló el 24 de diciembre de 1884⁶⁰. La implantación del tranvía correspondió a factores socioeconómicos, tecnológicos y a una preocupación estética: el ferrocarril urbano es la manera de crearle una imagen moderna a la ciudad de la época (ver Fotografía 1-5). Para la clase política era símbolo de avance tecnológico, y el imaginario colectivo era desarrollar medios de transporte como los que existían en las grandes ciudades del mundo y acceder a las innovaciones del mundo moderno.

Fotografía 1-5. Tranvía por la Carrera Séptima en Bogotá DC, año 1944
Fuente: González (2007)



La instalación de servicios públicos, y en particular del tranvía, es una de las acciones que más contribuyó a las mutaciones socioeconómicas y espaciales de inicios del siglo XX (ver Fotografías 1-6 a 1-8).

⁶⁰ Flechas (2006)

Fotografía 1-6. Calle 12 año 1945, Bogotá
Fuente: González (2007)



Fotografía 1-7. Avenida Jiménez año 1948
Fuente: González (2007)



Fue el motor que impulsó la expansión urbana e introdujo el concepto de romper la barrera de la existencia de un borde urbano y poder crecer hacia la periferia que antes era exclusivamente suelo rural. En la Figura 1-20 se observa el eje de expansión sur-norte, hacia Chapinero y Usaquén, con el crecimiento del tejido urbano hacia los costados de la línea de transporte.

Figura 1-20. Plano de Bogotá DC año 1947
Fuente: Instituto de Estudios Urbanos



Pero la idea del crecimiento urbano sobre el suelo rural llegó a desbordar el entonces ahora limitado frente de expansión sur-norte demarcado por el tranvía sobre el eje de la Carrera 7 y lo hizo restringido frente a las posibilidades de acceso ilimitado que el autobús comenzó a ofrecer para las nuevas zonas urbanas que empezaron a aparecer en la ciudad.

Fotografía 1-8. Tranvía por la Carrera Séptima en Bogotá DC, año 1947
Fuente: González (2007)



El tranvía perdió su capacidad de contribuir a orientar la transformación espacial, puesto que le era imposible seguir la urbanización sobre todos los frentes de expansión urbana. Este fue el fin de la era del tranvía⁶¹, que finalmente desapareció en 1952⁶².

⁶¹ Montezuma (2000): “La llegada de los autobuses a la carrera 7 fue acompañada de una operación de descrédito del tranvía, el cual era mostrado como antiguo, obsoleto y pasado de moda. La manipulación de la imagen obsoleta del tranvía acabó con éste, sin motivar movimientos de protesta”.

⁶² Montezuma (2000): “No fueron los hechos del 9 de abril de 1948, el Bogotazo, necesariamente los que llevaron al fin del tranvía”.

1.3.2 La aglomeración urbana del autobús

El Transporte Público Colectivo (TPC) basa su eficiencia en la flexibilidad y accesibilidad dada por el autobús⁶³ (ver Fotografía 1-9).

Fotografía 1-9. Avenida Jiménez en el año 1948, Bogotá DC
Fuente: González (2007)



⁶³ Molinero y Sanchez (2002): “Los autobuses y trolebuses son medios de transporte público urbano que normalmente operan en la vialidad urbana compartiendo su derecho de vía con otros vehículos (tránsito mixto). En algunos casos estos medios han empezado a operar en carriles reservados o exclusivos en muchas ciudades...Capacidad de operar en casi cualquier calle: Esta característica permite que las rutas puedan ser designadas a cualquier calle y no se vea limitado a operar sobre ciertos derechos de vía. Asimismo, las paradas pueden ser colocadas en una variedad de ubicaciones. Estos dos aspectos facilitan los cambios temporales de rutas o sus modificaciones parciales o totales. Por otra parte, esta flexibilidad hace que sea más difícil separar a los autobuses de otro tipo de tránsito, que a la vez de no tener instalaciones permanentes, no tienen una identidad e imagen propia”.

Fotografía 1-10. Carrera Décima en el año 1985, Bogotá DC
Fuente: Planeación Distrital



Pero en el año 2000 (cuando se implementó TransMilenio), paso a estar compuesto en su mayoría por autobuses ahora viejos y obsoletos (ver Fotografía 1-10), que aún⁶⁴ funcionan en un esquema administrativo en el que la ciudad otorga permisos de operación sobre rutas escogidas a empresas afiliadoras que cobran cuotas a los propietarios de los autobuses para poder acceder a prestar el servicio en dichas rutas. Este sistema de transporte público se caracteriza por:

- Empresas afiliadoras cuyo objeto es vincular el mayor número de vehículos
- Propiedad atomizada del parque automotor y oferta elevada de vehículos
- Uso predominante de vehículos de baja capacidad por costo de operación
- Mala o ausente gestión de mantenimiento del parque automotor
- Guerra en la vía por los pasajeros⁶⁵

⁶⁴ Como respuesta a esta situación la Administración Distrital de Bogotá DC, por disposición del Plan Maestro de Movilidad (2006), expidió el Decreto 309 de 2009 Sistema Integrado de Transporte Público SITP, el cual actualmente se encuentra en etapa de implementación.

⁶⁵ Lo que se conoce en el medio colombiano como “Guerra del centavo”.

- Dispersión de rutas por todos los corredores de la ciudad
- Recaudo atomizado de los ingresos del sistema (Tarifa usuario)
- Tarifa elevada frente a calidad del servicio⁶⁶
- Conductores sin contratos laborales legales y con jornadas de trabajo extensas

El impacto urbanístico de este sistema de transporte se ha externalizado en efectos territoriales y ambientales (ver Fotografías 1-11 a 1-20). Además de conductas emergentes de movilidad negativas por parte de prestadores del servicio y usuarios⁶⁷.

- Detrimiento de la calidad del aire y altos niveles de ruido y vibración
- Congestión y accidentalidad
- Descomposición del paisaje y pérdida del espacio público
- Efecto barrera

Fotografía 1-11. Detrimiento del aire
Fuente: CTS(2009)



Fotografía 1-12. Detrimiento del aire
Fuente: Samper (2002)



⁶⁶ Rodríguez y Aya (2005)

⁶⁷ Un aspecto emergente es una conducta, positiva o negativa, que surge por interacciones complejas paralelas entre componentes del mismo nivel, causadas por patrones de nivel superior. Las conductas emergentes pueden ser causadas por: 1. Deficiencia en una oferta causa ofertas paralelas, 2. Una respuesta relativamente exitosa a una situación quiere ser reflejada, entre otras.

Fotografía 1-13. Congestión
Fuente: Flechas (2005)



Fotografía 1-14. Accidentalidad
Fuente: Von Rothkirch (2004)



Fotografía 1-15. Descomposición del paisaje
Fuente: Samper (2002)



Fotografía 1-16. Descomposición del paisaje
Fuente: Samper (2002)



Fotografía 1-17. Pérdida del espacio público
Fuente: Samper (2002)



Fotografía 1-18. Pérdida del espacio público
Fuente: Samper (2002)



Fotografía 1-19. Nivel de ruido y vibración
Fuente: Villegas (2002)



Fotografía 1-20. Efecto barrera
Fuente: Von Rothkirch (2004)



La consecuencia de estos efectos es una imagen de ciudad desordenada, sucia, descompuesta y en cierto modo distópica⁶⁸, que ha dado como resultado la percepción generalizada de que los sistemas de transporte público tradicionales, en particular el Transporte Público Colectivo, son deteriorantes de la armonía e imagen urbana, y tienen impactos negativos de varios tipos. Estos impactos son evidentes en las terminales, sitios de intercambio modal y secciones típicas de vía, en donde suceden relaciones de territorialización y desterritorialización que generan conflictos en las relaciones sociales entre los actores (operadores del sistema y comunidad).

▪ 1.3.2.1 Proyecto Troncal Avenida Caracas año 1990

En el primer proyecto de corredor troncal con carriles exclusivos para bus en la Avenida Caracas, construido en 1990 y en operación hasta 1999 para el transporte público tradicional, se observa el deterioro físico urbano ocasionado por estas externalidades (ver Fotografías 1-21 a 1-26).

Este proyecto no afectó componente operativo y empresarial del transporte tradicional; fue una asignación de derecho de vía para segregar el transporte público colectivo del tránsito mixto en uno de los corredores más congestionados de la ciudad, con el objeto de mejorar velocidad de operación y funcionamiento de las paradas (y así mejorar las condiciones ambientales del corredor), pero que no afectó el sistema de permisos de operación sobre rutas escogidas.

Fotografía 1-21. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-22. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



⁶⁸ Una distopía es una utopía perversa donde la realidad sucede en términos opuestos a los de una sociedad ideal.

Fotografía 1-23. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-24. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-25. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-26. Troncal Avenida Caracas transporte tradicional, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



La imagen urbana de este proyecto se debe en gran parte a la escogencia del material de construcción, concreto a la vista, que por acción de agentes contaminantes del medio ambiente sufre patología del concreto⁶⁹, lo que lo hace un material no agradable a la vista. Otros asuntos relativos a este deterioro fueron construcción inadecuada al vandalismo, falta de apropiación por el usuario y ausencia de programación de mantenimiento preventivo.

⁶⁹ Vélez (2009): “La patología del concreto es la degradación de los atributos del material, de un elemento y/o del sistema constructivo. El problema de durabilidad de las estructuras de concreto debe considerar: 1. Agresividad del medio ambiente, 2. Resistencia del concreto al deterioro, 3. Los modelos (preferiblemente numéricos) de deterioro y envejecimiento de las estructuras de concreto, 4. La vida útil deseada, es decir, el período de tiempo en el cual se desea que la estructura atienda ciertos requisitos funcionales y estéticos con un mínimo de mantenimiento”.

1.3.3 El Sistema de Transporte Masivo TransMilenio

Por múltiples razones los ciudadanos de Bogotá consideran que un Sistema de Transporte Masivo tipo Metro es la solución al problema de congestión y de transporte público (Montezuma, 2000), y que es el paradigma de orden y limpieza que un sistema de transporte requiere (Ronderos, 2010); sin embargo en 1999 la Nación manifestó no tener recursos para financiar un metro y el proyecto quedó suspendido indefinidamente. En tal sentido, la Administración Distrital propuso a la Nación canalizar los recursos para la adecuación del componente flexible del Sistema Integrado de Transporte Masivo SITP, dando lugar al sistema TransMilenio (ver Fotografía 1-27), que es un sistema tipo Bus Rapid Transit (BRT).

Fotografía 1-27. Troncal TransMilenio Avenida Jiménez, Bogotá DC
Fuente: Martínez (2006)



Fotografía 1-28. Avenida Jiménez en el año 2006, Bogotá DC
Fuente: Martínez (2006)



El Sistema TransMilenio cambió las costumbres y prácticas del sistema de transporte tradicional y la percepción de los usuarios (ver Fotografías 1-28 y 1-29), y en el transcurso de 10 años⁷⁰ muestra evolución en cuatro aspectos de importancia para un sistema de transporte:

Operación

Ha logrado tener una capacidad práctica de 48.089 pasajeros/hora/sentido⁷¹ en la hora de máxima demanda en el tramo más cargado⁷², frente a una utilización de 43.223 pasajeros/hora/sentido⁷³ gracias a:

⁷⁰ El Sistema TransMilenio inició operaciones en diciembre 18 de 2000

⁷¹ Hidalgo, Lleras y Hernández (2010)

⁷² Tramo Troncal Avenida Caracas entre Calle 6 (Parque Tercer Milenio) y Calle 76.

⁷³ Medida en el año 2007

- Segregación del tránsito mixto (Derecho de vía) y carriles de sobrepaso
- Más de un servicio por línea
- Combinación de servicios básicos y expresos, y tipo de vehículo según demanda
- Autobuses con plataforma alta
- Estaciones con flexibilidad lineal para varias paradas
- Recaudo de tarifa en taquilla y no en el autobús
- Paradas fijas y usuarios esperando en la estación
- Alta velocidad de operación⁷⁴

Fotografía 1-29. Avenida Jiménez por Carrera Décima año 2006, Bogotá DC
Fuente: Martínez (2006)



Obteniendo según cálculos propios de TransMilenio un rendimiento muy cercano a un sistema tipo metro, expresado en la teoría de planificación de transporte⁷⁵.

⁷⁴ Martínez (2006): “La ingeniería de transporte decía que ningún modelo de Bus Rapid Transit podía funcionar a más de 18 km/h, ésa era la frontera hacia los tranvías y los metros. TransMilenio rompió ese límite al pasar de 18 a 28 km/h...Al aumentar la velocidad para transportar el mismo número de personas se utiliza un 40 o 50% menos de buses...La velocidad es fundamental en el afinamiento de esos sistemas”.

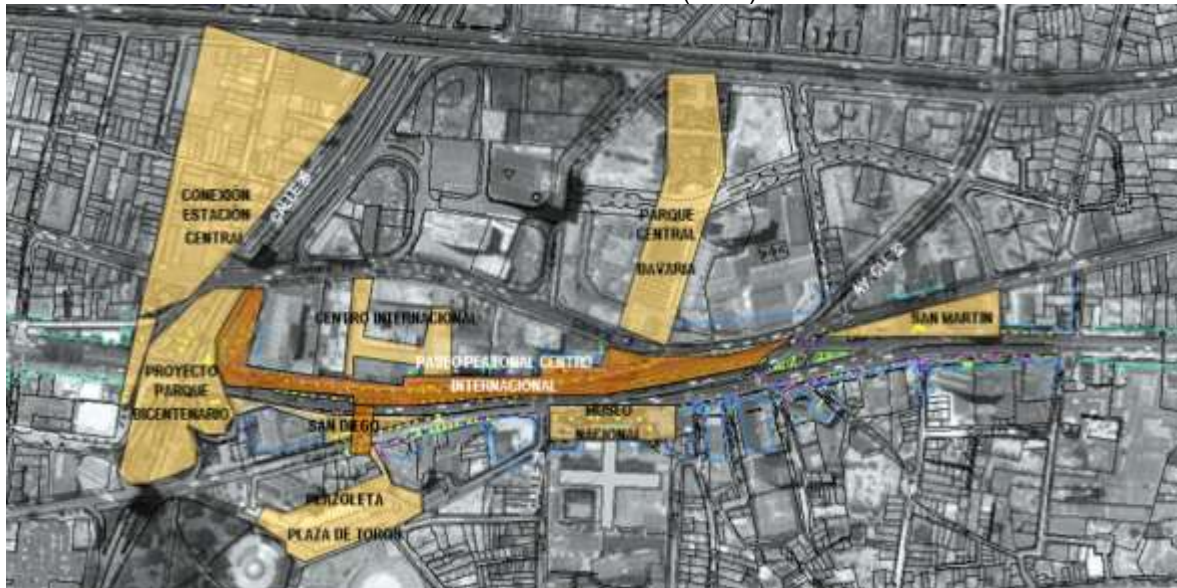
Financiero

El sistema es autosostenible, existe un fondo de contingencias que permite que solamente con la tarifa haya soporte financiero (Rodríguez y Aya, 2005) y no se requieran subsidios estatales, además que los operadores son eficientes en reducción de costos de operación y optimización de flota. Al respecto menciona Martínez (2006): “Los ingresos del operador dependen del número de kilómetros recorridos y de cuántos usuarios se monten al bus...Aumentar la demanda en un sistema de transporte es difícil, la gente usa bus porque necesita moverse...La tarifa no se puede subir porque la gente no puede pagar más. Entonces la manera de optimizar el negocio es actuando en la racionalización de costos con tecnología, organización, sistemas de información y de control óptimos”, dice además “La eficiencia de un sistema produce dinero y capacidad de devolverle al pasajero ventajas que en otro sistema no se pueden dar porque es ineficiente”, como es el caso del transporte tradicional.

Infraestructura

Se ha desarrollado el concepto del impacto urbanístico del componente físico de troncales, estaciones y portales, al punto que para la Fase 3, actualmente en construcción, se consideró la necesidad de proyectos de renovación urbana en conjunto con la infraestructura del sistema.

Figura 1-21. Paseo peatonal Centro Internacional TransMilenio Fase 3
Fuente: TransMilenio (2008)



⁷⁵ Molinero y Sánchez (2002)

Figura 1-22. Paseo peatonal Centro Internacional TransMilenio Fase 3
Fuente: TransMilenio (2008)

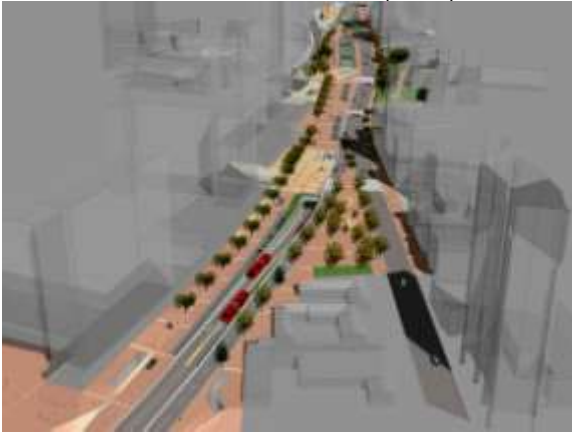


Figura 1-23. Estación Central TransMilenio Fase 3
Fuente: TransMilenio (2008)



Ejemplo son los proyectos Paseo peatonal Centro Internacional (Ver Figuras 1-21 y 1-22), Estación Central en la intersección de la Troncal Avenida Caracas por Troncal Calle 26 (ver Figura 1-23), y Estación Intermedia Calle 6 en la intersección Avenida de Los Comuneros por Troncal Carrera Décima (ver Figuras 1-24 y 1-25).

Figura 1-24. Estación Intermedia Calle 6 TransMilenio Fase 3
Fuente: TransMilenio (2008)



Figura 1-25. Estación Intermedia Calle 6 TransMilenio Fase 3
Fuente: TransMilenio (2008)



Imagen urbana

La implementación del sistema TransMilenio fue una transformación en la imagen urbana de la ciudad, como se puede observar en el ejemplo de la Troncal Calle 80 (ver Fotografías 1-30 a 1-39).

Fotografía 1-30. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-31. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-32. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-33. Calle 80 antes de TransMilenio Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (1999)



Fotografía 1-34. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (2001)



Fotografía 1-35. Troncal Calle 80 TransMilenio Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (2001)



Fotografía 1-36. Troncal Calle 80 TransMilenio
Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (2001)



Fotografía 1-37. Troncal Calle 80 TransMilenio
Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (2001)



Fotografía 1-38. Troncal Calle 80 TransMilenio
Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (2001)



Fotografía 1-39. Troncal Calle 80 TransMilenio
Fase 1, Bogotá DC
Fuente: Flechas (2001)



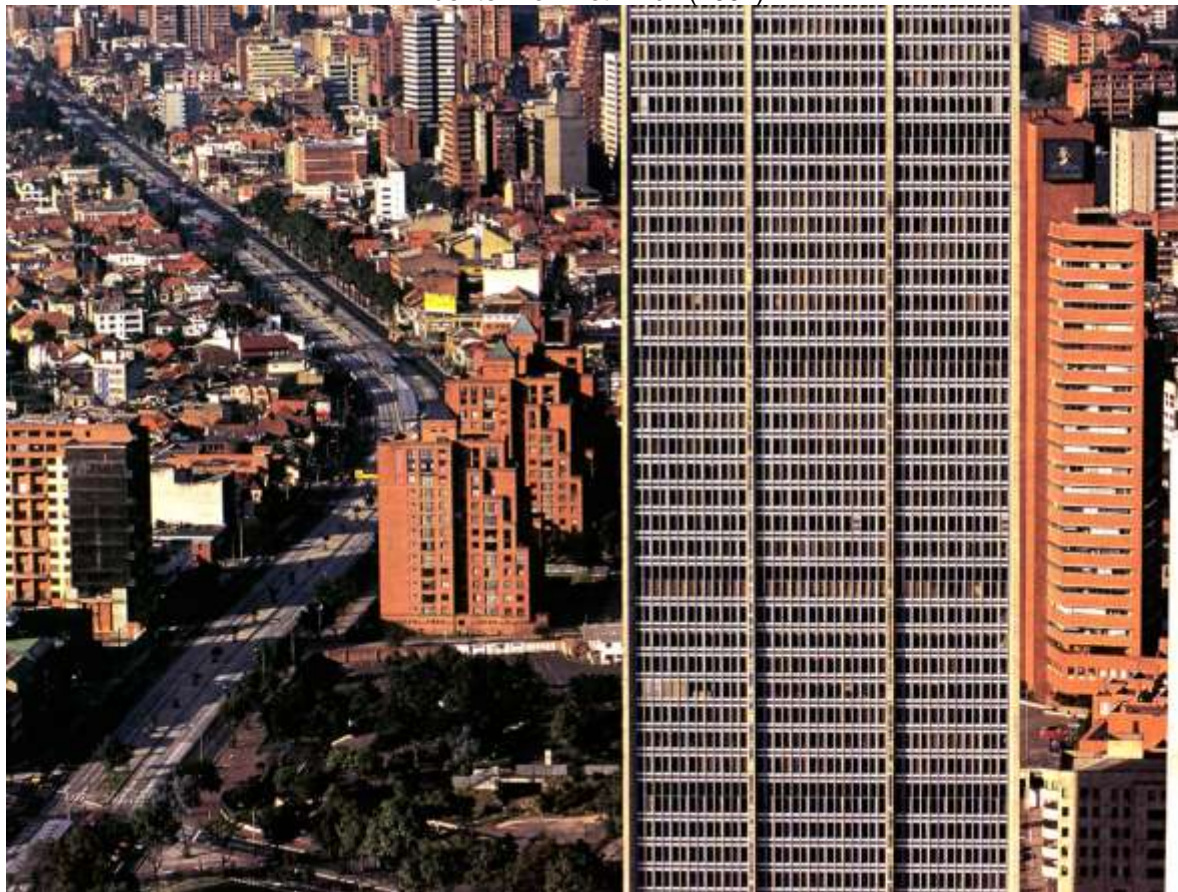
Se observa el mejoramiento de la imagen urbana en tanto el proyecto afecta la sección transversal hasta los paramentos, incluye el tratamiento del separador central, del separador de calzadas solo bus y mixta, de la calzada de tránsito mixto y de los andenes. Pero a pesar del desarrollo en los aspectos de infraestructura e imagen urbana, el proyecto TransMilenio tiene impactos urbanísticos derivados.

- 1.3.3.1 Los impactos urbanísticos del Sistema TransMilenio

A pesar de los cuatro aspectos anteriores, el sistema en su formulación sobre ejes arteriales de alta demanda de la ciudad ha requerido afectación de predios aledaños para

incorporar espacio público y cumplir requerimientos de operación⁷⁶. En las Fotografías 1-40 y 1-41 se observa como el perfil del corredor troncal mantiene a lo largo una sección transversal de vía continua, que puede llegar a afectar la morfología en torno al eje.

Fotografía 1-40. Troncal Avenida Caracas año 2004, Bogotá DC
Fuente: Von Rothkirch (2004)



Luego, una vez entra a funcionar el corredor, el componente dinámico del entorno, que debería tener una lectura clara, se desentiende en la planificación, que se ocupa fundamentalmente por la dotación de infraestructura y los servicios que ofrece el sistema de transporte más que por las relaciones con el sistema urbano. Esta situación tiene una acción de deterioro de la infraestructura de operación (en corredor troncal e intercambiador modal) que puede llevar a la obsolescencia prematura de dicha inversión por usos y actividades no previstas, lo que, como se verá en la Teoría del Riesgo, es el impacto del sistema sobre sí mismo.

⁷⁶ En todos los corredores de TransMilenio se ha tenido que garantizar una sección transversal para tener un determinado número de carriles solo bus y carriles mixtos.

El impacto de la inserción de la Fase 1 Troncal Caracas bajo un enfoque no holístico, y en un contexto de planificación urbana no integral sino sectorial, ha hecho que en la etapa de operación comiencen a notarse dinámicas en su mayoría indeseables en el ámbito de conceptos de hábitat, entorno, calidad de vida urbana y sostenibilidad ambiental. El sistema dio una visión paradigmática de desarrollo y no fue así.

1.3.4 Relación bidireccional entre producción de territorio y sistema de transporte público en Bogotá DC

La producción de territorio asociada al sistema de transporte⁷⁷, en este caso a los tres momentos del sistema de transporte público de la ciudad de Bogotá DC, está estrechamente relacionada con la estructura urbana (forma de la ciudad) que produce un determinado modo de transporte, dado un modelo urbano. Características del sistema de transporte como cobertura, flexibilidad, capacidad, tecnología, entre otras, son atributos que se asocian directamente con el tipo e intensidad en la ocupación del suelo y la imagen urbana que se obtiene. Es así como sistemas masivos resultan en una ciudad concentrada y densa, y los sistemas de menor capacidad (incluyendo al automóvil) tienen como resultado una ciudad dispersa y poco densa.

Según Hall (1996) la mejora del transporte urbano y la promoción de construcción privada son fundamentales para orientar el modelo urbano, pues el acceso a determinado modo de transporte permite a las personas localizar las actividades con mayor distancia. Esta relación explica el resultado en la forma e imagen urbana de las ciudades actuales:

- Hay una correlación entre oferta de servicios de transporte (oferta de movilidad) y crecimiento urbano.
- La producción de territorio relacionada al urbanismo ha respondido al mercado, la competencia y al individualismo, en vez de al Estado, la regulación y la sociedad. El urbanismo ha estado al servicio del mercado y no del Estado.
- El urbanismo actual, y desde principio del siglo XX, está orientado a un modelo de ciudad que impone los requerimientos del sistema de transporte, en particular del automóvil individual.
- El crecimiento económico dado por el libre mercado es aparentemente una noción de desarrollo, sin embargo tiene un costo en la producción de territorio que lleva a un modelo de planeación cada vez más complejo.

⁷⁷ Rodríguez y Pulido (2010)

La producción de territorio asociada a los tres momentos de la evolución del sistema de transporte público de la ciudad de Bogotá DC, se puede definir para cada uno:

La ciudad del tranvía

A este respecto dice Montezuma (2000): “El trazado del ferrocarril urbano permitió la expansión y el acceso de las personas a la movilidad motorizada...estos nuevos modos de transporte contribuyeron a generar una dinámica diferente sobre el suelo periférico de la ciudad, y marcan el comienzo de la transición de colectividad rural a urbana...El ejemplo de este cambio es la aparición de mercado de suelo periurbano, pues desde la fundación la actividad rural era más importante que la urbana. Este mercado tiene una relación simbiótica con la existencia del sistema de transporte, que en el caso de las líneas rígidas de tren indican el suelo más próximo a ser urbanizado”. Dice además “El trazado de los ferrocarriles del norte, paralelo al del tranvía, contribuyó a consolidar el eje norte de la ciudad (ver Figura 1-20), y generó una dinámica entre Bogotá y los poblados de la sabana, que estructuraron un sistema regional en el que estos gravitaban como satélites en torno a la ciudad central...Desde 1910 el ferrocarril era regional y suburbano, para unir Bogotá con Chapinero, Fontibón, Soacha, Bosa y Usaquén, municipios que luego en 1954 se anexaron definitivamente a la ciudad”.

El tranvía impuso un frente de expansión sur-norte demarcado por su eje rígido, que llevó a la urbanización lineal, paralela a la montaña, y a los costados de dicho eje, a la conurbación de Bogotá con Chapinero, y a la ciudad que hoy se conoce como centro expandido. La rigidez de este sistema no permitió seguir orientando la transformación espacial hacia los nuevos frentes de expansión urbana luego de la década del 50.

La aglomeración urbana del autobús (Transporte Público Colectivo)

Afirma Montezuma (2000): “La forma tentacular y atomizada adquirió la ciudad desde los años veinte estaba estrechamente ligada a los caminos regionales, al trazado del ferrocarril, a los nuevos barrios periféricos y a los límites de las haciendas...El origen del sistema privado de autobuses está estrechamente ligado a la creación dispersa de barrios obreros construidos en su mayoría de forma ilícita por fuera de la ciudad lineal...El sistema de autobuses ha desempeñado un papel muy importante en el proceso de urbanización ilegal, atomizada, tentacular, de baja densidad y desordenada de Bogotá DC; es una forma de producción de territorio alejada del cumplimiento de las normas urbanas, deficiente y orientada por el interés particular de urbanizadores ilegales y transportadores...Gracias a la flexibilidad de la organización y gestión, a la adaptabilidad con la forma predominante de urbanización acelerada y los reducidos costos de funcionamiento, el sistema de autobuses se convirtió en elemento indispensable para el proceso de expansión urbana...Es una relación de mutua contribución porque la urbanización acelerada fue un motor para el sistema de transporte colectivo en la medida que el crecimiento espacial aumentó la necesidad de desplazamientos; el éxito de las parcelaciones y los barrios periféricos se basaba en la existencia de servicio de transporte, pues era además el único servicio público disponible”.

El Sistema de Transporte Masivo TransMilenio

Según Sandoval (2010) “la producción de territorio propuesta por el Sistema TransMilenio se hace bajo el principio económico de mantener los bienes de capital con un buen nivel ocupación y producción: las líneas troncales se trazan sobre los ejes de más alta demanda hasta los puntos terminales donde la periferia de la ciudad empieza a reducir su densidad y dispersarse en decenas de barrios; a partir de estas terminales el usuario debe transbordar y tomar los autobuses alimentadores que hacen la capilaridad hasta el fin de la ciudad, también buscando un alto nivel de ocupación y productividad... Todo lo anterior implica costos, como tiempo en el transbordo y construcción de grandes infraestructuras para terminales que faciliten la integración física... Si bien el desarrollo de sistemas de tarjetas inteligentes permite confiabilidad para hacer transbordos virtuales, no es menos cierto que ante grandes demandas que confluyen de la periferia a los puntos de transbordo, es necesaria la inversión en infraestructura que facilite el transbordo y dé seguridad durante la espera y los desplazamientos a pie... Esta relación entre sistema de transporte y desarrollo urbano se ajusta a nociones de ordenamiento territorial de aprovechamiento y uso del suelo, buscando aumentar densidad para bajar costos sociales en la dotación de servicios públicos y de accesibilidad e inclusión social”.

▪ 1.3.4.1 El modelo de implantación urbana del sistema de transporte

La forma urbana y el crecimiento de la ciudad se asocian a los atributos del sistema de transporte, y se puede afirmar que el transporte influencia la producción de territorio, debido a las necesidades de movilidad que implica la localización. La producción de territorio es la mutación en la forma urbana que produce el sistema de transporte, dado atributos y características, relaciones de accesibilidad y noción de localización determinadas por éste. Así, el modelo urbano de Bogotá DC obedece a dos formas:

Figura 1-26. Modelo de expansión urbana
Fuente: Rodríguez y Pulido (2010)

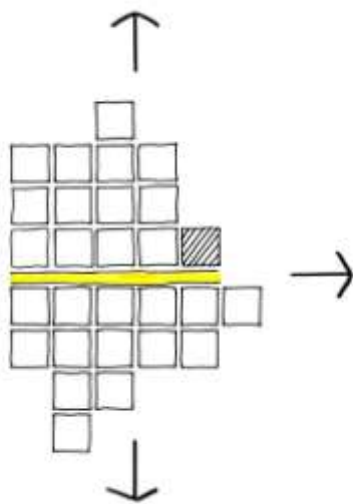


Figura 1-27. Infraestructura modelo expansión
Fuente: Google Earth (2010)



- El Transporte Público Colectivo impuso la expansión de la ciudad (ver Figura 1-26) en todas las direcciones que tuvieran accesibilidad para el autobús (norte, sur y occidente). Con la conformación del Distrito Especial en 1954 se anexaron los municipios circundantes, y se constituyó el territorio que actualmente ocupa la ciudad, servido en su totalidad por el sistema de transporte basado en buses, que utiliza como soporte la infraestructura existente (ver Figura 1-27), determinada por el plan vial construido.
- El Sistema de Transporte Masivo TransMilenio se implanta insertándose sobre la ciudad consolidada, buscando el incremento de la densidad (ver Figura 1-28) y recuperación del uso urbano sobre los ejes de mayor demanda de transporte (ver Figura 1-29). El componente rígido de este sistema llega a unos puntos (portales) donde se hace el intercambio modal a cuencas de alimentación, de modo que se evita la expansión innecesaria, tanto de la ciudad como del sistema de transporte.

Figura 1-28. Modelo de densificación urbana
Fuente: Rodríguez y Pulido (2010)

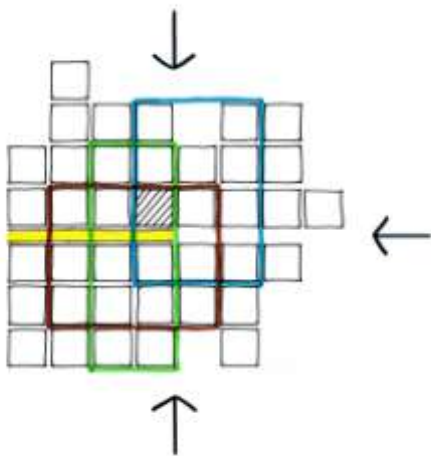


Figura 1-29. Infraestructura del modelo de densificación
Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth



En donde se está pasando de un modelo punto a punto que crea nueva ciudad, a otro de red troncoalimentada que consolida ciudad existente (ver Figura 1-30). El modelo troncoalimentado, que desde varios puntos de vista es más deseable, tiene el desafío de no solo ordenarse como sistema de transporte, sino de hacer acupuntura urbana⁷⁸ con el entorno de ciudad sobre el cual se inserta.

⁷⁸ Lerner (2010)