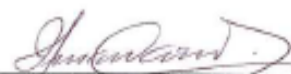


NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones



Firma Director Trabajo de Grado



Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Junio de 2014

DEDICATORIA

Primero que todo agradezco a Dios por permitirme realizar este maravilloso proyecto, en segundo lugar a mi familia por prestarme de manera incondicional el apoyo moral y económico el cual permitió que pudiera terminar con éxito el proceso investigativo en facultad de ingeniería civil y finalmente los docentes y asesores de la universidad que fueron los guías y modelos profesionales para culminar este importante paso para ser Ingeniero Civil de la universidad la gran Colombia.

AGRADECIMIENTOS

El siguiente proyecto de grado fue desarrollado de manera virtuosa gracias a la colaboración de las siguientes profesionales:

A el Ingeniero Hernán Carvajal PhD, asesor disciplinar del presente proyecto de investigación y a la dirección del semillero de investigación VITRA liderado por la Ingeniera Nancy Cifuentes.

Al Licenciado Roy W. Morales Pérez asesor de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia.

A la empresa SAIP SAS de la mano del Ingeniero Luis Guillermo Ramos quien nos suministro el Software TRANSMODELER para fines académicos y que el semillero de investigación VITRASOS se encuentra muy agradecido por su constante colaboración ya que sin su participación no se hubiese ejecutado este proyecto.

MODELO SISTEMATIZADO DEL FLUJO VEHICULAR TRANSVERSAL
ORIENTE-OCCIDENTE EN LA CARRERA 7^a, ENTRE CALLES 34 Y 53, EN LA
INCORPORACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE TIPO TREN LIGERO
(LRT).

EDWIN JHON EDISSON VELASCO ARIZA



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ

2014

MODELO SISTEMATIZADO DEL FLUJO VEHICULAR TRANSVERSAL
ORIENTE-OCCIDENTE EN LA CARRERA 7ª, ENTRE CALLES 34 Y 53, EN LA
INCORPORACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE TIPO TREN LIGERO
(LRT).

EDWIN JHON EDISSON VELASCO ARIZA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para presentar para optar el
título de Ingeniero Civil



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ

05 de Junio de 2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. ANTECEDENTES	17
3.1. EXPERIENCIA NACIONAL.....	17
3.2. EXPERIENCIA LOCAL	20
3.3. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	23
4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	27
4.1. OBJETIVO GENERAL	27
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4.2.1. Identificar las características y condiciones de operación del sistema de transporte tipo TREN LIGERO (LRT), a implementarse en el corredor vial de la Carrera 7ª entre las Calles 34 y 53	27
4.2.2. Determinar comportamiento actual del tráfico vehicular sobre la Carrera 7ª entre las Calles 34 y 53, incluido el flujo transversal oriente – occidente en las intersecciones del sector.....	27
4.2.3. Modelar el comportamiento, por medio del software TRANSMODELER, del flujo vehicular transversal oriente – occidente coordinando con la operación del sistema LRT, en el trayecto entre Calles 34 y 53.....	27
5. HIPÓTESIS.....	28
6. JUSTIFICACIÓN	29
7. MARCO REFERENCIAL.....	30
7.1. MARCO CONCEPTUAL	30
7.1.1. Transporte público Masivo.....	30
7.1.2. Tranvía y Tren Ligero.....	30
7.1.3. Volúmenes de Tránsito Absoluto o Totales.....	34
7.1.4. Demanda, Capacidad, Volumen y Tasa de Flujo.....	34
7.1.5. Volúmenes de Tránsito Horarios.....	35
7.1.6. Niveles de servicios.....	35
7.2. MARCO GEOGRÁFICO.....	37
7.2.1. Localidad de Santafé.....	37

7.3.	MARCO LEGAL.....	43
8.	METODOLOGÍA.....	44
8.1.	FASE 1: IDENTIFICAR LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE TIPO TREN LIGERO (LRT), A IMPLEMENTARSE EN EL CORREDOR VIAL DE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53.....	44
8.1.1.	Actividades.....	44
8.2.	FASE 2: DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO ACTUAL DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53, INCLUIDO EL FLUJO TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE EN LAS INTERSECCIONES DEL SECTOR (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN). .	45
8.2.1.	Actividades.....	45
8.3.	FASE 3: MODELAR EL COMPORTAMIENTO, POR MEDIO DEL SOFTWARE TRANSMODELER, EL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE COORDINANDO CON LA OPERACIÓN DEL SISTEMA LRT, EN EL TRAYECTO ENTRE CALLES 34 Y 53.	45
8.3.1.	Actividades.....	45
9.	RESULTADOS Y ANALISIS	47
9.1.	FASE 1 IDENTIFICAR LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE TIPO TREN LIGERO (LRT), A IMPLEMENTARSE EN EL CORREDOR VIAL DE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53.....	47
9.2.	FASE 2: DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO ACTUAL DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53, INCLUIDO EL FLUJO TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE EN LAS INTERSECCIONES DEL SECTOR (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN). .	52
9.3.	FASE 3: MODELAR EL COMPORTAMIENTO, POR MEDIO DEL SOFTWARE TRANSMODELER, EL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE COORDINANDO CON LA OPERACIÓN DEL SISTEMA LRT, EN EL TRAYECTO ENTRE CALLES 34 Y 53.	76
10.	CONCLUSIONES.....	81
11.	RECOMENDACIONES.....	82
12.	BIBLIOGRAFIA	83
	ANEXOS.....	86

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Plan de ordenamiento del sistema de troncales en Bogotá.	21
Tabla 2. Clasificación de los sistemas de transporte de pasajeros	31
Tabla 3. Localidad de Santafé y límites.	38
Tabla 4. Localidad, UPZ y límites UPZ en la zona de estudio.	38
Tabla 5. Localidad de chapinero con sus límites y UPZ.....	39
Tabla 6. Localidad, UPZ y límites UPZ en la zona de estudio.	40
Tabla 7. Especificaciones mínimas requeridas para el tren ligero carrera 7 ^a	50
Tabla 8. Especificaciones técnicas tren ligero carrera 7 ^a según estudio Universidad de los Andes	52
Tabla 9. Factores de corrección a la capacidad por pendiente Fpe.....	54
Tabla 10. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos Fd.	54
Tabla 11. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril Fcb.	55
Tabla 12. Niveles de Servicio (NS) del corredor de la carrera 7 ^a entre calles 34 y 53.....	56
Tabla 13. Movimientos posibles en intersecciones.	56
Tabla 14. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso Este)..	61
Tabla 15. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso Norte)	62
Tabla 16. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso oeste)	63
Tabla 17. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso Sur) ...	64
Tabla 18. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	66
Tabla 19. Volúmenes vehiculares en intersecciones 45 y 46 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	67
Tabla 20. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	68

Tabla 21. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	70
Tabla 22. Volúmenes vehiculares intersección de la calle 45 y 46 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	72
Tabla 23. Volúmenes vehiculares intersección de la calle 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	74

TABLA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso Este).....	61
Grafica 2. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso Norte).	62
Grafica 3. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso oeste).	63
Grafica 4. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso Sur).	64
Grafica 5. Volúmenes vehiculares en intersecciones 39, 45 y 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	65
Grafica 6. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	71
Grafica 7. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	73
Grafica 8. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.	75

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Planta del Diseño Geometrico (Bucaramanga).....	18
Figura 2. Alternativas escenarios de simulación (Bucaramanga).....	19
Figura 3. Simulación en el TRANSMODELER (Bucaramanga).	19
Figura 4. Delimitación localidad de Santafé.	37
Figura 5. Delimitación localidad de Chapinero.	39
Figura 6. Delimitación del área de estudio Carrera 7 ^a entre calles 34 y 53.....	41
Figura 7. Intersecciones principales de estudio Carrera 7 ^a con calle 39.	42
Figura 8. Intersecciones principales de estudio Carrera 7 ^a con calle 45.....	42
Figura 9. Cartografía de la ciudad de Bogotá.....	47
Figura 10. Cartografía con delimitación de zona de estudio	48
Figura 11. Sección típica del tren ligero por la carrera 7 ^a	49
Figura 12. Sección típica del tren ligero por la carrera 7 ^a con Calle 39.	50
Figura 13. Movimientos en la intersección de la Calle 39 con carrera 7 ^a	58
Figura 14. Movimientos en la intersección de la Calle 45 con carrera 7 ^a	59
Figura 15. Movimientos en la intersección de la Calle 53 con carrera 7 ^a	60
Figura 16. Inicio de la simulación con el programa TRANSCAD.....	76
Figura 17. Tipos de transportes ingresados en el programa TRANSMODELER. .	77
Figura 18. Modelación en intersecciones.	78
Figura 19. Convergencia de distintas clases de tráfico.	78
Figura 20. Modelación del flujo vehicular por la Cra 7 ^a con el tren ligero.....	80
Figura 21. Incorporación del tren ligero por la Cra 7 ^a	80

TABLA DE IMÁGENES

	Pág.
Fotografía 1. Metro ligero al Sur de Londres.....	24
Fotografía 2. Carrera 7 con calle 39 Parque Nacional	79

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta este proyecto con propósito de aportar las principales características para el desarrollo de la movilidad, conociendo algunos parámetros en los estudios que se lleva a cabo y programados para la vía en la ciudad de Bogotá D.C Carrera 7 comenzando en la Calle 34 y finalizando en la Calle 53.

El diagnóstico del sistema de movilidad para la ciudad de Bogotá, permite conocer el estado actual de los sistemas vial del transporte existente de la zona (carrera 7) así como el nivel de satisfacción de la comunidad con respecto al funcionamiento de los mismos. Esto como punto de partida en el planteamiento de programas que contemplen la planeación y optimización de los recursos disponibles.

Bogotá presenta patrones de movilidad desarticulados y desordenados, lo cuales se derivan del crecimiento urbano sin una planificación adecuada, razón por la que requiere intervenciones complejas tanto en la malla vial como en las políticas y directrices que permiten regular y administrar el sistema. Ante dicha problemática, Bogotá sigue la tendencia global de la implementación de sistemas de transporte masivo, ejecución que se ha realizado en diferentes fases de construcción, donde la tercera fase contemplaba la adopción de TransMilenio por la Carrera Séptima, sin embargo esta se pospuso dando paso a la construcción por la Calle 26 y la Carrera 10. El diseño sobre la Carrera Séptima ha sido redefinido a un solo carril, sin sobrepasos, ni obras sobre el mobiliario. La aplicabilidad, coherencia y proyección de este tipo de propuestas se convierten así en determinantes para el desarrollo de la población, dada la sensibilidad que genera sobre aspectos sociales, territoriales, ambientales y económicos, de allí la importancia de comprender las variables del transporte urbano y su comportamiento actual, que posteriormente permitirán evaluar las propuestas sobre este importante eje de la ciudad.

Se emplean un conocimiento principal sobre un sistema operativo software TRANSMODELER que es un SIG innovador que permite la creación y adaptación de mapas, construir y mantener bases de datos geográficos y realizar diferentes tipos de análisis espacial. TRANSMODELER incluye sofisticadas características SIG como el diseño de polígonos, áreas de influencia de líneas, y geocodificación, y tiene una arquitectura de sistema abierto que permite el almacenamiento compartido de datos. Donde su principal funcionamiento es emplear una microsimulación sistematizada del tramo en estudio para confirmar las causas de emplear un nuevo sistema de transporte masivo tipo tren ligero (LRT) en el cual el sistema de movilización en las intersecciones de mayor demanda de vehículos en sentido Oriente - Occidente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bogotá es sin duda una de las más grandes, desarrolladas y pobladas ciudades del país y la quinta más grande en América Latina, pero a la vez sufre de graves consecuencias de implementación y de estrategias de movilidad lo cual genera caos, desorden, un alto costo de infraestructura vial y pérdida de competitividad, debido al rápido crecimiento de los sistemas de tráfico urbanos en términos de demanda. Esto ha conducido a que administraciones anteriores planteen nuevas estrategias e implementación de sistemas integrales de transporte que, a la fecha, las fórmulas planteadas no han tenido buenos resultados.

La mayoría de los esfuerzos invertidos por las administraciones distritales anteriores fueron encaminados al desarrollo del transporte por la carrera 7 entre las calles 26 y 170 ya que conecta el sur con el norte y representa a la ciudad un valor cultural, histórico y comercial bastante amplio.

Todo empezó con propuestas de planes de acción de movilidad, sistemas de paraderos autorizados, campañas de desarrollo del sentido de pertenencia y la responsabilidad social y la incorporación de sistema TransMilenio por la carrera 7; este último con graves problemas de planeación y adjudicado a la empresa consorcial PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA TRANSMILENIO CARRERA SÉPTIMA S.C. S.A.S por un valor de \$ 83.600 millones de pesos, por la administración del Alcalde Samuel Moreno y este contrato fue cancelado por el actual Alcalde de la Ciudad Gustavo Petro, quien acordó la terminación anticipada del mismo, ya que la construcción del TransMilenio ligero por este corredor no era viable para la ciudad y propuso la construcción del metro ligero o tranvía para esta importante vía de la ciudad de Bogotá.

De esta manera, se propone implementar un modelo sistematizado que, en principio, permita establecer características de un sistema sin obstaculización

vehicular en la operación del TREN LIGERO LRT (por sus siglas en inglés), a la vez, evitar afectación importante en el flujo transversal a la línea LRT.

Se efectuará una micro simulación con el software especializado TRANSMODELER del sistema de transporte mixto sentido ORIENTE – OCCIDENTE que cruza la Carrera 7ª, en el segmento escogido entre Calles 32 y 53, como aporte para el mejoramiento de la viabilidad.

La utilización del modelo permitirá, en proyectos subsiguientes, buscar diferentes maneras de adecuación a la carrera 7ª para disminuir la congestión vehicular y garantizar que el sistema TREN LIGERO (LRT) se constituya en efecto, en la mejora de dichas condiciones, con sistemas electrónicos para regular la semaforización de manera inmediata y automatizada.

Teniendo en cuenta lo anterior y, con el fin de presentar una propuesta viable que permita buscar soluciones a la problemática de movilidad de la carrera 7ª, planteamos la siguiente pregunta:

¿Qué efectos sobre los flujos vehiculares transversales oriente-occidente a la carrera 7ª entre calles 34 y 53 tendrá la incorporación de un sistema de transporte TREN LIGERO (LRT)?

3. ANTECEDENTES

3.1. EXPERIENCIA NACIONAL

El aumento de la población y el alto crecimiento presentado en grandes ciudades del mundo han traído consigo un fenómeno de desorden y caos, y si a esto se le suma el aumento del parque automotor, conlleva a un deterioro de la movilidad tanto vehicular como peatonal y aún más, en el caso de países como el nuestro donde la infraestructura vial es ineficiente, lo cual se convierte en congestiones de vehículos y demoras en los viajes de origen destino.

Para la implementación de nuevos sistemas de transportes en las diferentes ciudades del mundo y analizándolo desde el punto de vista de la infraestructura vial, se hace necesario contar con alternativas de solución que permitan mejorar o disminuir problemas puntuales de intersecciones que son el punto de partida para el problema de caos vehicular presentados en diferentes partes de Colombia.

Específicamente en Bucaramanga se llevo a cavó el estudio de la intersección conocida con el nombre de Intersección tipo Diamante (ver figura No.1,) y una modificación de la misma conocida como Diverging Diamond Interchange, que han sido implementadas en países de Europa y en ciudades norteamericanas, pero que a nivel latinoamericano no se tiene ningún tipo de antecedente.

Por ello, se presenta una recopilación de información acerca de la existencia, funcionamiento y operación de este tipo de intersecciones¹; en aquel lugar se cuenta con los parámetros iniciales que son la cartografía, diseño geométrico de la intersección, caracterización de la malla, capacidad vehicular, volúmenes vehiculares, velocidad de operación, operación de los semáforos y niveles de servicios, para el establecimiento de los escenarios de simulación en el programa

¹ DÍAZ, Hernán y MARTINEZ, Yerly Fabián. Intersecciones tipo diamante divergente, análisis de implementación en ciudades colombianas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011, 11 P.

TRANSMODELER (ver figura 2 y 3), el cual permite proporcionar una solución completa para evaluar los impactos del tráfico presente y futuro de diversos escenarios de planeamiento. Por otra parte, las herramientas de cartografía y de simulación de TRANSMODELER permiten presentar los resultados de los estudios de una manera fácilmente comprensible².

A continuación de manera gráfica se ilustra las etapas tenidas en cuenta para el diseño de la micro modelación de una intersección típica de la ciudad de Bucaramanga, ubicada en el cruce formado por la carrera 27, una arteria principal de doble calzada con tres carriles, con la calle 56 una vía con dos carriles en cada sentido, que se constituyen en dos principales arterias vehiculares de esta ciudad, dado que allí constituyen importantes flujos de la malla vial arterial de la ciudad.

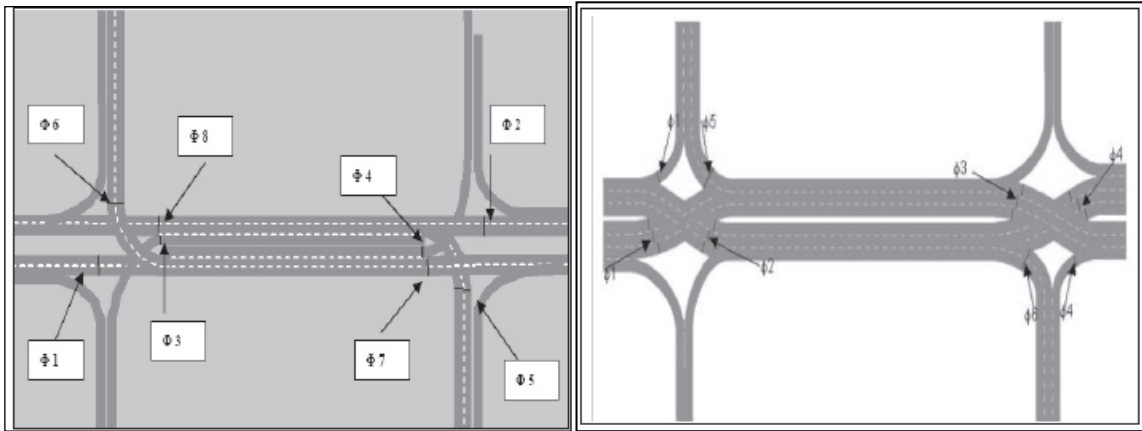
Figura 1. Planta del Diseño Geometrico (Bucaramanga)



Fuente: Área metropolitana Bucaramanga – ETA S.A.

² RESEARCH COUNCIL TRANSMODELER, traffic Simulación software.Coliper Corporación. [online]. Washington D.C. [Citado en junio de 2012] Available from internet: <<http://www.coliper.com/transmodeler/#.U2JYRPI5OM>

Figura 2. Alternativas escenarios de simulación (Bucaramanga).



Fuente: Intersecciones tipo diamante (en línea)

http://www.erevistas.csic.es/ficha_articulo.php?url=oai_revista630:87&oai_iden=oai_revista630

Figura 3. Simulación en el TRANSMODELER (Bucaramanga).



Fuente: Intersecciones tipo diamante (en línea)

<http://www.circulaseguro.com/interseccion-divergente-en-diamante/>

Los resultados de las simulaciones muestran dónde se pueden observar las demoras por vehículo, parada y se pueden observar las velocidades promedio y niveles de servicio que se presentan en cada uno de los corredores que conforman esta intersección obteniendo resultados positivos y ventajas en cuanto a la operación semafórica, el cual permite hacer más eficiente la implementación de este tipo de intersecciones, además, complementarlo con un análisis de seguridad vial y análisis de costos que permita darle todo el soporte para la posible implementación real en un futuro no muy lejano ya que se cuentan con los parámetros técnicos estipulados por la legislación colombiana y hacer del programa TRANSMODELER la macro simulación y micro simulación que se utilice con mayor relevancia en los estudios y diseños de ingeniería que se realicen en el país y en las grandes universidades del continente latinoamericano.

3.2. EXPERIENCIA LOCAL

En la actualización de estudios y diseños de la troncal calle 26 (Avenida 3ª – Aeropuerto el dorado – Avenida José Celestino Mutis), en Bogotá; en el plan de ordenamiento territorial realizado en año 2005 (ver tabla 1) se tuvieron en cuenta la construcción de las principales troncales de la ciudad para realizar los estudios y diseños, así incorporarlas al sistema masivo TransMilenio.

Se realizaron análisis de intersecciones semaforizadas a lo largo del corredor; y se analizaron las intersecciones de la calle 26 * carrera 22, calle 26 * carrera 20; carrera 3 * calle 22, para un total de 3 intersecciones semaforizadas³.

³ INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO- IDU -Contrato No.IDU-133 DE 2005. Estudios y diseños de la troncal calle 26 (Avenida 3ª – Aeropuerto el Dorado – Avenida José Celestino Mutis), Bogotá, IDU.Ptotal 5.

Tabla 1. Plan de ordenamiento del sistema de troncales en Bogotá.

Troncal	Longitud	Período	Estado
Av. Caracas	18,5	1998 - 2001	En operación
Calle 80	7,5	1998 - 2001	En operación
Autopista Norte	9,6	1998 - 2001	En operación
Ramal Tunal	3,0	1998 - 2001	En operación
Ramal Av. Jiménez	1,0	1998 - 2001	En operación
Américas-Primera Etapa ²	5,5	2001 - 2006	En operación
Calle Trece-Primera Etapa ³	4,0	2006 - 2011	En operación
NQS-Autosur ⁴	19,0	2001 - 2006	En operación
Av. Suba	9,0	2001 - 2006	En operación
Corredor férreo del sur	12,0	2001 - 2006	
Av. de los Cerros	7,9	2001 - 2006	
Cra Séptima	11,0	2001 - 2006	
Cra. Décima	13,0	2001 - 2006	En operación
Calle 6	4,9	2001 - 2006	
Calle 170	9,7	2001 - 2006	
Calle 26	9,6	2001 - 2006	En operación
NQS-Norte	16,5	2001 - 2006	
Av. Boyacá	35,0	2006 - 2011	
Av. Primero de Mayo	14,5	2006 - 2011	
Av. Caracas-Segunda etapa	8,3	2006 - 2011	
Av. Villavicencio	10,3	2011 - 2016	
Av. 68	16,0	2011 - 2016	
Calle 63	8,7	2011 - 2016	
Av. Ciudad de Cali	30,9	2011 - 2016	

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial (2005)

Dicho estudio se inició principalmente con el análisis de capacidad y niveles de servicios, siendo importante mencionar que el tramo de la vía de estudio corresponde a una vía de características de flujo continuo, distinguiéndose de igual forma las conectantes que pueden presentar características de tráfico discontinuo reguladas mediante señalización vertical y que, por lo tanto, para el análisis se utilizarán las metodologías basadas en el manual de carreteras HCM 2000⁴ que permite llevar a cabo el estudio de capacidad y niveles de servicio analizando la capacidad de las vías al considerar presencia o no de intersecciones de prioridad tipo “PARE” O “SEMAFORIZADAS”

⁴ HIGHWAY CAPACITÓ MANUAL – HCM 2000 Transportación Research Boarh National

Para llevar a cabo los análisis, se utilizó el software TRANSMODELER Versión 1.1⁵ el cual permitió relacionar los resultados a las metodologías del HCM 2000, con el fin de poder obtener los resultados de funcionamiento de la red vial “TRONCO DE VIA A ANALIZAR” y en lo referido a las intersecciones al considerar la señalización vertical tipo “CEDA EL PASO”

El modelo simula el comportamiento de cada vehículo cada décima de segundo. Los vehículos pueden variar sus características físicas o de rendimiento y pueden ser adecuados a las necesidades del usuario. Se simula en detalle la aceleración, desaceleración, intervalo entre vehículos, cambio de carril, confluencias e incorporaciones, situaciones que pueden ser afectadas por el comportamiento del conductor, las características del vehículo a la geometría de la vía. TRANSMODELER incluye parámetros de defecto para los modelos más importantes de comportamientos.

Finalmente, tomando como base los resultados de los diferentes trabajos de campo realizados en la toma de aforos y diseño geométrico de la vía se alimenta la red de circulación la cual se convierte en una capa geográfica de líneas, con una base de datos de red de tráfico, listo para ediciones, adiciones para la simulación y utilizando matrices de viajes generadas por el modelos de distribución de viajes como datos de entrada de la demanda para la red considerada utilizando el potente estimador de tablas de viajes de TRANSCAD, el cual permitió general tabla de viajes que sean consistentes con los conteos de trafico realizados por el aforador se realizó el plan integrado de transporte por la calle 26, que para este año ya está funcionando y sin embargo, fue estudiado desde el año 2005 para un periodo de diseño de 20 AÑOS.

⁵ RESERARCH COUNCIL Washington D.C. 2000. TRANSMODELER. traffic Simulación software. Caliper Corporación 2006.

3.3. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES⁶

Para la incorporación del tranvía por la carrera 7ª debemos remitirnos a experiencias internacionales que se mostrará a continuación, como introducción al modelo sistematizado que se unirá al sistema integrado de transporte a lo largo de este importante corredor para Bogotá.

En términos generales, el sistema de Metro Ligero se integra muy bien en el entorno de las ciudades; puede discurrir por superficie y posee características comunes con el metro convencional y el tranvía. En los tramos en superficie, donde circula en vía reservada pero no exclusiva, el metro ligero puede compartir el espacio con otros vehículos (operando a menor velocidad), teniendo el metro ligero prioridad semafórica.

En la actualidad existen cerca de un centenar de sistemas de metro ligero funcionando en 70 países del mundo con diferentes resultados, en particular en relación con los costos de operación y la demanda. Solo en Europa, alrededor de 60 ciudades disponen de este sistema, entre ellas Madrid, Londres, París, Berlín y Milán. Todas estas ciudades cuentan adicionalmente con una importante red de metro. Se puede entonces afirmar que este sistema es compatible y complementario con el metro convencional y otros modos de transporte.

Las características en cuanto a posibilidades de desarrollo urbano e incidencia en el medio en que se integran, junto con la falta de liquidez de algunas administraciones locales, han hecho que se hayan construido en los últimos años varios proyectos de Metro Ligero mediante concesión:

1. La línea de metro ligero de Croydon al Sur de Londres (ver fotografía 1) se desarrolló por medio de una licitación para la construcción y operación,

⁶ BOCAREJO, Juan Pablo. VELASQUEZ, Juan Miguel. GÓMEZ, Julián. El Tren Ligero de la Carrera 7ª. Bogotá. Universidad de los Andes. 2010. p. 4

estableciendo a las empresas privadas ciertos requerimientos en cuanto a reparto de riesgos. Por ejemplo, el contrato estableció que no se aumentaría la competencia de buses con la línea de metro durante el periodo de concesión, que es de 99 años. En este caso el sector privado contribuyó con 119 M€ de los 317 M€ presupuestados. En 2005, según las cuentas presentadas por su operador, se presentan unas pérdidas de £5.9 millones y unos ingresos de £19 millones. Las pérdidas se causaron principalmente por el pago de los intereses de los préstamos pendientes del financiamiento de la construcción (el resto de la inversión fue financiado por el gobierno). Este estado de cuentas incluye el pago de £6,7 millones de subsidios a la tarifa, también por parte del gobierno.

Fotografía 1. Metro ligero al Sur de Londres



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Londres>.

- En el caso de Estrasburgo (10 km, 1994), la red de transporte se convirtió en objeto de debate político en las elecciones. El equipo ganador defendía la idea de la construcción del tranvía y además propuso importantes planes para la ordenación general de la ciudad, limitando la circulación de

automóviles en el centro urbano y distintas mejoras urbanísticas. En este caso, el concesionario fue una sociedad de economía mixta de la que la Administración local poseía el 51% del capital y garantizaba, además, el 40% de los créditos solicitados por la misma para la realización del proyecto.

- Las redes de tranvía de Barcelona, Trambaix (16 km, 301M€) y Trambesos (14,1 km, 265 M€), fueron la primera implantación del tranvía moderno en Barcelona y son operadas por una empresa privada. En 2010 el Trambaix tenía 16 millones de viajeros/año y el Trambesos 8 millones, con unos ingresos propios de 7,85 y 3,44 M€ respectivamente, y unos costos de operación de 13,7 millones y 12,5 M€, dejando un déficit en la operación entre el 43 y 73%.
- Los metros ligeros de la comunidad de Madrid, en los que la Administración ha construido la infraestructura y luego ha licitado la financiación y explotación, Boadilla, Pozuelo (Metro Oeste) y las compensadas en tarifas técnicas que abona la autoridad de transporte a lo largo del periodo de concesión y que recupera la inversión y re-equilibra la explotación.

En el caso de Metro Oeste, el proyecto necesitó una inversión en material móvil, obras, instalaciones, equipos técnicos y humanos de alrededor de 650 M€, por una longitud de 22,2 km (29,3 M€/km), 29 estaciones (abiertas) y una velocidad media entre 22 y 25 km/h. La operación del sistema se realiza con trenes de 33 m de longitud, con una capacidad para 204 personas (4 pas/m²). Estos trenes operan en plataforma reservada y existen algunas intersecciones semaforizadas, alcanzando una frecuencia máxima en hora pico de 10 trenes/h, es decir, uno cada 6 min.

Se estima que en general, el sistema Metro Oeste beneficiaría a una población de 120.000 personas, sirviendo una demanda de 6,9 millones de pasajeros en 2007, lo que resulta en unos 22.500 pax/día. Sin embargo, para el año 2012, la autoridad de transportes de Madrid abonada al concesionario una tarifa técnica por usuario de 4,16 € (en ese año la tarifa al público estaba entre 1,0 y 1,5 €). Esta cifra que se ha venido modificando ligeramente, en virtud de la evolución del IPC y de inversiones ejecutadas no previstas en el plan original de concesión. En cuanto a la evolución de la demanda, en 2008 fue de cerca de siete millones y de ocho millones en 2009 y en 2010. El concesionario preveía alcanzar los 12 millones de viajeros en 2015, estimación que prácticamente queda descartada a la vista de la actual crisis. En resumen, las cuatro líneas de metro ligero en Madrid, de 36 km de longitud, transportaron 17,3 millones de pasajeros en el año 2010, con un alto componente de subsidios a la tarifa por parte del gobierno (alrededor de 280% del costo a los usuarios).

Finalmente, cabe resaltar que en la gran mayoría de los casos revisados se han presentado retrasos y problemas en las obras respecto a las provisiones iniciales, consecuencia en gran parte a la imposición de plazos imposibles, estudios incompletos y precipitación de las fases previas de los proyectos. En cuanto a la financiación, los modelos públicos y privados pueden ser viables, pero es necesario contar con una normativa y un sistema de regulación y control fuertes y avanzados, punto donde la experiencia local muestra grandes debilidades.

4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.

4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo sistematizado en el programa TRANSMODELER para determinar efectos sobre los flujos vehiculares transversales oriente – occidente en el corredor de la Carrera 7ª, tramo entre las Calles 34 y 53, en la incorporación del sistema de transporte tipo Tren Ligero (LRT).

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1. Identificar las características y condiciones de operación del sistema de transporte tipo TREN LIGERO (LRT), a implementarse en el corredor vial de la Carrera 7ª entre las Calles 34 y 53
- 4.2.2. Determinar comportamiento actual del tráfico vehicular sobre la Carrera 7ª entre las Calles 34 y 53, incluido el flujo transversal oriente – occidente en las intersecciones del sector.
- 4.2.3. Modelar el comportamiento, por medio del software TRANSMODELER, del flujo vehicular transversal oriente – occidente coordinando con la operación del sistema LRT, en el trayecto entre Calles 34 y 53.

5. HIPÓTESIS.

La implementación del TREN LIGERO LRT por la Carrera 7^a introducirá mejoras en el servicio de transporte masivo en la zona de estudio según los tres parámetros básicos que pueden ser utilizados para describir el tránsito: Volumen o razón de flujo, velocidad y densidad, esto al no afectarse de manera significativa el flujo vehicular transversal y longitudinal entre las calles 34 y 53 por la carrera 7^a.

6. JUSTIFICACIÓN

Los antecedentes descritos ilustran una serie de acciones de mejora continua que se han venido articulando en diferentes partes del mundo en la implementación de estrategias a corto y mediano plazo para el desarrollo de la movilidad.

La presente investigación ejecuta nuevos modelos de exploración para los sistemas masivos de transporte urbano que tiene como finalidad la interacción directa que hay entre el flujo vehicular transversal y longitudinal que circula por la carrera 7ª entre calles 34 y 53 para la incorporación del sistema de transporte tipo Tren Ligero (LRT),

Se abarca este tema con el fin de proponer el desarrollo de un modelo sistematizado del sistema de transporte LRT para determinar los efectos que este tendrá por Carrera 7ª y encaminar el Macroproyecto realizado por el semillero de investigación VITRASOS Liderado por el Ingeniero Hernán Carvajal que mejoraría el flujo vehicular, la interacción directa con los peatones del sistema y adoptar el diseño de estaciones que en tesis anteriores se han planteado para que este proyecto sea un sistema masivo sostenible.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1. MARCO CONCEPTUAL

7.1.1. Transporte público Masivo.

El gobierno Colombiano, en el Decreto 3109 de 1997, define al transporte masivo de pasajeros como “...*el servicio que se presta a través de una combinación organizada de infraestructura y equipos, en un sistema que cubre un alto volumen de pasajeros y da respuesta a un porcentaje significativo de necesidades de movilización*”⁷. Este decreto tiene por objetivo principal integrar el Sur y Norte de la carrera 7ª siendo esta una vía estructural y de alto nivel comercial de la ciudad de Bogotá para la implementación de un sistema de transporte masivo.

7.1.2. Tranvía y Tren Ligero.

El tranvía es un medio de transporte de pasajeros que circula por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles, sin separación del resto de la vía ni senda o sector reservado⁸, en la tabla No.2 se identifica la clasificación de diferentes sistemas de transporte de pasajeros.

El tren ligero es un sistema tranviario que circula en gran parte de su recorrido por una plataforma parcial o totalmente segregada del tráfico rodado y en algunos casos tienen prioridad semafórica⁹. Para este proyecto existen muchos criterios, algunos ligados directamente al tipo de oferta y sus características operacionales, pueden guiar la estructuración de un sistema de transporte para una ciudad, entre otros, alta accesibilidad, optimización de los costos de movilización, la minimización de los mismos, optimización de los tiempos de desplazamiento origen – destino, minimización de transbordos y finalmente la combinación de algunos de estos criterios en modelos más o menos rigurosos, ayudaran a

⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Decreto 3109. (30, Diciembre, 1997). Por la cual se reglamenta la habitación, prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la Nación. Santa Fe de Bogotá. D.C. Diario oficial No 43 205.p. 1.

⁸ WIKIPEDIA. Tren Ligero (En línea). <http://es.WIKIPEDIA.org/wiki/Tren_ligero> [citado en 4 de Abril de 2014]

⁹ IBIP

establecer escenarios para la definición de un esquema de movilidad integral que conlleva a diseñar un modelo sistematizado con los parámetros reales.

Tabla 2. Clasificación de los sistemas de transporte de pasajeros

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Sistema de Transporte Semi-rápido	Consiste de los modos de transporte que utilizan el derecho de vía categoría “B”, “C” Y “A” en ciertos trechos de vía. En esta categoría se clasifican los buses, tren ligero. Es importante que el transporte masivo este separado del tráfico vehicular en las áreas centrales y congestionadas.
Transporte Privado	Consiste de vehículos de propiedad privada operados por sus propietarios. El más común es el auto privado, pero las motocicletas, bicicletas y por su puesto los peatones pertenecen a esta categoría.
Transporte de Pasajeros Urbano por Carrera	Es comúnmente conocido como para tránsito (Paratransit): Es decir, un servicio de transporte que provee un operador y disponible para todas aquellas partes que cumplan con las condiciones de un contrato de acarreo. (El pago está prescrito y la tarifa), pero que se ajusta al deseo de viaje de la persona. La mayoría de los para tránsito no tienen rutas y mucho menos una programación.
Transporte Ferroviario	Es un sistema de transporte terrestre de personas y mercancías guiado por carriles en rieles
Transporte de Pasajeros Urbano Masivo	Es conocido como tránsito (Transit), transporte masivo, tránsito masivo. Estos son sistemas de transporte con rutas y programaciones fijas, disponibles para el uso de personas que pagan una tarifa. Los más representativos son: Buses, Riel Ligero, Transito Rápido, pero existe un sin número de otros modos
Transporte Público Urbano	Incluye a ambos, el Transporte Urbano por Carrera y el Masivo, ya que ambos están disponibles para el uso público.

Fuente: Modos de transporte Urbano de Pasajeros (en línea)

<<http://modosdetransporte.wikispaces.com/MODOS+DE+TRANSPORTE>> (citado Abril 2 de 2013)

La siguiente lista de definiciones sirve para entender el concepto tanto técnico como científico de la ingeniería y utilizado en este proyecto para el desarrollo y la elaboración del modelo sistematizado en el software TRANSMODELER.

TRANSMODELER: Es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico. TransModeler puede simular toda clase de redes de viales, desde autopistas hasta calles de los centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad. Usted puede animar el comportamiento de sistemas de tráfico complejos para ilustrar la circulación de tráfico, la operación semafórica, y el funcionamiento conjunto de la red.

TRANSPORTAR: movilizar un animal, persona o cosa por un precio convenido de un lado a otro¹⁰.

TRANSITAR: desplazarse de un lugar a otro por vías, calles o parajes públicos¹¹.

MODO TRANSPORTE: tipo específico de vehículo y servicio mediante el cual se realiza la acción del desplazamiento de personas o cosas de un lugar a otro.

MOVILIDAD: cantidad de tránsito que puede acomodar el sistema de transporte y la rapidez con la que este se puede transportar.

SISTEMA DE TRANSPORTE: organización de elementos reales que a través de conceptos de ingeniería de tránsito y transporte lleven a cabo o efectúen el transporte de bienes y servicios.

TIPOS DE SISTEMA DE TRANSPORTE: carretero, ferroviario, fluvial o acuático, de flujo continuo (sistema de cableado) y aéreo.

¹⁰ "Diccionario de la lengua española". Vigésima segunda edición (Versión en línea) <http://drae.rae.es> (fecha de consulta: 02 de Abril 2014)

¹¹ Ibid, P.2

VOLUMEN DE TRÁNSITO: número de vehículos y personas que pasan por una sección de vía o un carril durante una unidad de tiempo. Puede ser una hora, un día, un mes, un año.

AFORO DE FRECUENCIA Y CARGA: Acción de contar en puntos estratégicos de una ruta (pie a tierra), el número de autobuses que llegan o pasan a esos puntos en un tiempo determinado, así como el número de usuarios que llegan, descienden, ascienden y salen en esos puntos.

AFORO DE TIEMPOS DE RECORRIDO: Acción de contar a bordo de la unidad los tiempos generados desde la salida del cierre de circuito A, a la llegada al punto a: A-B-A (en minutos), con las demoras propias del proceso de operación, tales como ascensos, descensos, semáforos, congestionamientos, configuraciones viales, etc.

AFORO DE TRÁNSITO: Acción de contar el número de vehículos y personas que circulan en puntos específicos de una vía. En función de los fines y objetivos un aforo incluirá diversos aspectos como sentidos de circulación, variación por unidades de tiempo, composición vehicular, etc.

VELOCIDAD: se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h).

CONGESTIÓN VEHICULAR: Es un impacto sobre la vida cotidiana de la gente, quien invierte parte importante de su tiempo en desplazarse, reduciendo así su tiempo (y energía) para realizar otras actividades o está en familia y son efectos negativos en la eficiencia de la economía de la ciudad, debido al costo de los desplazamientos cada vez más lentos, de los vehículos, pasajeros y mercancías¹².

¹² Lozano, Angelica y Antún, Juan, p. "Tráfico Vehicular en zonas Urbanas". Instituto de ingeniería de la UNAM. Ciencias núm. 70. 2003.

7.1.3. Volúmenes de Tránsito Absoluto o Totales

- a. **Tránsito Anual (TA):** Es el número total de vehículos que pasan durante un año, en este caso $T = 1$ año.
- b. **Tránsito Mensual (TM):** Es el número total de vehículos que pasan durante un mes, en este caso $T = 1$ mes.
- c. **Tránsito Semanal (TS):** Es el número total de vehículos que pasan durante una semana, en este caso $T = 1$.
- d. **Tránsito Diario (TD):** Es el número total de vehículos que pasan durante un día, en este caso $T = 1$ día.
- e. **Tránsito Promedio Diario (TPD):** como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual ó menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.
- f. **Tránsito Horario (TH):** Es el número total de vehículos que pasan durante una hora, en este caso $T = 1$ hora.

7.1.4. Demanda, Capacidad, Volumen y Tasa de Flujo.

Son cuatro parámetros que se expresan en las misma unidades, sin embargo no significan lo mismo ya que la demanda es el número de personas o vehículos que esperan ser servidos, distinto del volumen que son los vehículos servidos y de la capacidad que son los vehículos que pueden ser servidos.

- a. **Demanda:** Es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que algunos viajes se desvían hacia rutas alternas y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial.
- b. **Capacidad:** Se define por cada grupo de carriles y es la intensidad de circulación máxima de grupo de carriles en cuestión que puede circular a través en las condiciones prevalecientes de tráfico, calzada y semaforización.

- c. **Volumen:** Es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico y en ingeniería esta medición es importante ya que se realizan los conteos por medio de los aforos.
- d. **Tasa de Flujo:** Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada.

7.1.5. Volúmenes de Tránsito Horarios.

- a. **Volumen horario máximo anual (VHMA):** Es el máximo volumen de horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.
- b. **Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD):** Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.
- c. **Volumen Horario de proyecto (VHP):** Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que se pueda dar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

7.1.6. Niveles de servicios.

Se define nivel de servicio (NS) en intersecciones reguladas por semáforos en términos de demora que es una medida de las molestias, frustración, consumo de carburantes y tiempo de viaje perdido por el conductor y este se mide bajo los

parámetros de la progresión, duración del ciclo, relación de verde, y la relación intensidad, capacidad para el grupo de carriles en observación.

A continuación se clasifican los niveles de servicios que existen.

a. **Nivel De Servicio A:** Operación con demoras muy bajas, menores de 5 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto puede contribuir a demoras mínimas.

b. **Nivel De Servicio B:** Operación con demoras entre 5.1 y 15 segundos por vehículo. Algunos vehículos comienzan a detenerse.

c. **Nivel De Servicio C:** Operación con demoras entre 15.1 y 25 segundos por vehículo. La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.

d. **Nivel De Servicio D:** Operación con demoras entre 25.1 y 40 segundos por vehículo. Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones de v/c muy altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.

e. **Nivel De Servicio E:** Operación con demoras entre 40 y 60 segundos por vehículo. Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c muy altas.

f. **Nivel De Servicio F:** Operación con demoras superiores a los 60 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.

7.2. MARCO GEOGRÁFICO.

7.2.1. Localidad de Santafé.

Santafé está ubicada en el centro de la ciudad de Bogotá. Limita, al norte, con la Localidad de Chapinero; al sur, con las Localidades de San Cristóbal y Antonio Nariño; al oriente, con el Municipio de CHOACHÍ y al occidente, con las localidades de Los Mártires y Teusaquillo. Santa Fe tiene una extensión total de 4.487,74 hectáreas (ha).

Figura 4. Delimitación localidad de Santafé.



Fuente: Sistema integrado de transporte (En línea)
<www.sitp.gov.co/40726>[Citado en Abril 05 de 2014]

Tabla 3. Localidad de Santafé y límites.

Localidad	Límites
Santa Fé	Norte: con la Localidad de Chapinero en la calle 39 sobre el caño Arzobispo. Sur: con las Localidades de San Cristóbal y Antonio Nariño. Oriente: con el municipio de Choachi. Occidente: con las localidades de Los mártires y Teusaquillo

Fuente: Elaboración Propia

Esta localidad recibe su nombre en reconocimiento a la ciudad Santa Fe en Granada España, lugar de nacimiento de Gonzalo Jiménez de Quesada y su historia data de la colonia. Se reconoce como el sector en donde se dieron los primeros asentamientos de la ciudad y en torno a él se dio la expansión de la ciudad.

Tabla 4. Localidad, UPZ y límites UPZ en la zona de estudio.

Localidad	UPZ	Nº	Límites
Santa Fe	Sagrado Corazón	91	Norte: Río Arzobispo Oriente: Perímetro urbano Calle 3, Colegio San Bartolomé la Merced, Carrera 5 Sur: Avenida Jorge Eliécer Gaitán (Calle 26) Occidente Avenida Caracas

Fuente: Elaboración Propia

7.2.2. Localidad de Chapinero.

La Localidad de Chapinero está ubicada al oriente de la ciudad; va de la calle 39 a la calle 100, desde la Avenida Caracas hasta los Cerros Orientales. Limita con las Localidades de Santa Fe, al sur, Teusaquillo y barrios unidos, al occidente; Usaquén, al norte, y con los municipios de choaqui y la calera, al oriente. La localidad cubre 3.899 hectáreas, el 35,1% es considerado área urbana; el 23,1%, área amanzanada; el 20,4%, área residencial y el 21,2%, área rural protegida.

Tabla 5. Localidad de chapinero con sus límites y UPZ.

Localidad	Límites
Chapinero	<p>Norte: con la Localidad de Usaquén en la calle 100 y la vía a la Calera.</p> <p>Occidente: con Las Localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo separadas por el eje vial autopista Norte Avenida Caracas.</p> <p>Oriente: con el páramo de Cruz Verde, la Piedra de la Ballena, el Pan de Azúcar y cerro de la Moya que crean el límite con los Municipios de La Calera y Choachí</p> <p>Sur: con la Localidad de Santa Fe en la calle 39 sobre el caño Arzobispo.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Delimitación localidad de Chapinero.



Fuente: Mapa de Bogotá (En línea)

<<http://www.bogota.gov.co/article/localidades/Chapinero/Alcaldia%20al%20Parque%20en%20la%20Vereda%20El%20Verjon%20de%20Chapinero>> [Citado en Abril 05 de 2014]

Tabla 6. Localidad, UPZ y límites UPZ en la zona de estudio.

Localidad	UPZ	Nº	Límites
Chapinero	Chapinero	99	Norte: Calle 67 Oriente: Avenida Alberto Lleras Camargo Carrera 7 Calle 45 Avenida Circunvalar Sur: Río Arzobispo Occidente: Avenida Caracas (Carrera 14)
	Pardo Rubio	90	Norte: Calle 69 Carrera 4, Calle 7ª. Transversal 1ª Este, Av. Circunvalar Calle 71 Oriente: Perímetro Urbano Sur: Costados sur del barrio Paraíso , Avenida de los cerros, calle 45 Occidente: Avenida Alberto Lleras Camargo (Carrera 7ª.)

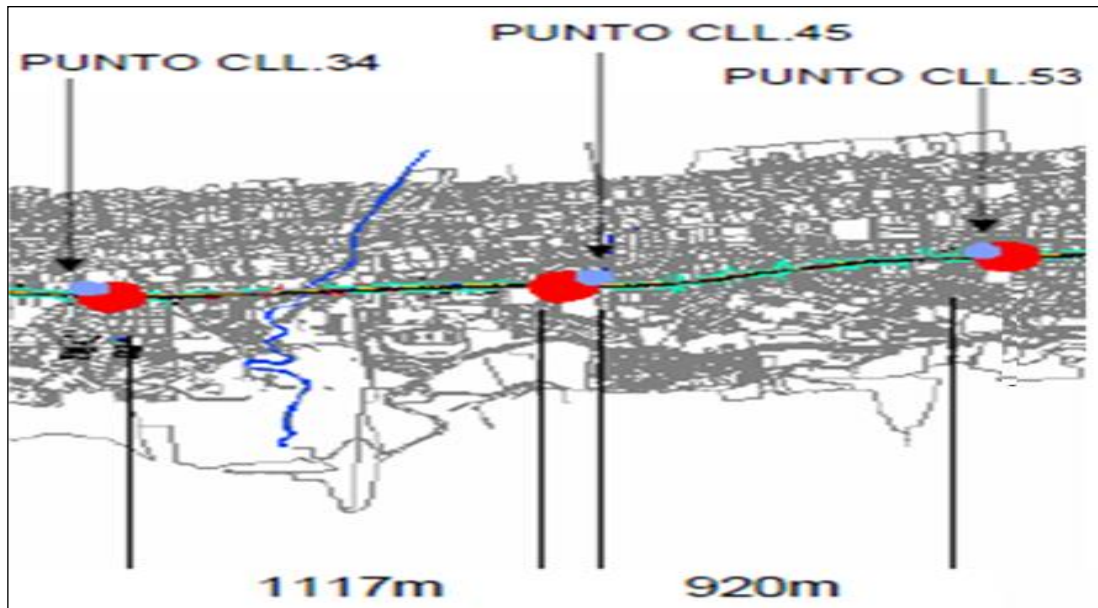
Fuente: Elaboración Propia

7.2.3. Delimitación zona de estudio.

El corredor de la carrera 7ª hace parte de la malla vial arterial ha sido tradicionalmente un eje vial de particular importancia en el sistema colectivo de movilidad, su perfil vial y su cercanía al centro tradicional lo convirtió en el principal corredor alternativo para comunicar el norte y sur de Bogotá.

El presente informe esta desarrollado con el objetivo de ejecutar un modelo sistematizado para llevar a cabo la incorporación del sistema de transporte tipo tren ligero (LRT) por la carrera 7ª entre calles 34 y 53 que cuenta con sitios de interés cultural y comercial para este importante corredor como son Ecopetrol, Parque Nacional, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Santo Tomás, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Hospital San Ignacio, Institutos técnicos y tecnológicos, Centros médicos y Centros de idiomas, a continuación se muestra en la Figura No.6 la delimitación del área de estudio.

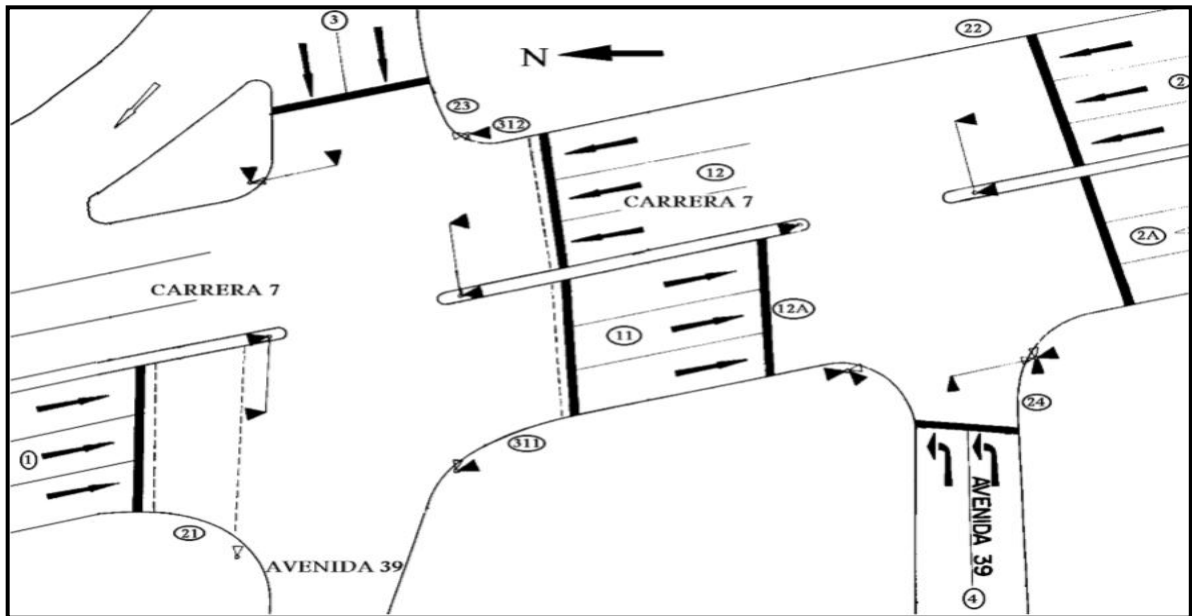
Figura 6. Delimitación del área de estudio Carrera 7ª entre calles 34 y 53.



Fuente: Elaboración Propia

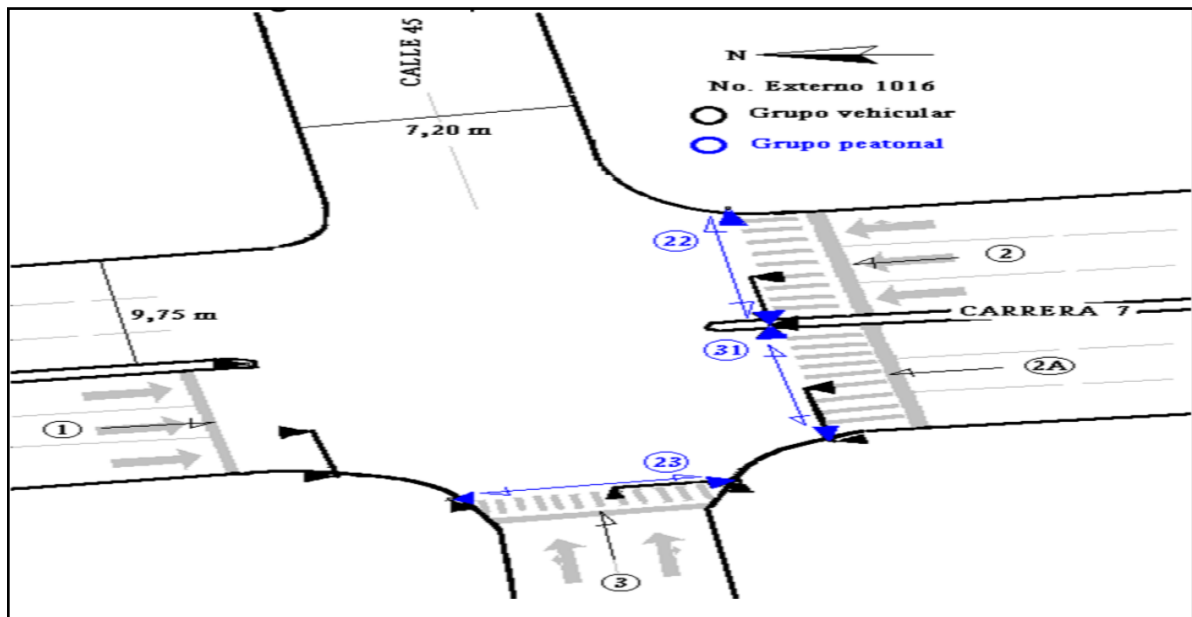
Una vez tenemos delimitada el tramo de la zona de estudio, se procedió a analizar las intersecciones más críticas que existen por este importante corredor de la ciudad de Bogotá, obteniendo del recorrido realizado el 19 de Enero del 2014 los anchos de carril, número de carriles, señalización existente, identificación de semáforos y registro fotográfico. A continuación de manera gráfica nombramos las dos intersecciones en evaluación en dicho recorrido.

Figura 7. Intersecciones principales de estudio Carrera 7ª con calle 39.



Fuente: Fondatt-STT 2017 De 2003; SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE.

Figura 8. Intersecciones principales de estudio Carrera 7ª con calle 45.



Fuente: Fondatt-STT 2016 de 2004; SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE

7.3. MARCO LEGAL.

- Decreto 1660 de 2003: Ministerio de Transporte, Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte de la población en general y en especial de las personas con discapacidad". Es de importancia para nuestro proyecto, ya que es una de las principales áreas de estudio, la comodidad y acceso de personas con discapacidad al sistema de transporte masivo tren eléctrico ligero, que implica la calidad del servicio.
- Decreto 2762 de 2001: Ministerio de Transporte, por el cual se reglamenta la creación, habilitación, homologación y operación de los terminales de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera, en este se identifican las condiciones mínimas para el servicio de estación o terminales de transporte público.
- HCM 2,000, soportado por el Comité Ejecutivo 2,000 de la TRB (Transportation Research Board). Referencia internacional

8. METODOLOGÍA

De acuerdo a los objetivos específicos planteados y por tratarse de una investigación de tipo descriptivo cuantitativo que busca determinar de manera conceptual cada uno de los elementos y condiciones para que el comportamiento del flujo vehicular sobre la Carrera 7ª opere de forma armónica con cada uno de los limitantes tanto espaciales como social, se pretende que la propuesta relacione los criterios de movilidad para la mejor implantación del sistema sobre el eje de la Carrera Séptima.

Para que los criterios y comportamientos propuestos desde la movilidad contribuyan a un mejor espacio urbano, se debe lograr la creación de un sistema jerarquizado de movilidad, que reduzca las interferencias, facilite los recorridos y mejore la seguridad.

De esta manera se determinan las siguientes actividades para que cada uno de los objetivos específicos planteados sean realizados de manera alcanzable y permitan un desarrollo óptimo de la investigación; El diseño metodológico permitirá una consecución de procedimientos pertenecientes a cada uno de las fases del proyecto:

8.1. FASE 1: IDENTIFICAR LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE TIPO TREN LIGERO (LRT), A IMPLEMENTARSE EN EL CORREDOR VIAL DE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53.

8.1.1. Actividades.

- Por medio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi adquirimos la cartografía magnética como requisito previo para iniciar la etapa de investigación y se presenta en medio físico en el Anexo 1 del presente informe.

- Revisión bibliográfica de las dimensiones, características geométricas, especificaciones técnicas y diseños de los tipos de trenes ligeros a utilizar por el corredor de la carrera 7ª
- Realizar inspección visual del tramo estudiado, acompañada de registro fotográfico de las zonas representativas.

8.2. FASE 2: DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO ACTUAL DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53, INCLUIDO EL FLUJO TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE EN LAS INTERSECCIONES DEL SECTOR (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN).

8.2.1. Actividades.

- Obtener el diseño geométrico del corredor de la carrera 7ª entre calles 34 y 53.
- Determinar los niveles de servicios de las intersecciones de las calles 34, 39, 45 y 53.
- Identificar los giros y movimientos de las intersecciones de las calles 39, 45 y 53.
- Identificación de intersecciones semaforizadas.
- Aforos vehiculares en las intersecciones y flujo vehicular de la carrera 7ª.

8.3. FASE 3: MODELAR EL COMPORTAMIENTO, POR MEDIO DEL SOFTWARE TRANSMODELER, EL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE COORDINANDO CON LA OPERACIÓN DEL SISTEMA LRT, EN EL TRAYECTO ENTRE CALLES 34 Y 53.

8.3.1. Actividades.

- Desarrollar el modelo computacional en el software TRANSMODELER con el tráfico existente por la carrera 7ª, Sentido del flujo Sur –Norte.
- Desarrollo de modelo computacional para análisis y afectación de movilidad en carrera 7ª al incorporar el Tren ligero.

9. RESULTADOS Y ANALISIS

9.1. FASE 1 IDENTIFICAR LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE TIPO TREN LIGERO (LRT), A IMPLEMENTARSE EN EL CORREDOR VIAL DE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53.

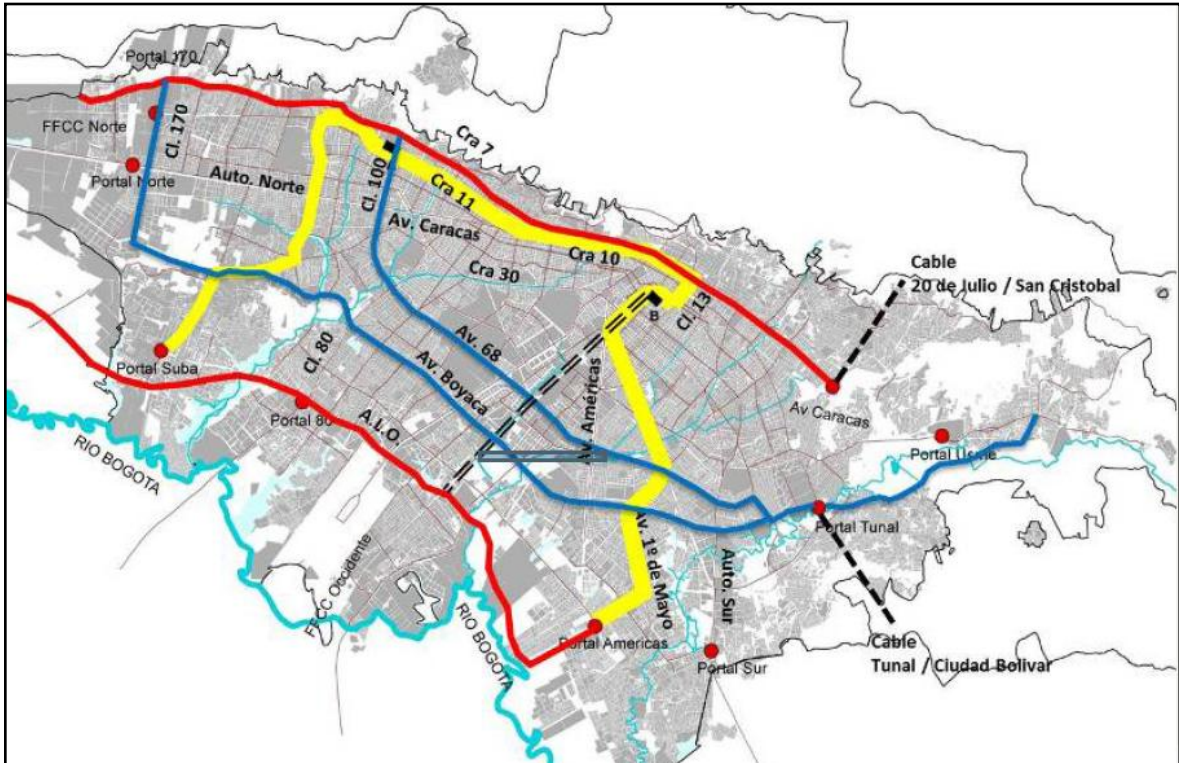
Esta fase consistió en obtener la cartografía de la ciudad de Bogotá que comprende el Mapa Topográfico Nacional escala 1:25.000 (Información suministrada por el instituto geográfico del Agustín Codazzi) y la consulta bibliográfica de las principales características del tren ligero para la incorporación por la Carrera 7ª.

Figura 9. Cartografía de la ciudad de Bogotá.



Fuente: Instituto geográfico de la Agustín Codazzi (Medio Magnético)

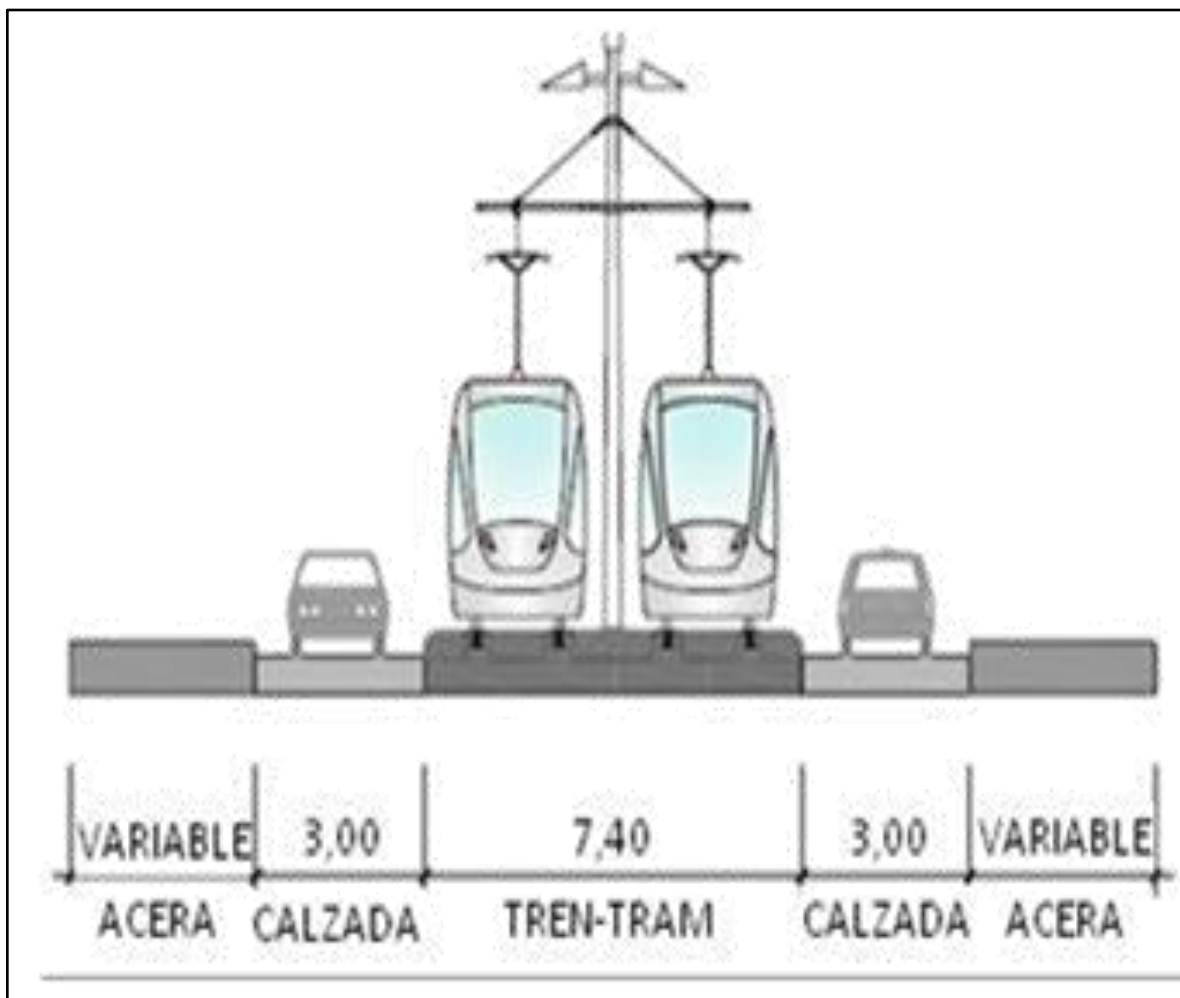
Figura 10. Cartografía con delimitación de zona de estudio



Fuente: Disponible en: <http://www.movilidadbogota.gov.co>

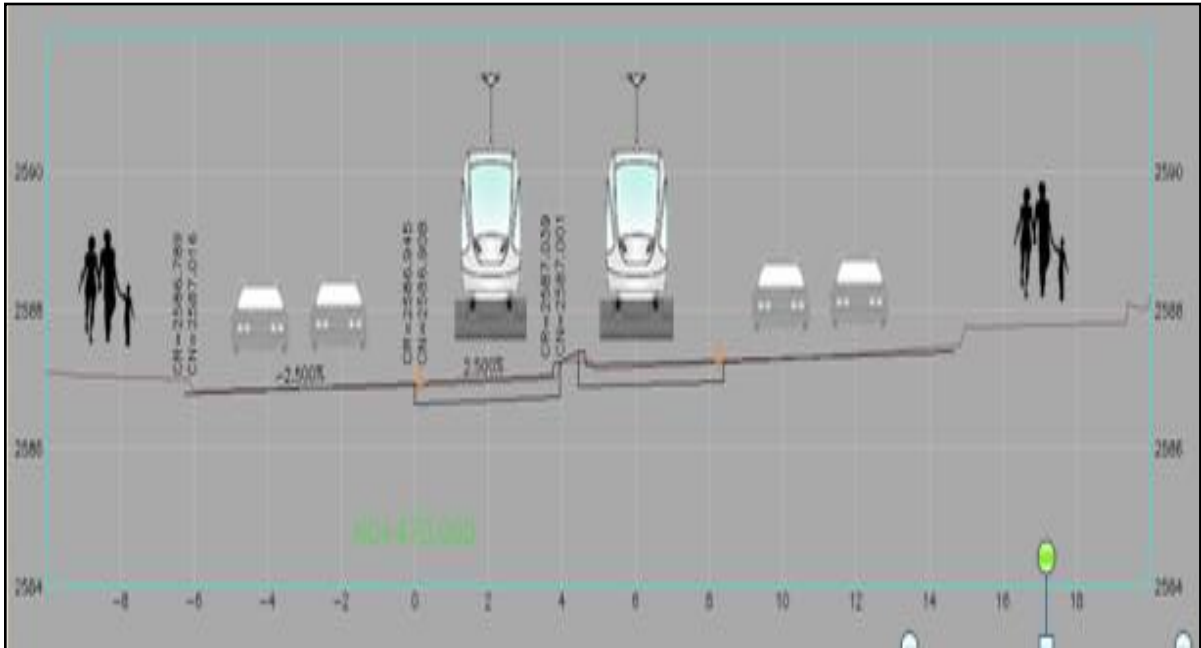
Características generales del tren ligero: Indiscutiblemente un tren ligero LRT utiliza menos sección transversal para su circulación que cualquier otro sistema de transporte masivo, por lo cual es mucho más amigable con el flujo vehicular en condiciones espaciales reducidas y es una de estas secciones típicas la cual se tuvo en cuenta el programa TRANSMODELER; En la figura 11 se presenta el esquema básico aplicable para el presente proyecto de investigación:

Figura 11. Sección típica del tren ligero por la carrera 7ª.



Fuente: Consorcio ALSTOM - SAIP

Figura 12. Sección típica del tren ligero por la carrera 7ª con Calle 39.



Fuente: Consorcio ALSTOM - SAIP.

ALSTOM, uno de los principales fabricantes de móviles tipo LRT, establece algunos trenes prototipos tomados de las ciudades en que ya funcionan de manera eficiente, según lo observado en las características principales del tren ligero se tomaron a partir de las especificaciones para la simulación del tráfico vehicular.

A continuación se presenta el esquema de dimensiones de dicho tren y se ajusta para las características de la Carrera 7ª en el punto estudiado:

Tabla 7. Especificaciones mínimas requeridas para el tren ligero carrera 7ª

Descripción	Cantidad	Unidad
LONGITUD TOTAL DEL TREN	44	m
ANCHO TOTAL DEL TREN	2,4	m
ÁREA DISPONIBLE INTERNA	105,6	m ²

USUARIOS POR METRO CUADRADO	6	Pas/m ²
CAPACIDAD TREN MÁXIMA	633,6	Uni
CORRECCIÓN (PASAJEROS SENTADOS)	100	Uni
CAPACIDAD TREN AJUSTADA	430	Uni
No DE PUERTAS DE ABORDAJE	9	Uni
No DE PUERTAS DE SALIDA	5	Uni
No DE PUERTAS EXCLUSIVAS PARA USUARIOS CON DISCAPACIDAD	1	Uni
LONGITUD PUERTAS USUARIOS CON DISCAPACIDAD	1	m
LONGITUD PUERTAS ABORDAJE Y SALIDA	1,4	m
SEPARACIÓN ENTRE PUERTAS	1,2	m

Fuente: Semillero de investigación VITRASOS

De acuerdo al estudio hecho por la Universidad de los Andes¹³, obtenemos las especificaciones generales para la incorporación del tren ligero más viable a implementar por el corredor de la carrera 7ª.

Este tren se ajusta tanto a la demanda de usuarios máxima en hora pico como a las limitaciones espaciales del corredor estudiado, uno de los objetivos principales de la presente investigación es la actualización del diseño geométrico y se encuentra adjunto en el ANEXO 3 del presente informe

A continuación se presenta la recomendación que resultó del estudio realizado por la Universidad de los Andes.

¹³ BOCAREJO, Juan Pablo. VELASQUEZ, Juan Miguel. GÓMEZ, Julián. El Tren Ligero de la Carrera 7ª. Bogotá. Universidad de los Andes. 2010. p. 9

Tabla 8. Especificaciones técnicas tren ligero carrera 7ª según estudio Universidad de los Andes

Capacidad del Tren doble (8 pas/m ²)	956 pasajeros
Capacidad del Tren doble (6 pas/m ²)	760 pasajeros
Longitud del tren	80 m
Trenes requeridos para copar la demanda actual (8 pas/m ²)	27/h
Trenes requerido para copar la demanda actual (6 pas/m ²)	32/h

Fuente: BOCAREJO Juan, VELASQUEZ Juan, GOMEZ Julian, ACEVEDO Jorge, PAEZ Daniel, GUERRA Gonzalo, GUZMÁN Luis. El Tren Ligero de la Carrera 7.pag 8. 2011

La inspección visual realizada en el corredor de la carrera 7ª entre las calles 34 y 53 se encuentra en el Anexo 2 del presente trabajo de investigación.

9.2. FASE 2: DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO ACTUAL DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 34 Y 53, INCLUIDO EL FLUJO TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE EN LAS INTERSECCIONES DEL SECTOR (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN).

El Instituto de Desarrollo Urbano mediante el contrato IDU 25 DE 2006 “*Estudios y diseños a precio global fijo sin reajustes, de la Troncal Carrera 7 de la Calle 34 a la Calle 170 y tramo de la Calle 72 de la Carrera 7 a Avenida Caracas en Bogotá D.C.*” suministró la información referida a los diseños geométricos de la carrera 7ª entre las calles 34 y 53 mediante la comunicación 34-08-13/edwinvelasco.

El plano detallado del diseño geométrico del corredor de la carrera 7ª se encuentra en el ANEXO 3 del presente trabajo de investigación.

Para la determinación de los niveles de servicios en las principales intersecciones del corredor de la carrera 7ª se tuvieron en cuenta dos parámetros importantes como son la intensidad y la capacidad.

La Intensidad se define como el número de vehículos que atraviesan por una intersección en un periodo determinado por hora verde y se define por medio de la siguiente ecuación

$$I_v = \frac{C}{V}$$

Fuente: Capacidad vial según el manual de INVIAS

Para determinar la capacidad de una vía, se parte de una capacidad ideal de la misma (3200 automóviles por hora en ambos sentidos), la cual se ve reducida al ser multiplicada por varios factores de corrección que representan la medida aproximada en que la vía real se aleja de las condiciones ideales. El producto de multiplicar la capacidad ideal de la vía por los diferentes factores de corrección representa la capacidad para las condiciones específicas de la vía en vehículos de todas las clases por hora C_i : 3200 automóviles/hora/ambos sentidos

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

C_{60} : Capacidad en vehículos mixtos por hora sin considerar variaciones aleatorias.

F_{pe} : Factor de corrección a la capacidad por pendiente (Tabla 9)

Fd: Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Tabla 10)

Fcb: Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Tabla 11)

Tabla 9. Factores de corrección a la capacidad por pendiente Fpe

PEND. ASC. %	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)											
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
8	0.96	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.84
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
11	0.90	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
12	0.87	0.76	0.71	0.68	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.61	0.61	0.61

Fuente: Manual Invias

Tabla 10. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos Fd.

DISTRIBUCIÓN POR SENTIDOS A/D	PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE					
	0	20	40	60	80	100
50/50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
60/40	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70/30	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.71
80/20	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63
90/10	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100/100	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.50

Fuente: Tomados de un trabajo de grado de Arciniegas y Sepúlveda¹⁴

Tabla 11. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril Fcb.

ANCHO UTILIZABLE DE LA BERMA EN METROS	ANCHO DE CARRIL (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.99	0.98	0.96	0.92
1.50	0.99	0.99	0.98	0.95	0.91
1.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.91
1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.90
0.50	0.98	0.97	0.96	0.93	0.89
0.00	0.97	0.96	0.95	0.92	0.88

Fuente: Tomados del HCM2 y transformados en factores de capacidad¹⁵

Para calcular el Nivel de Servicio se parte de una velocidad para condiciones casi ideales (excepto por pendiente), la cual se va multiplicando sucesivamente por factores de corrección hasta llegar a una velocidad representativa de las condiciones estudiadas, se va correlacionando entre el volumen total en ambos sentidos y la capacidad (Q/C60) y por medio de tablas sacadas del manual de INVIAS se tiene en cuenta el estado de superficie de la rodadura, IRI, % de área afectada y nivel de funcionalidad.

A continuación se presentan los niveles de servicios obtenidos en las intersecciones principales de la carrera 7ª entre la calle 34 y 53.

¹⁴ ARCINIEGAS RUEDA, Ismael Enrique y SEPÚLVEDA SÁNCHEZ, Daniel. Estudio sobre el efecto de la distribución por sentidos en la capacidad para carreteras de dos carriles. Santafé de Bogotá. 1994, 300 p : il. Trabajo de grado (ingeniero civil) Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería.

¹⁵ TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. Special Report 209. Edición de 1985. Washington, D.C.:T.R.B, 1985, p. 8-11

Tabla 12. Niveles de Servicio (NS) del corredor de la carrera 7ª entre calles 34 y 53

Sentido Sur - Norte		
CRUCE DE LA VÍA	VEL (KM/H)	N.S
CALLE 34	31,6	C
CALLE 36	22,6	D
CL 39 WE	12,2	F
CL 39 EW	6,3	F
CALLE 45	31,5	C
CALLE 46	22,2	E
CALLE 47	15,2	F
CALLE 49	36,1	C
CALLE 53	10,7	F

Una vez obtenemos los niveles de servicios identificamos en campo los giros y movimientos de los vehículos en las intersecciones de las calles 39, 45 y 53.

Tabla 13. Movimientos posibles en intersecciones.

GIRO	SENTIDO
1	NORTE
2	SUR
3	OESTE
4	ESTE
5	NORTE
6	SUR
7	OESTE
8	ESTE
9(1)	NORTE
9(2)	SUR
9(3)	OESTE
9(4)	ESTE

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Directo	1
	Giro a izquierda	5
	Giro a derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	Directo	2
	Giro a izquierda	6
	Giro a derecha	9(2)
	Giro en U	10(2)
Oeste	Directo	3
	Giro a izquierda	7
	Giro a derecha	9(3)
	Giro en U	10(3)
Este	Directo	4
	Giro a izquierda	8
	Giro a derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Fuente: Manual de planeación y diseño¹⁶

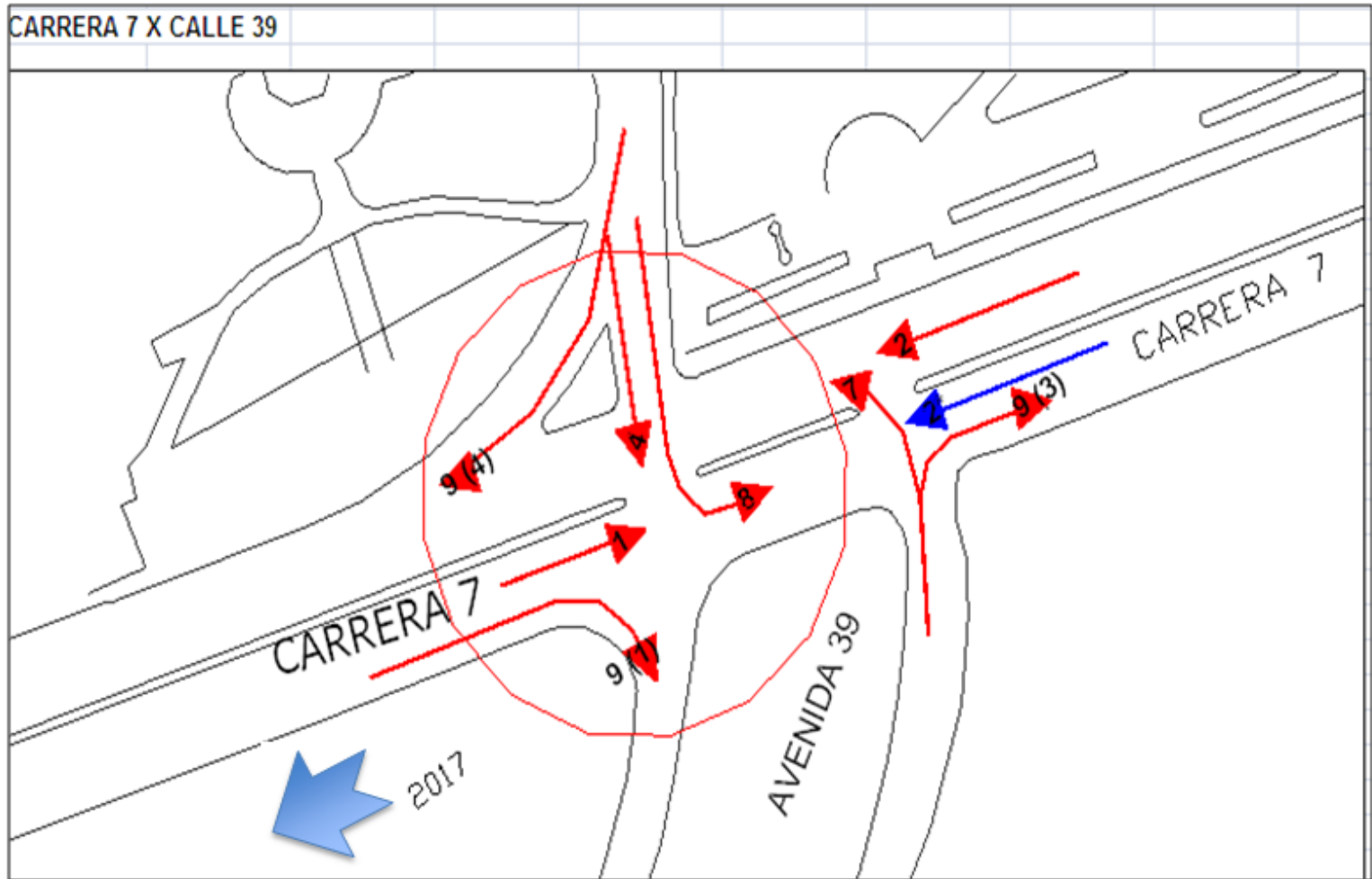
¹⁶ Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte en Santafé de Bogotá; CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS; figura 5.1.

9.2.1. Movimientos en intersecciones y volúmenes vehiculares

Se inventariaron tres puntos de toma de información de vehículos transversales y uno longitudinal que corresponde a la Información primaria del proyecto,

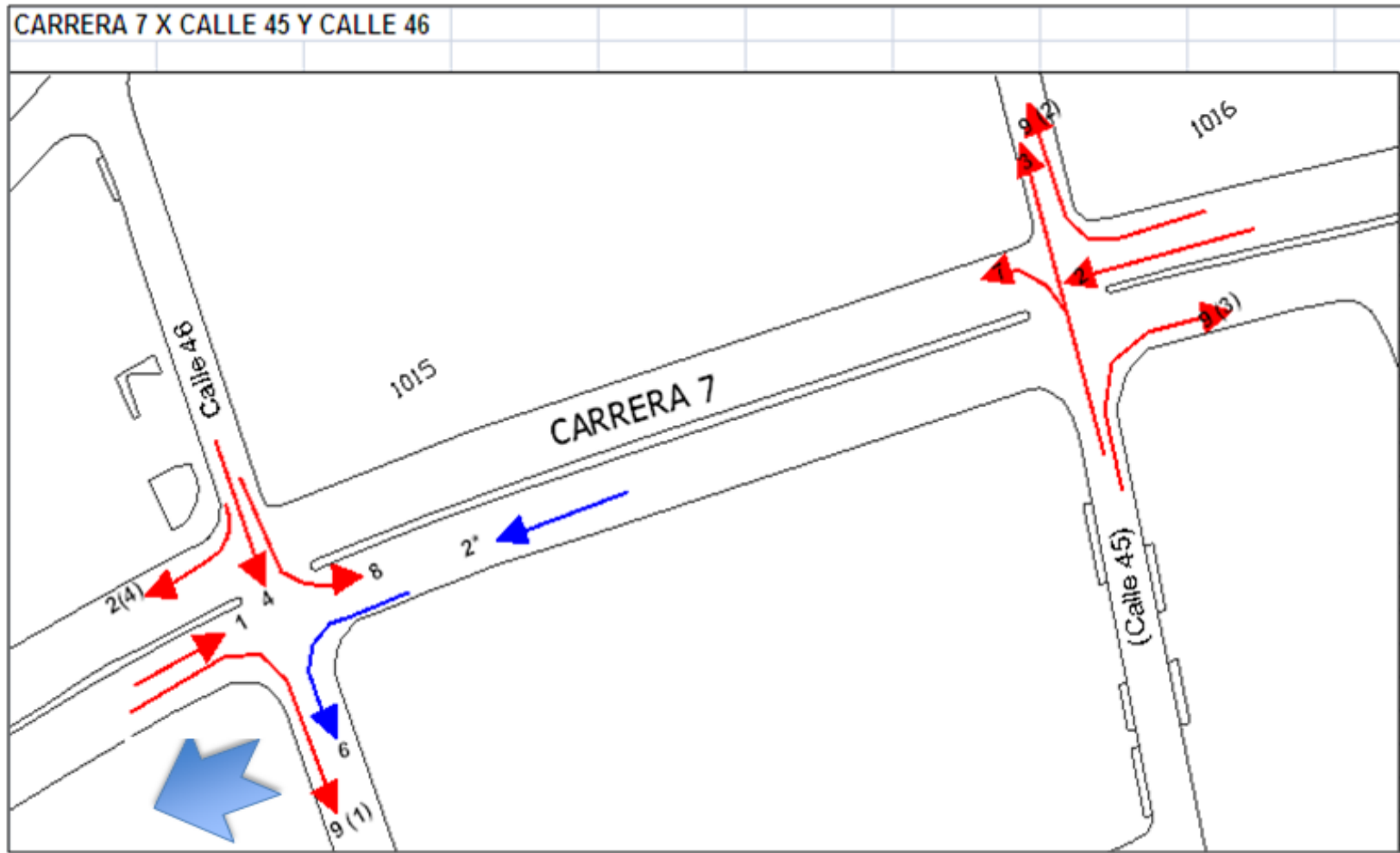
En la Figura 12, 13 y 14 que se presentan a continuación se muestran los sitios donde se identificaron los principales cruces y donde se identificaron los aforos realizados en el corredor de la carrera 7ª, el tipo de información de acuerdo a su origen y los volúmenes en la hora pico y en un intervalo de 6:00 am a 8:00 pm.

Figura 13. Movimientos en la intersección de la Calle 39 con carrera 7ª.



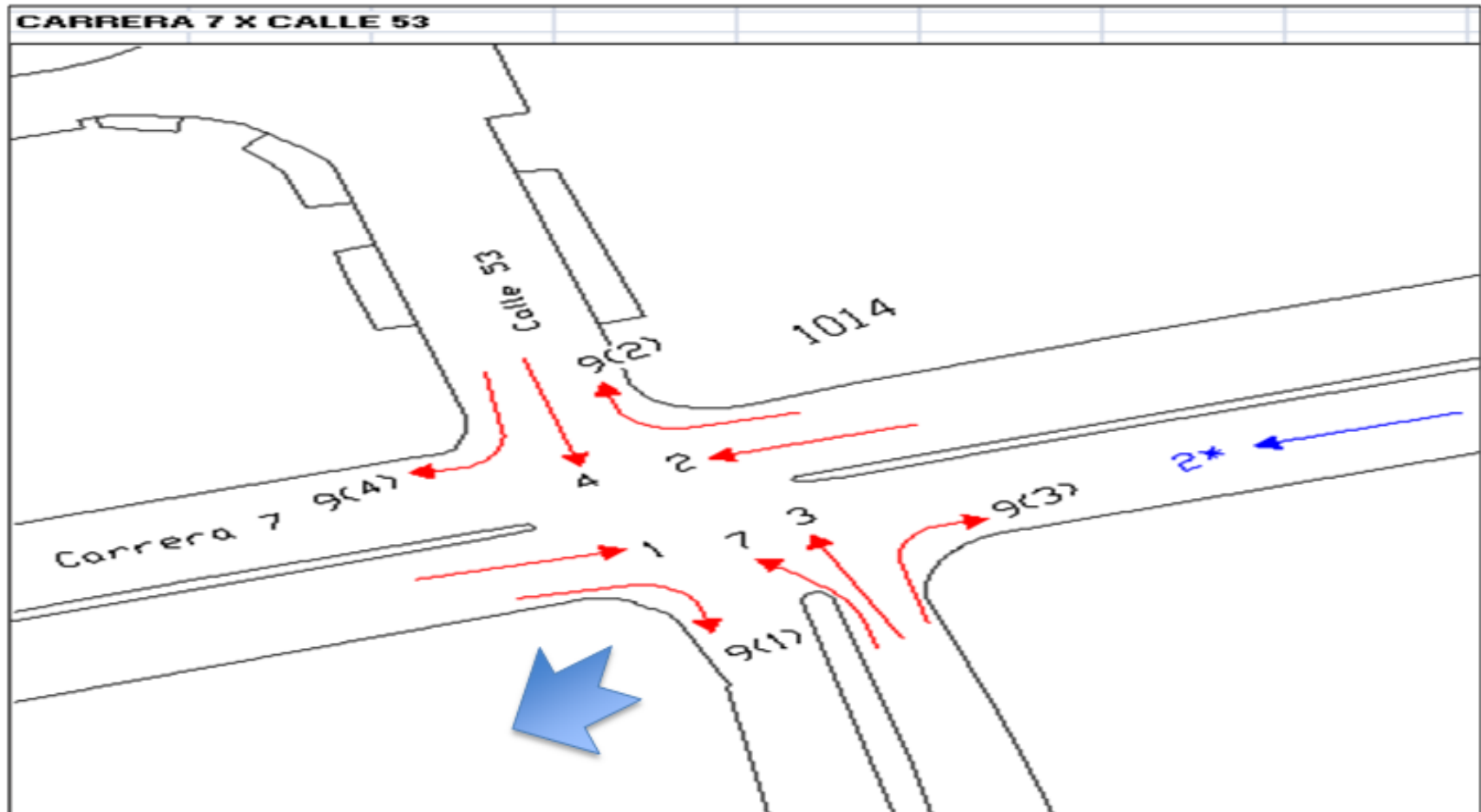
Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Movimientos en la intersección de la Calle 45 con carrera 7ª.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Movimientos en la intersección de la Calle 53 con carrera 7ª.



Fuente: Elaboración propia

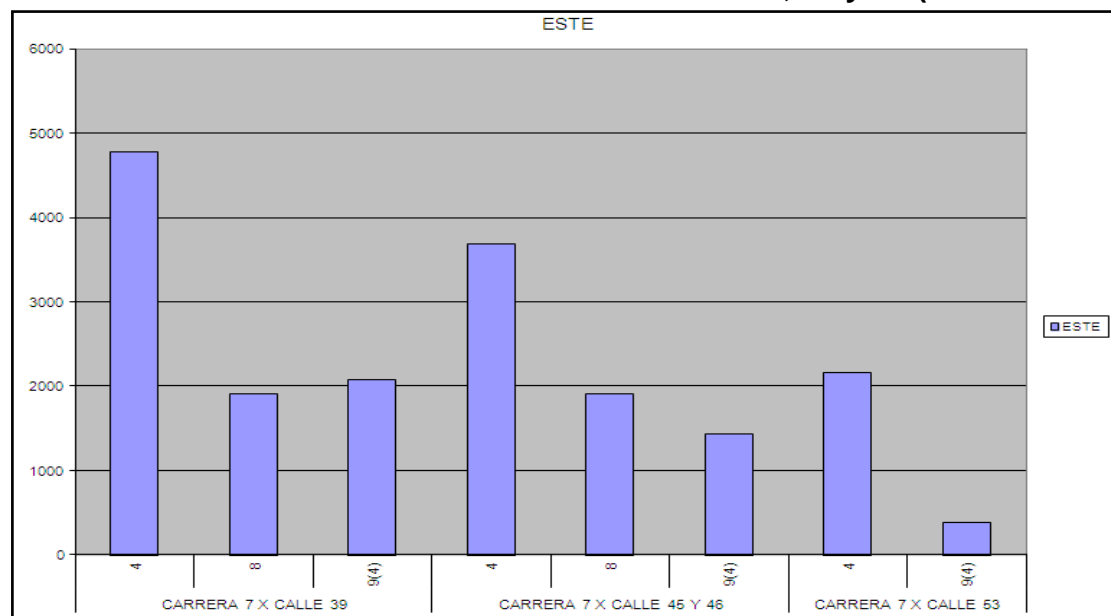
A continuación se presentan las mediciones en sitio de los volúmenes vehiculares para cada una de las intersecciones aforadas entre las 6:00 y 9:00 am.

Tabla 14. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso Este)

HORA		6:00 a 9:00 am	
Suma de Mixtos		acceso	
LOCALIZACIÓN	MOVIMIENTO	ESTE	Total general
CARRERA 7 X CALLE 39	4	4776	4776
	8	1903	1903
	9(4)	2075	2075
Total CARRERA 7 X CALLE 39		8754	8754
CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46	4	3682	3682
	8	1909	1909
	9(4)	1430	1430
Total CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46		7021	7021
CARRERA 7 X CALLE 53	4	2151	2151
	9(4)	382	382
Total CARRERA 7 X CALLE 53		2533	2533
Total general		18308	18308

Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 1. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso Este).



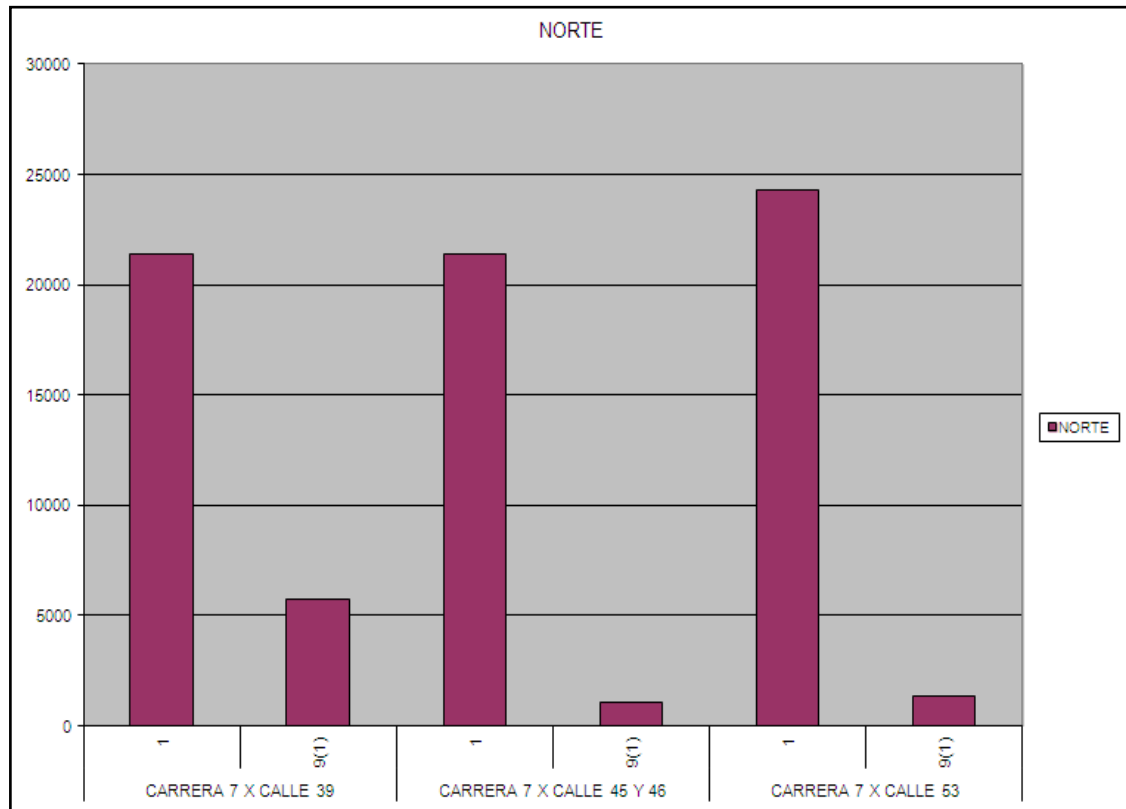
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso Norte)

HORA		6:00 a 9:00 am	
Suma de Mixtos		acceso	
LOCALIZACION	MOVIMIENTO	NORTE	Total general
CARRERA 7 X CALLE 39	-	21375	21375
	9(1)	5722	5722
Total CARRERA 7 X CALLE 39		27097	27097
CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46	-	21403	21403
	9(1)	1065	1065
Total CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46		22468	22468
CARRERA 7 X CALLE 53	-	24316	24316
	9(1)	1348	1348
Total CARRERA 7 X CALLE 53		25664	25664
Total general		75229	75229

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica 2. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso Norte).



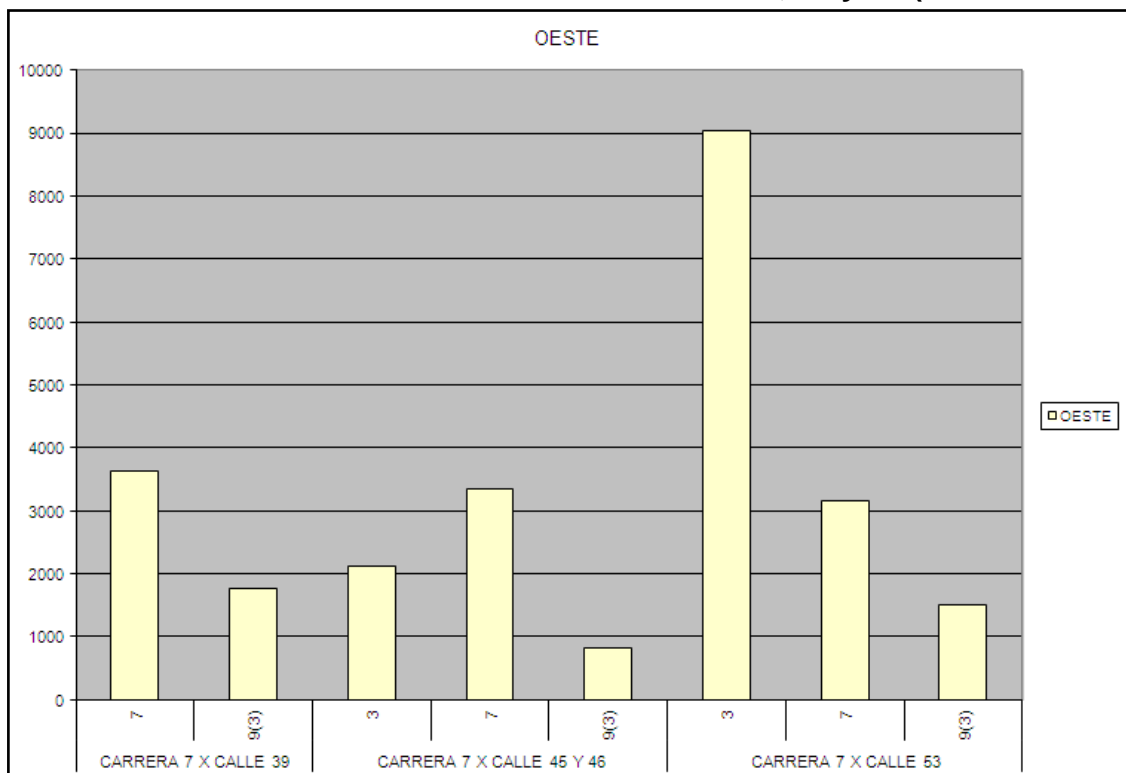
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso oeste)

HORA		(Varios elementos)		
Suma de Mixtos			acceso	
LOCALIZACION	MOVIMIENTO	OESTE	Total general	
CARRERA 7 X CALLE 39	7	3635	3635	
	9(3)	1781	1781	
Total CARRERA 7 X CALLE 39			5416	5416
CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46	3	2130	2130	
	7	3348	3348	
	9(3)	832	832	
Total CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46			6310	6310
CARRERA 7 X CALLE 53	3	9049	9049	
	7	3156	3156	
	9(3)	1509	1509	
Total CARRERA 7 X CALLE 53			13714	13714
Total general			25440	25440

Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 3. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso oeste).



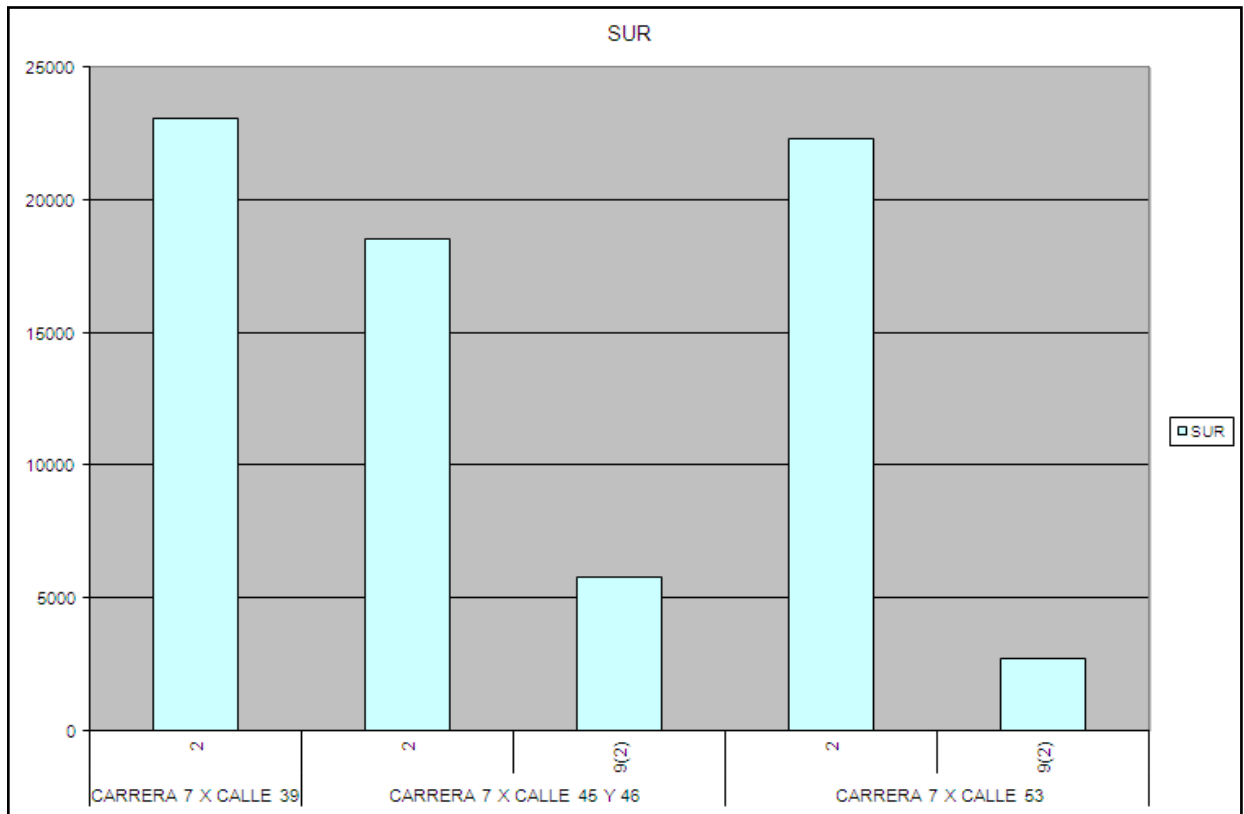
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45, 46 y 53 (Acceso Sur)

HORA		(Varios elementos)		
Suma de Mixtos			acceso	
LOCALIZACION	MOVIMIENTO	SUR	Total general	
CARRERA 7 X CALLE 39	2	23108	23108	
Total CARRERA 7 X CALLE 39		23108	23108	
CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46	2	18543	18543	
	9(2)	5788	5788	
Total CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46		24331	24331	
CARRERA 7 X CALLE 53	2	22320	22320	
	9(2)	2712	2712	
Total CARRERA 7 X CALLE 53		25032	25032	
Total general		72471	72471	

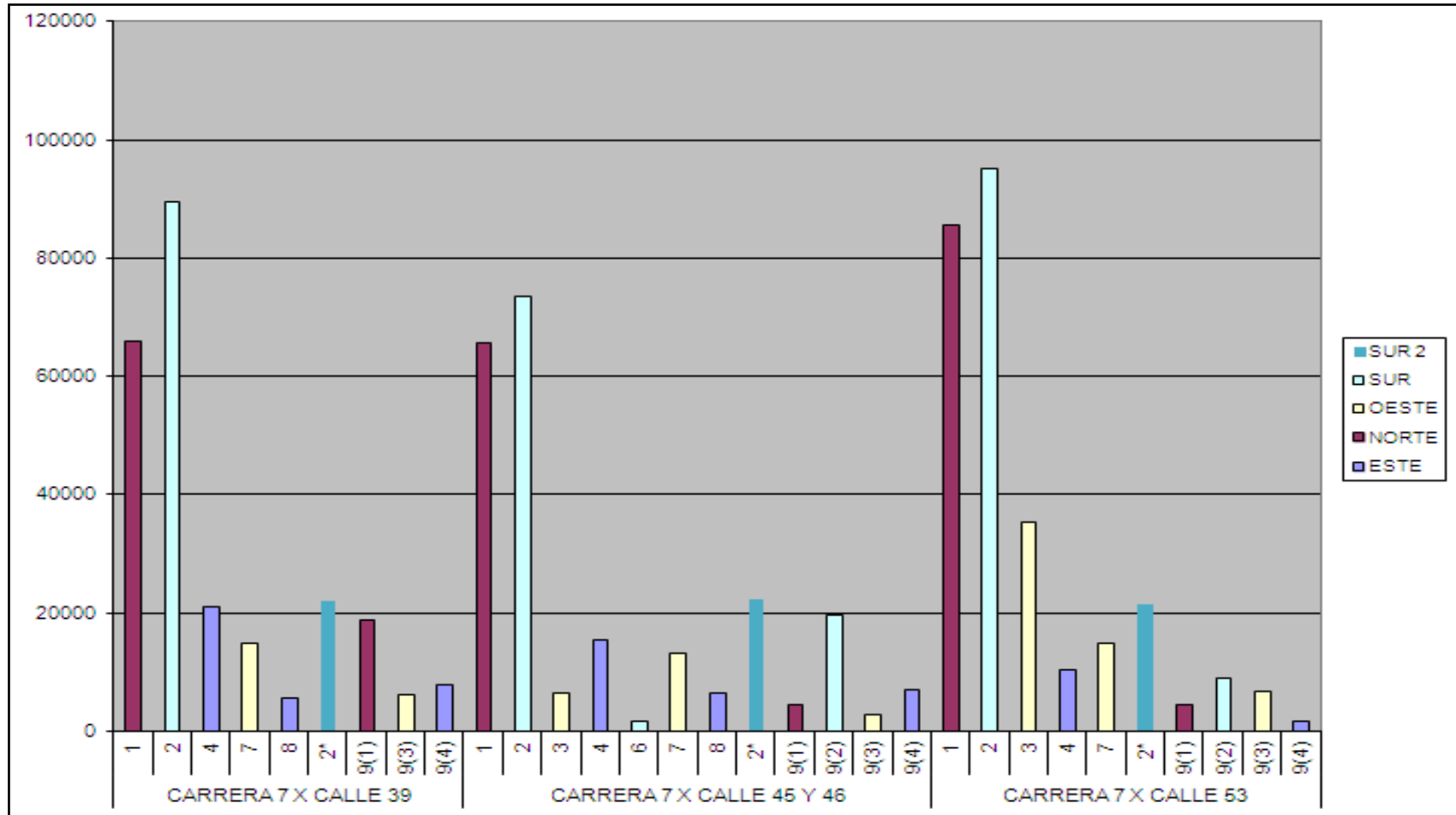
Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 4. Volúmenes vehiculares intersecciones 39, 45 y 53 (Acceso Sur).



Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 5. Volúmenes vehiculares en intersecciones 39, 45 y 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.




Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

		HORA: 6:00 a 20:00					
LOCALIZACION	MOVIMIENTO	ESTE	NORTE	OESTE	SUR	SUR 2	Total general
Suma de Mixtos		acceso					
CARRERA 7 X CALLE 39	1		65995				65995
	2				89608		89608
	4	21068					21068
	7			14775			14775
	8	5699					5699
	2*					22001	22001
	9(1)		18948				18948
	9(3)			6172			6172
	9(4)	7893					7893
Total CARRERA 7 X CALLE 39		34660	84943	20947	89608	22001	252159



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19. Volúmenes vehiculares en intersecciones 45 y 46 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

		HORA: 6:00 a 20:00					
Suma de Mixtos		acceso					
CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46	1		65672				65672
	2				73630		73630
	3			6391			6391
	4	15422					15422
	6				1596		1596
	7			13293			13293
	8	6442					6442
	2*					22383	22383
	9(1)		4590				4590
	9(2)				19586		19586
	9(3)			2799			2799
	9(4)	7016					7016
Total CARRERA 7 X CALLE 45 Y 46		28880	70262	22483	94812	22383	238820

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

 		HORA: 6:00 a 20:00					
Suma de Mixtos		acceso					
CARRERA 7 X CALLE 53	1		85596				85596
	2				95244		95244
	3			35515			35515
	4	10334					10334
	7			14974			14974
	2*					21438	21438
	9(1)		4554				4554
	9(2)				9038		9038
	9(3)			6687			6687
	9(4)	1707					1707
Total CARRERA 7 X CALLE 53		12041	90150	57176	104282	21438	285087
Total general		75581	245355	100606	288702	65822	776066

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez identificados los elementos geométricos, movimientos vehiculares en cada una de las intersecciones estudiadas, aforos vehiculares transversales y longitudinales, se ingresan los datos en un block en Excel para subir la información en el programa TRASNSMODELER, una vez ingresada esta información no fue suficiente ya que la simulación demoraba 2 minutos y fue necesario ingresar volúmenes vehiculares de corrido ósea de 6:00 am a 8:00 pm con todos los vehículos aforados.

A continuación se presentan los diagramas y las tablas de aforos vehiculares:

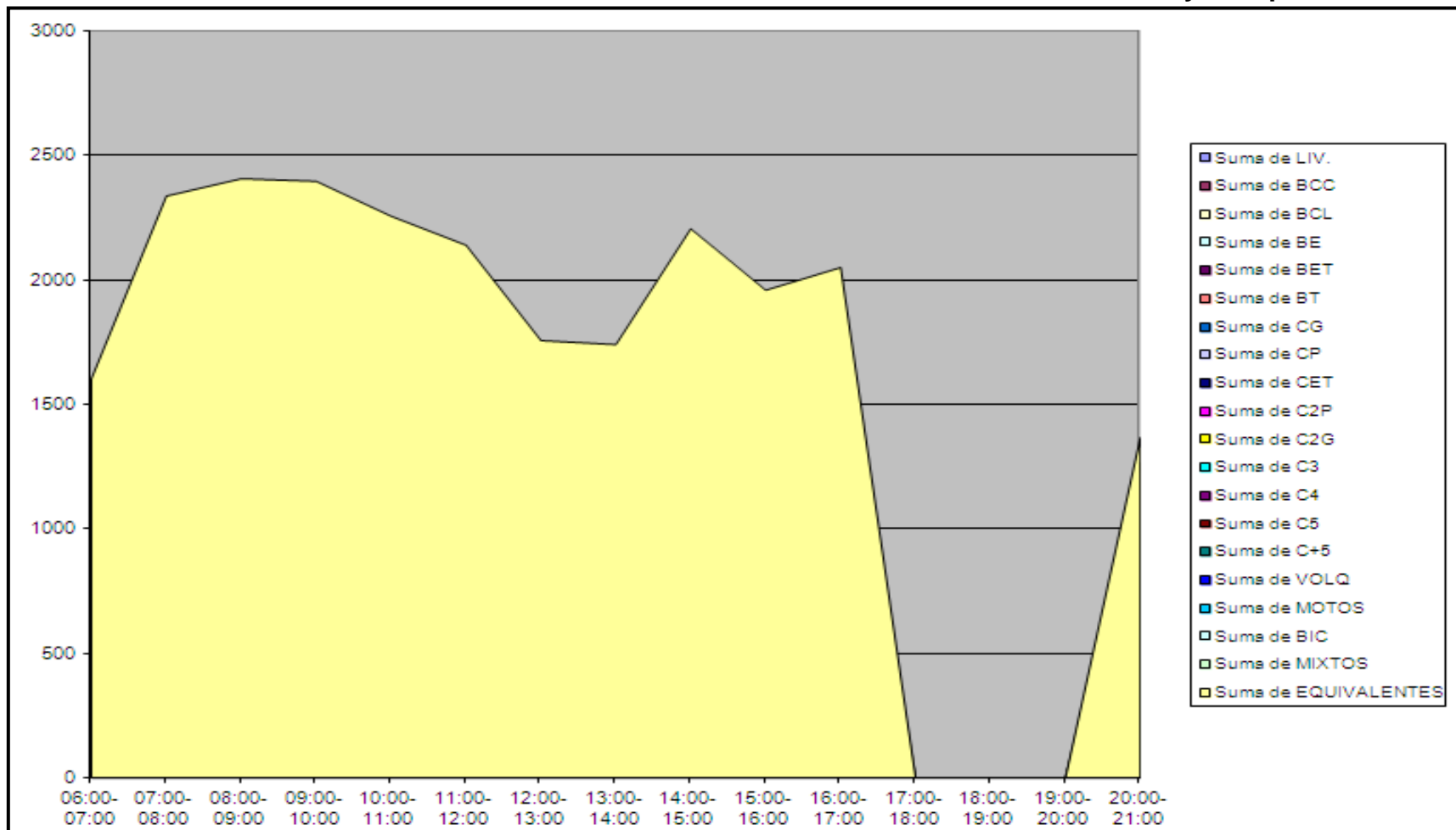
Tabla 21. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

Localización	CARRERA 7 X CALLE 39
Fecha	Miércoles 16/03/2011
Acceso Sur+Acceso Norte	S+N
Acceso	Norte
Movimiento	(Todas)

Período horario	LIV.	BCC	BCL	BE	BET	BT	CG	CP	CET	C2P	C2G	C3	C4	C5	C+5	VOLQ	MOTOS	BIC	MIXTOS	EQUIVA
06:00-07:00	1122	8	26	130	7	13	4	18	16	8	0	1	0	0	0	4	51	12	1408	1603
07:00-08:00	1744	5	47	142	11	19	16	25	21	3	2	0	0	0	0	0	72	12	2107	2337
08:00-09:00	1763	44	36	111	5	22	17	28	15	8	0	0	0	0	0	0	147	16	2196	2406
09:00-10:00	1733	54	22	115	0	14	19	20	14	11	1	0	0	0	1	3	188	8	2195	2396
10:00-11:00	1623	45	18	100	1	16	14	18	7	15	4	0	0	0	0	7	206	11	2074	2256
11:00-12:00	1443	54	26	104	1	19	11	16	6	16	2	0	0	0	0	4	252	13	1954	2139
12:00-13:00	1231	39	12	99	0	19	13	15	7	12	0	0	0	0	0	2	139	9	1588	1756
13:00-14:00	1226	55	23	77	2	20	17	17	6	6	1	0	0	0	0	1	111	11	1562	1740
14:00-15:00	1619	37	11	98	3	11	10	21	13	8	5	0	0	0	0	3	230	10	2069	2206
15:00-16:00	1371	27	22	94	4	12	8	10	10	10	6	1	0	0	0	4	241	11	1820	1958
16:00-17:00	1309	46	25	126	5	22	16	19	24	9	6	0	0	0	0	7	217	16	1831	2050
17:00-18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00-19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00-20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00-21:00	1037	27	13	65	0	5	4	14	1	3	1	0	0	0	2	0	95	1	1267	1366
Total general	17221	441	281	1261	39	192	149	221	140	109	28	2	0	0	3	35	1949	130	22071	24212

Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 6. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.



Fuente: Elaboración Propia.

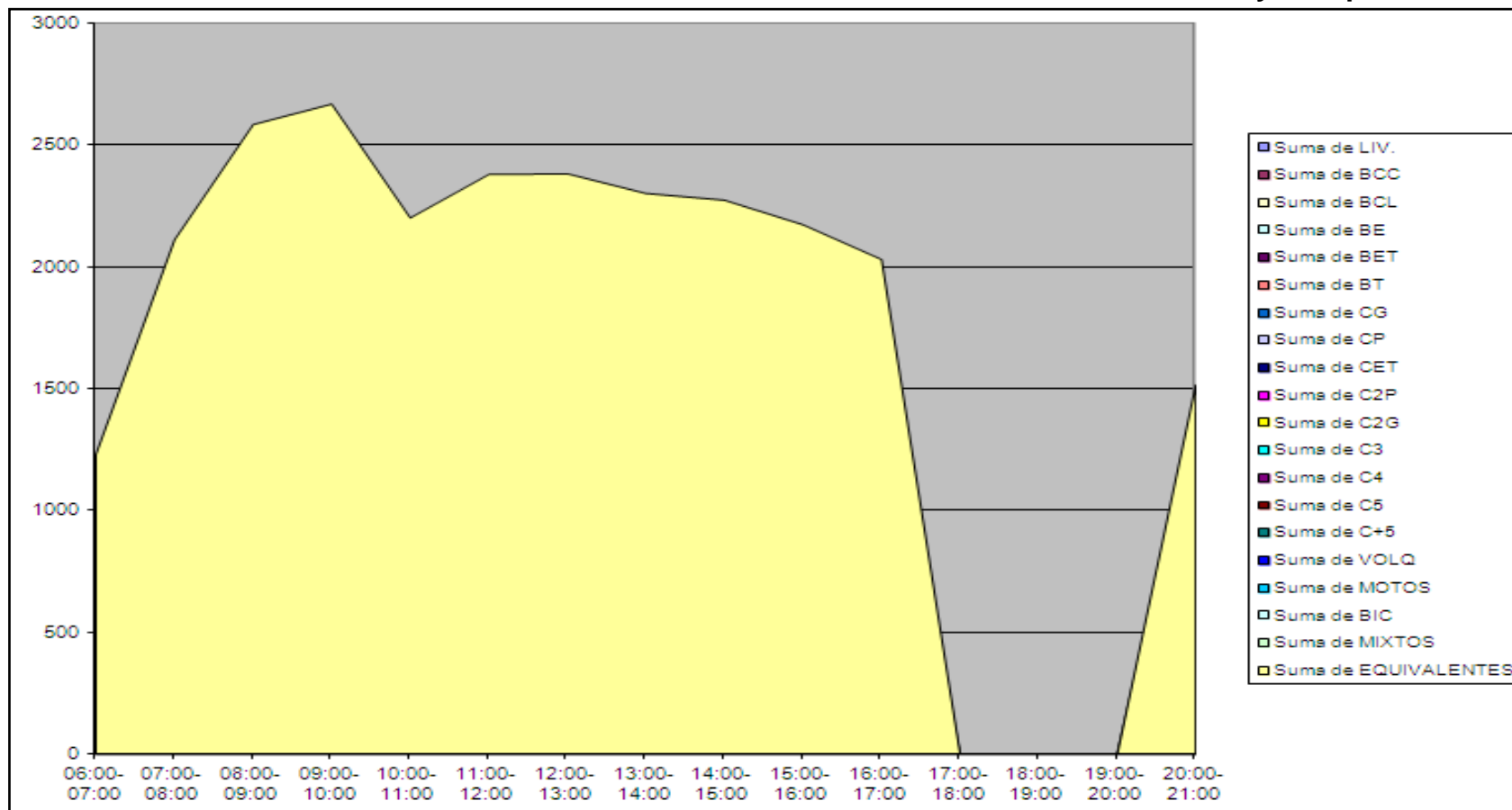
Tabla 22. Volúmenes vehiculares intersección de la calle 45 y 46 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

Localización	Cra 7 X CALLE 45 Y 46
Fecha	Miercoles 16/03/2011
Acceso Sur+Acceso Norte	S+N
Acceso	Norte
Movimiento	(Todas)

Período horario	LIV.	BCC	BCL	BE	BET	BT	CG	CP	CET	C2P	C2G	C3	C4	C5	C+5	VOLQ	MOTOS	BIC	MIXTOS	EQUIV
06:00-07:00	829	31	19	129	9	14	6	13	20	1	0	0	0	1	0	4	46	6	1122	1328
07:00-08:00	1614	34	24	130	10	27	19	20	18	1	3	0	0	0	0	0	56	2	1956	2192
08:00-09:00	1281	36	35	106	4	27	21	31	6	3	3	0	0	0	0	2	108	9	1663	1877
09:00-10:00	1459	44	31	109	0	18	24	19	7	5	4	2	0	0	0	2	127	8	1851	2065
10:00-11:00	1138	37	29	89	1	21	22	12	1	7	6	1	0	0	0	3	154	9	1521	1707
11:00-12:00	1373	41	30	104	1	23	12	24	11	14	4	0	0	0	0	3	202	13	1842	2034
12:00-13:00	1349	41	19	95	1	27	26	16	6	4	2	0	0	0	0	2	172	8	1760	1938
13:00-14:00	1124	46	16	76	3	16	24	22	5	9	6	1	1	1	1	3	99	3	1453	1642
14:00-15:00	1040	35	32	103	2	25	18	25	4	4	3	0	0	0	0	1	65	3	1357	1568
15:00-16:00	1079	34	23	96	8	21	16	22	11	5	8	0	0	0	0	1	143	6	1467	1650
16:00-17:00	876	40	32	115	8	22	25	25	23	1	4	1	1	1	1	3	78	3	1256	1497
17:00-18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00-19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00-20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00-21:00	812	25	15	50	0	3	9	6	1	1	2	0	0	0	4	0	46	1	974	1075
Total general	13974	444	305	1202	47	244	222	235	113	55	45	5	2	3	6	24	1296	71	18222	20572

Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 7. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 39 entre las 6:00 am y 8:00 pm.



Fuente: Elaboración Propia.

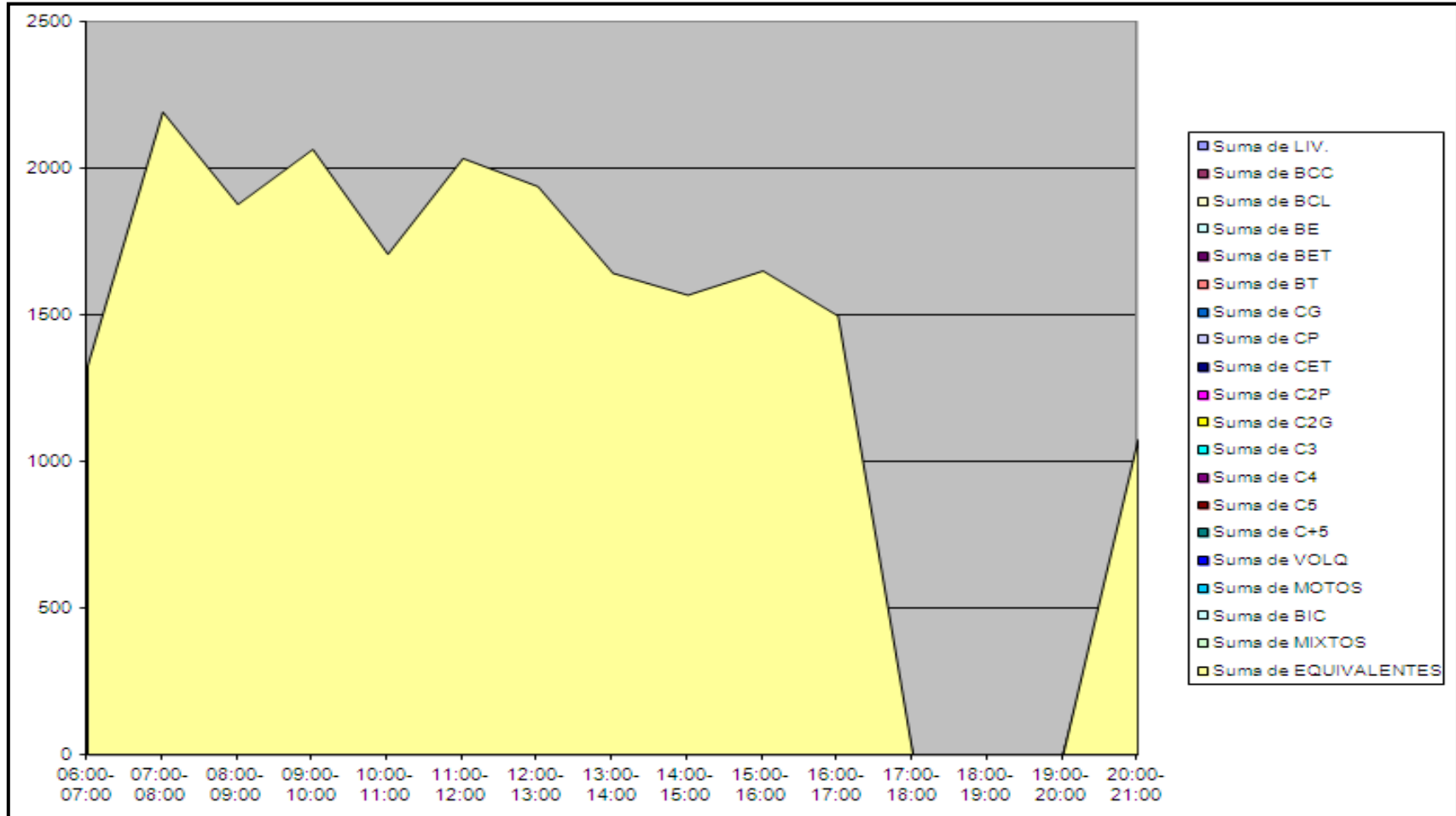
Tabla 23. Volúmenes vehiculares intersección de la calle 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

Localización	CARRERA 7 X CALLE 53
Fecha	Miércoles 16/03/2011
Acceso Sur+Acceso Norte	S+N
Acceso	Norte
Movimiento	(Todas)

Período horario	LIV.	BCC	BCL	BE	BET	BT	CG	CP	CET	C2P	C2G	C3	C4	C5	C+5	VOLQ	MOTOS	BIC	MIXTOS	EQUIVALENTES
06:00-07:00	733	35	30	117	10	15	8	12	10	1	1	1	0	0	0	5	36	10	1014	1232
07:00-08:00	1509	43	29	124	11	27	16	19	17	8	4	0	0	0	0	0	50	6	1857	2113
08:00-09:00	1868	62	75	111	8	32	16	27	10	2	1	0	0	0	0	0	87	10	2299	2586
09:00-10:00	2127	56	11	110	0	20	19	21	7	2	1	0	0	0	0	1	97	2	2472	2670
10:00-11:00	1619	32	19	119	1	27	19	22	10	2	6	1	0	0	1	1	120	9	1999	2203
11:00-12:00	1706	52	24	133	2	24	14	22	6	7	0	0	0	0	0	1	172	7	2163	2381
12:00-13:00	1655	43	60	127	8	24	14	17	4	8	3	0	0	5	0	2	148	12	2118	2384
13:00-14:00	1683	64	17	99	6	23	19	16	12	3	4	1	0	0	0	4	141	13	2092	2303
14:00-15:00	1682	45	15	81	4	20	14	27	13	4	0	0	0	0	0	1	244	6	2150	2276
15:00-16:00	1449	51	13	104	11	28	17	16	24	8	5	1	0	0	1	2	260	11	1990	2175
16:00-17:00	1300	56	13	130	7	23	16	28	26	3	4	0	0	0	0	2	220	14	1828	2032
17:00-18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00-19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00-20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00-21:00	1173	33	11	57	0	11	6	15	3	5	3	0	0	2	2	0	80	3	1401	1517
Total general	18504	572	317	1312	68	274	178	242	142	53	32	4	0	7	4	19	1655	103	23383	25869

Fuente: Elaboración Propia.

Grafica 8. Volúmenes vehiculares en la intersección de la calle 53 entre las 6:00 am y 8:00 pm.

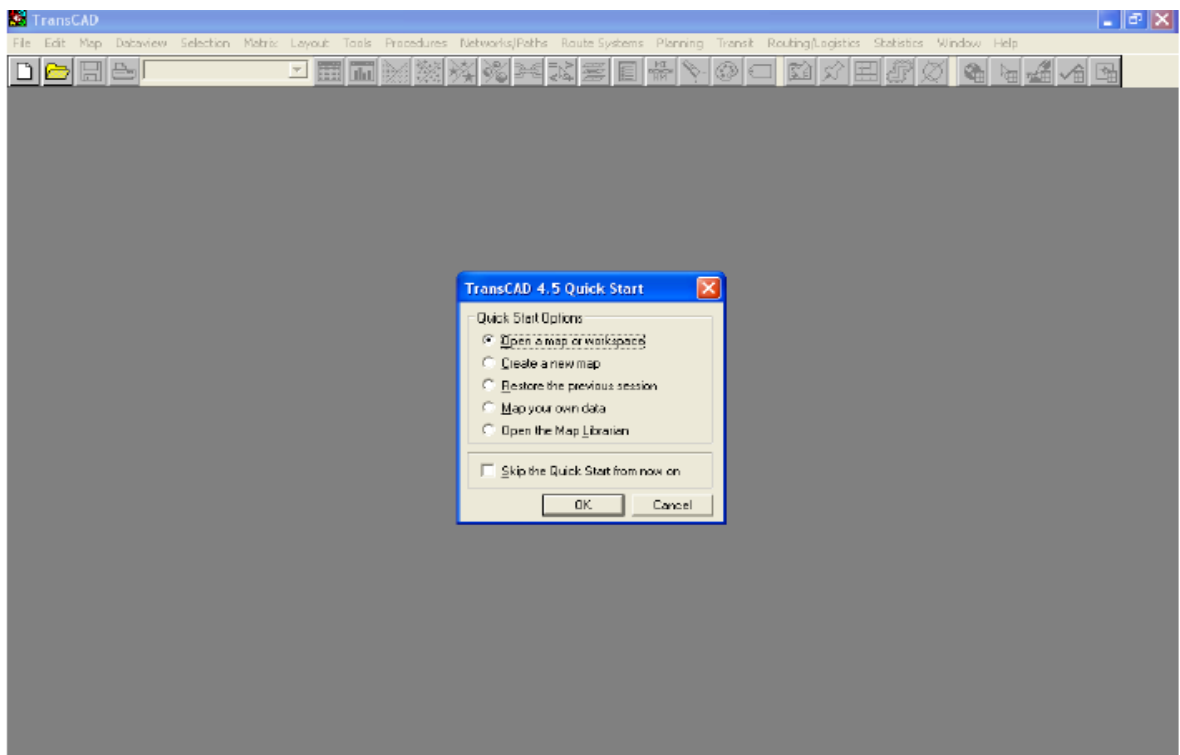


Fuente: Elaboración Propia.

9.3. FASE 3: MODELAR EL COMPORTAMIENTO, POR MEDIO DEL SOFTWARE TRANSMODELER, EL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR TRANSVERSAL ORIENTE – OCCIDENTE COORDINANDO CON LA OPERACIÓN DEL SISTEMA LRT, EN EL TRAYECTO ENTRE CALLES 34 Y 53.

Una vez obtenidos la recopilación de la información base sobre la red de transporte público como son velocidades, NS, Diseño geométrico, movimientos vehiculares características operativas y aforos vehiculares ingresamos los datos en el programa TRANSCAD como herramienta básica de cartografía y viajes de origen destino que permite realizar conjuntamente la simulación en el programa TRANSMODELER en la figura 16

Figura 16. Inicio de la simulación con el programa TRANSCAD.










Fuente: Elaboración Propia.

Una vez abrimos un nuevo proyecto Importamos los datos de simulación de Corsim y SimTraffic.al programa TRANSMODELER incorporando un ruteo dinámico de viajes basado en tiempos de viaje históricos o simulados. Igualmente está en capacidad de incorporar viajes especificados o movimientos de giro en intersecciones.

La simulación del tráfico vehicular por la carrera 7ª se realizo en 2 fases teniendo en cuenta las intersecciones de las calles 39, 45 y 53 para observar el comportamiento. Se Simuló el transporte público así como tráfico de automóviles y camiones ver figura 17 y se manejó un amplio espectro de ITS (Sistemas de transporte inteligente) como por ejemplo, rutas y la incorporación del tren ligero con las especificaciones requerida por la AISTOM. TRANSMODELER trabaja con software de pronóstico de demanda de viajes para suministrar una capacidad integrada para ejecutar análisis operacional de proyectos y planes de transporte.

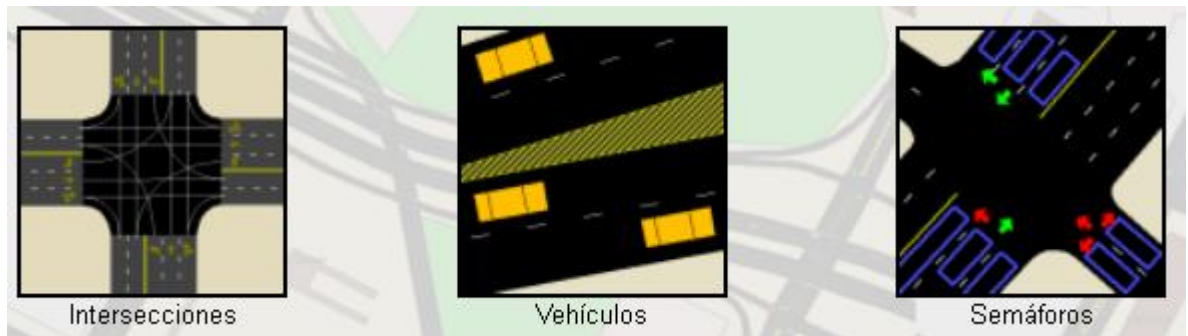
Figura 17. Tipos de transportes ingresados en el programa TRANSMODELER.

Transporte Público Colectivo y Masivo	
Tren	
Intermunicipal	
TransMilenio	
Transporte Público Colectivo	
Privado Ext. o turismo	
Público Individual	
Privado	

Fuente: Elaboración Propia.

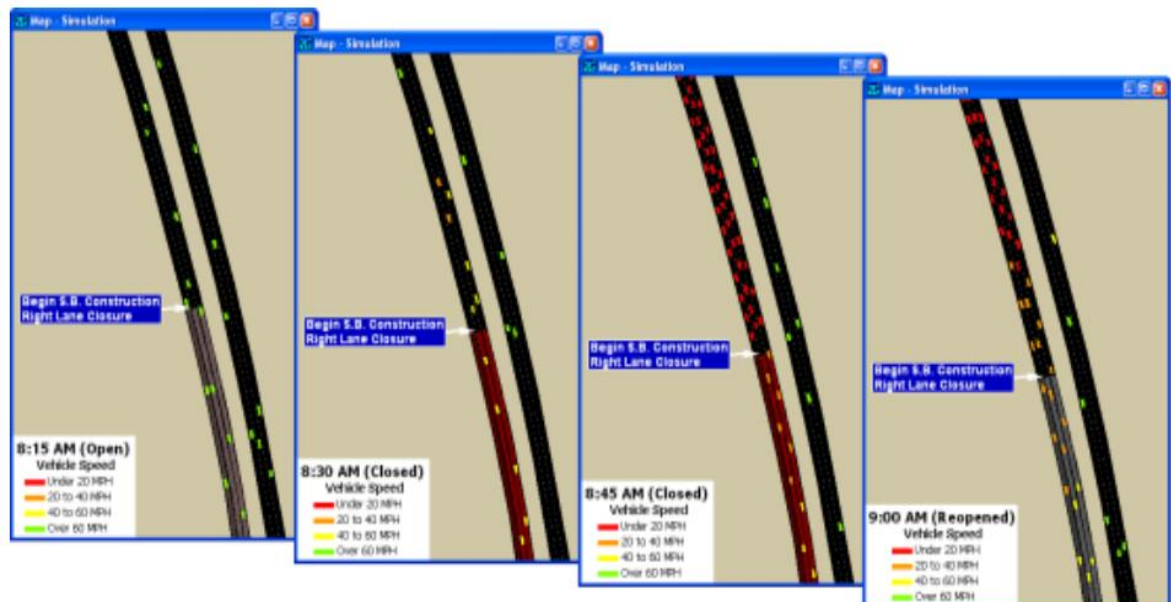
Teniendo en cuenta los parámetros nombrados anteriormente, modelamos las intersecciones ver figura 18, el comportamiento del conductor que son sensibles a las interacciones complejas entre vehículos en áreas de convergencia de tráfico ver figura 19 y modelamos los carriles existentes de la carrera 7ª entre las calle 34 y 53 para automóviles de alta ocupación ver figura 20, carriles de buses de sus efectos en la dinámica del sistema de tráfico.

Figura 18. Modelación en intersecciones.



Fuente: Elaboración propia

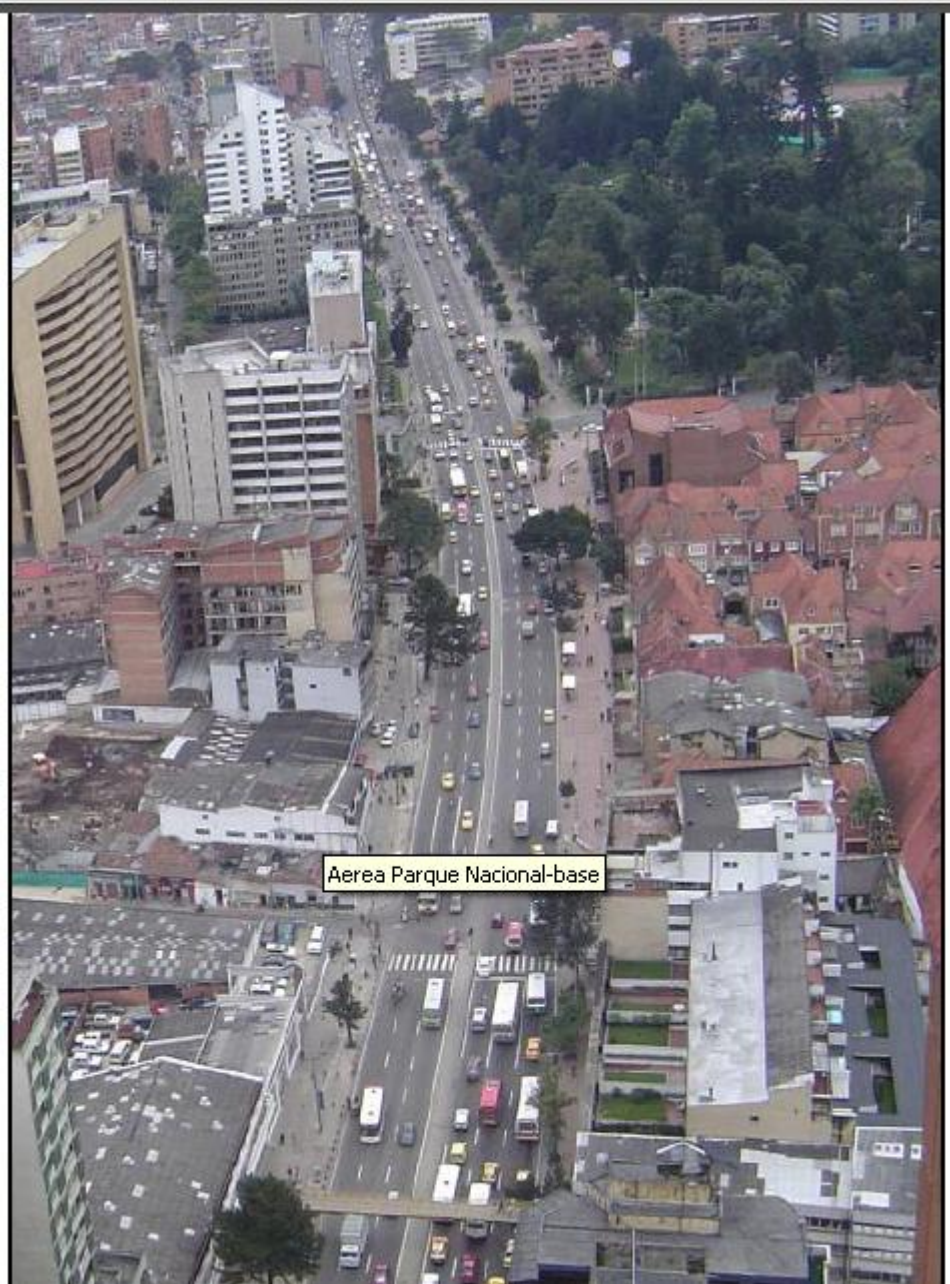
Figura 19. Convergencia de distintas clases de tráfico.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta el estado actual de la carrera 7 con calle 39 a la altura del Parque Nacional ver fotografía 1 y la modelación realizada en programa TRANSMODELER con la incorporación del tren ligero en el mismo sitio ver figura 20.

Fotografía 2. Carrera 7 con calle 39 Parque Nacional



Fuente: Geogle Earth

Figura 20. Modelación del flujo vehicular por la Cra 7ª con el tren ligero



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realizó la modelación con los parámetros establecidos en cuanto a volúmenes vehiculares capacidad, demanda, niveles de servicio, entre otras, se adjunta en el anexo cuatro la modelación en el programa TRANSMODELER.

Figura 21. Incorporación del tren ligero por la Cra 7ª



Fuente: Elaboración propia

10. CONCLUSIONES

Realizado el modelo computacional en el programa TRANSMODELER con la incorporación del tren ligero por el corredor de la carrera 7 entre calles 34 y 53, se definieron varios comportamientos en la intersección de la calle 45 como son:

La incorporación de 36 mil vehículos al país en el último mes y que 27 mil vehículos de ellos se hallan dirigido hacia la capital, hace pensar que las estrategias de movilidad deben de ir de la mano de las ventas del parque automotor ya que son más los vehículos que entran a Bogotá que los que estamos sacando por conceptos de chatarrización y modelos viejos.

El flujo vehicular entre las carreras 17 y 7ª en horas pico es bastante alto ya que refleja una demanda bastante amplia que supera la capacidad vehicular y la modelación refleja la cola en esta intersección, por lo que es muy probable sincronizar los semáforos desde la carrera 30 (NQS) hasta la carrera 7ª o aumentar en un carril más el paso de los vehículos por este importante tramo ya que esto mejorará el flujo vehicular y la circulación, en el tramo comprendido entre las Carreras 13 y Séptima.

Para los análisis operacionales en las carreteras principales de una ciudad se debe usar la hora pico como base del análisis, ya que, es la hora en la que la razón de flujo es más alta, siendo el período más crítico; además se debe tomar en cuenta la velocidad promedio de viaje como la velocidad de análisis.

11.RECOMENDACIONES.

Este trabajo de grado se realizó en conjunto con el semillero de investigación Vías y Transporte para el desarrollo sostenible y la calidad de vida en Bogotá D.C (VITRASOS) con el objetivo de que la Universidad la Gran Colombia Adquiera el programa TRANSCAD Y TRANSMODELER, para que los ingenieros civiles gran colombianos tengan bases más solidas en el procesamiento avanzada de información y variedad de alternativas que se pueden analizar, con parámetros que se usan en clases de transito y transporte, como también la rapidez de obtención de los resultados que nos ayudará en la toma de decisión en los proyectos que se presenten.

12. BIBLIOGRAFIA

ALSTOM. Ficha tecnica Alstom Transport a Tram Built for Bordeaux. 2003

ÁLVAREZ Fernández, FLECHAS Ana, PARADA Orlando (honorable Concejales de Bogotá), Movilidad hacia un sistema de transporte masivo, Bogotá, Colombia, 2012.

BÁEZ CARLOS ALBERTO. TransMilenio Fase 3. Bogotá, Colombia, 2007

D"LEON & C.J BRIDGES CONSULTING ENGINEERS. Análisis de un sistema de transporte masivo para Lima metropolitana. Lima, Perú, 1990.

ENCICLOPEDIA EN LÍNEA. Tren eléctrico ligero (en línea). <
http://es.wikipedia.org/wiki/Tren_ligero> (citado en mayo 25 de 2012).

FERNÁNDEZ, R. Teoría de Tráfico División Ingeniería de Transporte Universidad de Chile. Santiago de Chile, 1999.

FERROCARRILES DEL MUNDO. Características de los ferrocarriles (en línea). <
http://www.ferropedia.es/wiki/Metro_ligero> (citado en febrero 2 de 2013).

INVIAS. Manual de diseño geométrico para carreteras. Bogotá, Colombia, 2007.

INGENIERÍA DE TRANSITO. Características del tránsito (en línea). <
<http://www.uaq.mx/ingenieria/publicaciones/boletin/articulo/santiest/santiest.html#criter>> (citado en marzo 9 de 2013)

INGENIERÍA DE TRANSITO. Características del tránsito (en línea). <<http://www.uaq.mx/ingenieria/publicaciones/boletin/articulo/santiest/santiest.html#criter>> (citado en marzo 9 de 2013).

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Informe Final Estudio de Transito Consorcio Din- Sedic. Bogotá, Colombia, 2006.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Estudio de Suelos Para Diseño de Pavimentos Carrera 7. Bogotá 2004.

METRO DE MEDELLÍN. Características del sistema (en línea). <<http://www.metrodemedellin.gov.co/>>. (Citado en mayo 25 de 2012).

METROCALI. Especificaciones técnicas del sistema de transporte masivo (en línea). <<http://www.metrocali.gov.co/cms/>> (Citado en mayo 25 de 2012).

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Decreto 3109 de 1997 Por el cual se reglamenta la habilitación, la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la Nación. Artículo 3. Bogotá, Colombia, 1997.

MOVILIDAD BOGOTÁ. El nuevo destino de la Carrera 7 (en línea). <<http://www.metroenbogota.com/movilidad-bogota/carrera-7/el-nuevo-destino-de-la-carrera-septima>> (citado en mayo 25 de 2012). Bogotá, Colombia, 2012.

MOLINERO ÁNGEL, SÁNCHEZ LUIS. Transporte Público Planeación, diseño, operación y administración – Diseño de estaciones de transporte Público. Universidad autónoma de México, 2002.

PROYECCIÓN DE TRANSITO POR EL MÉTODOGOMÉTRICO. Proyección por el método geométrico (en línea). <<http://tustop.galeon.com/metgeome.htm>> (citado en marzo 3 de 2013).

SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE BOGOTÁ. Sistema integrado de transporte (en línea) <<http://www.movilidadbogota.gov.co/?sec=37>> (Citado en mayo 25 de 2012).

SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Artículo 3 Resolución No. 42 de 1999. Bogotá, Colombia 1999.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO. Boletín Facultad de Ingeniería. Pautas para diseñar estaciones y paraderos. Ciudad de México, 2012.

ANEXOS

Anexo A. Cartografía de la ciudad de Bogotá.

Anexo B. Registro Fotográfico.

**Anexo C. Diseño Geométrico de la Carrera 7^a
entre calle 34 y 53.**

Anexo D. Modelación en el programa TRANSMODELER en CD.

Anexo E. Carta de solicitud de préstamo llave
TRANSMODELER y cotización del software para
La Universidad la Gran Colombia