

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD VEHICULAR DE
LA CARRERA 80C ENTRE CALLE 65 D SUR Y CALLE 65 SUR EN LA
LOCALIDAD DE BOSA**

JUAN CARLOS ARDILA BARRERA
GERALDINE SERRANO QUINTERO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACION
BOGOTÁ D.C.
2020

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD VEHICULAR DE
LA CARRERA 80C ENTRE CALLE 65 D SUR Y CALLE 65 SUR EN LA
LOCALIDAD DE BOSA**

JUAN CARLOS ARDILA BARRERA
GERALDINE SERRANO QUINTERO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Director:

JAVIER VALENCIA SIERRA

Ing. Topográfico

Msc. Gestión, Dirección y Diseño de Proyectos

Esp. Diseño y Construcción de Vías y Aeropistas

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACION

BOGOTÁ D.C.

2020



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



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



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



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 01, diciembre, 2020

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. GENERALIDADES	13
1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	13
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2.1. Variables del problema.....	18
1.3. ANTECEDENTES	18
1.4. LIMITACIONES	20
1.5. JUSTIFICACIÓN	20
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO.....	22
2.1.1. Características del volumen de tránsito.	23
2.2. ESTUDIO DE VELOCIDAD	24
2.3. ANÁLISIS DE FLUJO VEHICULAR.....	24
2.4. CAPACIDAD VIAL.....	25
2.4.1. Nivel de servicio en una Intersección Semaforizada	26
2.5. PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO FUTURO	35
2.6. MÉTODO DE CALIBRACIÓN DEL MODELO	36
2.7. MEJORAMIENTO DE MOVILIDAD VEHICULAR.....	37
3. ESTADO DEL ARTE	38
4. OBJETIVOS	40
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	40
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
5. METODOLOGÍA	41
6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	43
7. CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES ACTUALES	53
7.1. ANÁLISIS FLUJO VEHICULAR EN INTERSECCIONES.....	57
7.1.1. Intersección Semaforizada Carrera 80C por Calle 65 sur.....	57
7.1.2. Intersección Semaforizada Carrera 79C por Calle 65 sur	59
7.1.3. Intersección Semaforizada Carrera 79C por Calle 63 sur.....	61
7.1.4. Intersección Semaforizada Carrera 80 por Calle 63 sur.....	63

7.2.	MODELACIÓN DE CONDICIONES ACTUALES	65
7.2.1.	Calibración del Modelo.....	69
7.2.2.	Análisis Operacional del Modelo – Situación Actual.....	70
7.2.3.	Análisis de la Modelación – Situación Actual	72
8.	PROPUESTA MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD VEHICULAR	75
8.1.	MODELACIÓN DE LA PROPUESTA.....	84
8.1.1.	Análisis Operacional del Modelo - Propuesta.....	85
8.1.2.	Análisis de la Modelación - Propuesta	87
9.	CONCLUSIONES	88
10.	RECOMENDACIONES	90
11.	BIBLIOGRAFÍA	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de servicio en intersección semaforizada.....	25
Tabla 2 Descripción de los niveles de servicio	25
Tabla 3 Factores de ajuste por a la tasa de saturación	28
Tabla 4 Volumen de vehicular transversal 80a por calle 65d sur - hora pico.....	44
Tabla 5 Composición vehicular transversal 80a por calle 65d sur	44
Tabla 6 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65d sur - hora pico	45
Tabla 7 Composición vehicular de carrera 80c por calle 65d sur.....	45
Tabla 8 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65 sur - hora pico	46
Tabla 9 Composición vehicular carrera 80c por calle 65 sur	47
Tabla 10 Volumen vehicular carrera 79c por calle 65 sur - hora pico	48
Tabla 11 Composición vehicular carrera 79c por calle 65 sur	48
Tabla 12 Volumen vehicular carrera 79c por calle 63 sur - hora pico	49
Tabla 13 Composición vehicular carrera 79c por calle 63 sur	50
Tabla 14 Volumen vehicular carrera 80 por calle 63 sur - hora pico	50
Tabla 15 Composición vehicular carrera 80 por calle 63 sur	51
Tabla 16 Volumen vehicular carrera 80c por calle 63 sur - hora pico	51
Tabla 17 Composición vehicular carrera 80c por calle 63 sur	52
Tabla 18 Volumen de vehicular transversal 80a por calle 65d sur – 2020.....	54
Tabla 19 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65d sur – 2020	54
Tabla 20 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65 sur – 2020	55
Tabla 21 Volumen vehicular carrera 79c por calle 65 sur - 2020.....	55
Tabla 22 Volumen vehicular carrera 79c por calle 63 sur – 2020	56
Tabla 23 Volumen vehicular carrera 80 por calle 63 sur – 2020.....	56
Tabla 24 Volumen vehicular carrera 80c por calle 63 sur – 2020.....	57
Tabla 25 Modelo ajuste de volúmenes kr80c por cl 65 sur	57
Tabla 26 Modelo flujo de saturación kr80c por cl 65 sur.....	58
Tabla 27 Modelo análisis de capacidad kr80c por cl 65 sur.....	58
Tabla 28 Modelo nivel de servicio kr80c por cl 65 sur	59

Tabla 29	Modelo ajuste de volúmenes kr79c por cl 65 sur	59
Tabla 30	Modelo flujo de saturación kr79c por cl 65 sur	60
Tabla 31	Modelo análisis de capacidad kr79c por cl 65 sur.....	60
Tabla 32	Modelo nivel de servicio kr79c por cl 65 sur	61
Tabla 33	Modelo ajuste de volúmenes kr79c por cl 63 sur	61
Tabla 34	Modelo flujo de saturación kr79c por cl 63 sur.....	62
Tabla 35	Modelo análisis de capacidad kr79c por cl 63 sur.....	62
Tabla 36	Modelo nivel de servicio kr79c por cl 63 sur	63
Tabla 37	Modelo ajuste de volúmenes kr80 por cl 63 sur.....	63
Tabla 38	Modelo flujo de saturación kr80 por cl 63 sur.....	64
Tabla 39	Modelo análisis de capacidad kr80 por cl 63 sur	64
Tabla 40	Modelo nivel de servicio kr80 por cl 63 sur	65
Tabla 41	Calibración del modelo geh.....	69
Tabla 42	Resumen análisis operacional - situación actual	71
Tabla 43	Reubicación de las rutas del SITP	79
Tabla 44	Resumen análisis operacional situación actual y propuesta	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización Carrera 80c entre Calle 65d sur y Calle 65 sur	13
Figura 2 Movimientos intersección sanforizada carrera 80c por calle 65 sur.....	14
Figura 3 Movimientos intersección sanforizada carrera 80c por calle 65d sur.....	15
Figura 4 Vista al occidente de la calle 65d sur por carrera 80c	16
Figura 5 Vista al norte de la carrera 80c por calle 65d sur.....	16
Figura 6 Vista al sur de la carrera 80c por calle 65 sur.....	17
Figura 7 Vista al sur de la carrera 80c por calle 65 sur.....	17
Figura 8 Vista al sur de la carrera 80c por calle 65 sur.....	19
Figura 9 Salidas y retornos del sector por la carrera 80c por calle 65 sur	21
Figura 10 Esquema metodológico para el análisis de intersección semaforizada	42
Figura 11 Localización de puntos de estudio	43
Figura 12 Transversal 80a por calle 65d sur.....	44
Figura 13 Carrera 80c por calle 65d sur	45
Figura 14 Carrera 80c por calle 65 sur	46
Figura 15 Carrera 79c por calle 65 sur	47
Figura 16 Carrera 79c por calle 63 sur	49
Figura 17 Carrera 80 por calle 63 sur	50
Figura 18 Carrera 80c por calle 63 sur	51
Figura 19 Localización de paraderos del SITP	52
Figura 20 Factores de crecimiento para la demanda por localidad.....	53
Figura 21 Modelo de la red vial del sector	66
Figura 22 Volúmenes vehiculares mixtos	66
Figura 23 Carrera 80c por calle 65 sur	67
Figura 24 Carrera 79c por calle 65 sur	67
Figura 25 Carrera 79c por calle 63 sur	68
Figura 26 Carrera 80 por calle 63 sur	68
Figura 27 Nivel de confianza de la modelación – condiciones actuales	69
Figura 28 Análisis operacional actual de carrera 80c por calle 65 sur	70

Figura 29 Análisis operacional actual de carrera 79c por calle 65 sur	70
Figura 30 Análisis operacional actual de carrera 79c por calle 63 sur	70
Figura 31 Análisis operacional actual de carrera 80 por calle 63 sur	71
Figura 32 Modelo actual carrera 80c por calle 65 sur – costado sur.....	72
Figura 33 Modelo actual carrera 80c por calle 65 sur – costado norte	73
Figura 34 Modelo actual carrera 80c por calle 65 sur – costado occidental	73
Figura 35 Modelo actual kr 79c por cl 65 sur y kr 80 por cl 63 sur.....	74
Figura 36 Propuesta acceso norte kr 79c por cl 65 sur y kr 80 por cl 63 sur	75
Figura 37 Propuesta acceso sur de kr 80 por cl 65 sur.....	76
Figura 38 Reubicación paradero sitp carrera 80c por calle 65 d sur.....	77
Figura 39 Reubicación paradero sitp transversal 80a por calle 65 j sur.....	78
Figura 40 Reubicación paradero sitp transversal 80b por calle 65 f sur	78
Figura 41 Reemplazo del paradero sitp diagonal 66 sur por transversal 80a	79
Figura 42 Modelo propuesta kr 80c por cl 65 sur.....	84
Figura 43 Modelo propuesta kr 79c por cl 65 sur.....	84
Figura 44 Análisis operacional propuesta carrera 80c por calle 65 sur.....	85
Figura 45 Análisis operacional propuesta carrera 79c por calle 65 sur.....	85
Figura 46 Análisis operacional propuesta carrera 79c por calle 63 sur.....	85
Figura 47 Análisis operacional propuesta carrera 80 por calle 63 sur	86

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Oficio de solicitud de información secretaria de movilidad de Bogotá con número de radicado SDM: 40614.
- Anexo 2 Estudio de transito cc gran plaza.
- Anexo 3 Memoria de cálculos
- Anexo 4 Modelación de la situación actual
- Anexo 5 Modelación de la propuesta para mejoramiento de la movilidad vehicular

INTRODUCCIÓN

En una ciudad grande la movilidad vehicular es de gran importancia en el diario vivir de las personas que la habitan, ya que este es el método más utilizado para poder cumplir a tiempo los deberes y demás actividades, como por ejemplo la asistencia a los lugares de trabajo, retorno a casa, asistir a las clases educativas y cumplir citas médicas, entre otras; teniendo en cuenta esto se busca mejorar la calidad de vida de cada una de estas personas. Para esto es de gran importancia buscar los factores y medios que hacen que la movilidad vehicular tienda a ser negativa, ya que el propósito es que cada persona tenga acceso a un medio de transporte que le garantice un tiempo estimado para poder llegar en un menor tiempo posible.

Bogotá D.C. es una ciudad con una extensión de más de 1.775 Km², conformada por 20 localidades, entre ellas la localidad de Bosa, ubicada en el suroccidente de la ciudad con una superficie de 23.91 Km², siendo esta una de las pequeñas, pero con más conflicto en el área de la movilidad vehicular, ya que habitan aproximadamente 700.000 ciudadanos, ubicándose en el puesto número 4 de las localidades con más población, adicional a esto se localiza en el recorrido final de una de las 3 salidas principales de la ciudad, generando un alto flujo vehicular, por esta razón se pretende buscar métodos de solución que beneficien a las personas que hacen uso de la red vial.

La propuesta para el mejoramiento de la movilidad vehicular ayudara a buscar una solución utilizando las vías existentes en el sector, para esto se tomaran datos en campo e información suministrada por la Secretaria de Movilidad de Bogotá (SDM) de los volúmenes vehiculares y demás datos necesarios, que serán suministrados a un software especializado donde mostrara el mejoramiento de la movilidad vehicular y el modelo actual para la salida y entrada de vehículos de la localidad de Bosa sobre la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur.

1. GENERALIDADES

1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El presente informe está encaminado como trabajo de investigación, para el mejoramiento de la movilidad vehicular de la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur en la localidad de Bosa. Según lo estipulado en el Acuerdo No. 265 - Artículo 4 por el consejo superior de la Universidad.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos 13 años ha aumentado el nivel poblacional de la ciudad de Bogotá en un 7.7% correspondiente a 572.450 habitantes, trayendo consigo dificultades en la movilidad vehicular sobre la malla vial en cada una de las localidades que conforman la ciudad.^{1 2}.

Este aumento se ve reflejado en la malla vial de la localidad de Bosa, como es el caso de la Carrera 80C entre Calle 65D Sur y Calle 65 Sur en el Barrio Bosa Central, que hace parte de la malla vial intermedia cuyo objetivo es permitir el acceso y la fluidez de la ciudad a escala zonal, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1 Localización Carrera 80c entre Calle 65d sur y Calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

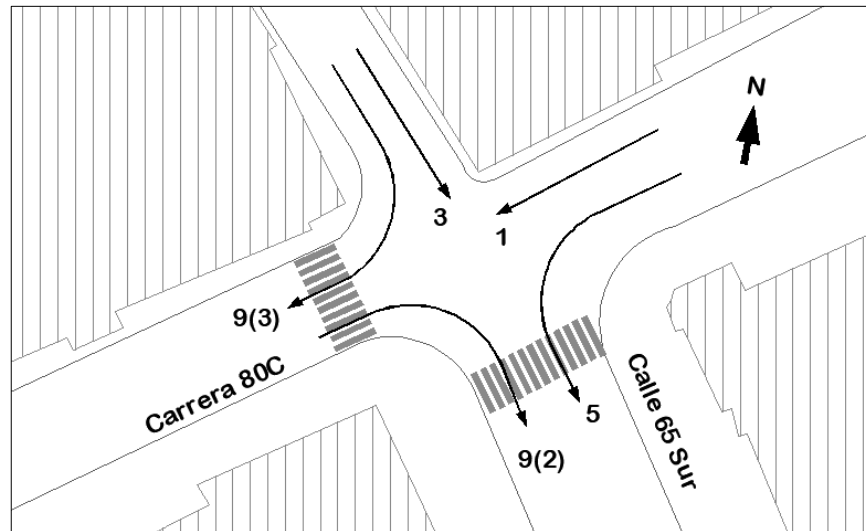
¹ DANE, *CENSO GENERAL 2005*, Dirección (Colombia, 2005).

² DANE and Tercer Trimestre, 'Comunicado de Prensa Comunicado de Prensa', 54, 2018, 9.

Esta vía es de gran importancia para el sector dado que permite el ingreso a los barrios San Diego, Jardín, Laureles, San Bernardino, Charles de Gaulle, Gran Colombiano, entre otros barrios, que pertenecen a la UPZ 85 - Bosa Central, también permite salida a los diferentes puntos de la ciudad, en este sector transitan habitualmente vehículos particulares, motos, taxis y buses del transporte público del SITP.

Este corredor vial está constituido por una calzada de 7.64 m de ancho en pavimento flexible con dos carriles circulación en sentidos Norte y Sur, andenes en los dos costados; con paraderos del SITP, sobre Carrera 80C por Calle 65 Sur se localiza una intersección semaforizada para el paso de peatones en L y los movimientos según la nomenclatura de los movimientos vehiculares en intersección para la ciudad de Bogotá³, como se muestra en la siguiente figura:

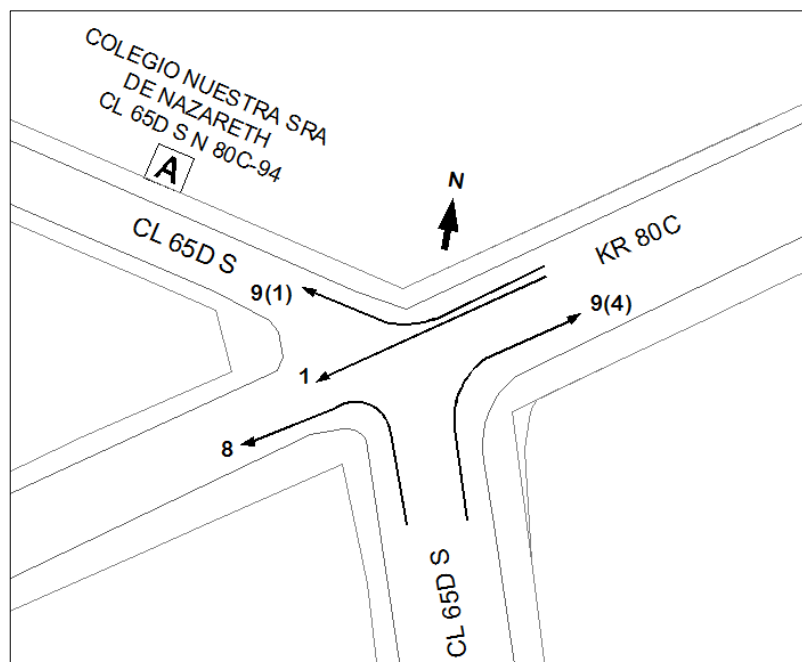
Figura 2 Movimientos intersección sanforizada carrera 80c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de nomenclatura para movimientos

³ D.C. Alcaldía Mayor de Bogotá and Secretaría de Tránsito y Transporte, 'Manual de Planeación y Diseño Para La Administración Del Tránsito y El Transporte', Tomo III. (2005), 398 <http://cittus.com/aym_images/files/Manuales_de_Planeacion_Tomo_III.pdf>.

Figura 3 Movimientos intersección sanforizada carrera 80c por calle 65d sur



Fuente: Elaboración propia a partir de nomenclatura para movimientos

Sobre los puntos afluentes de esta vía, el uso del suelo según el mapa la secretaria de planeación es vivienda y comercial, sin embargo es mayor el uso del comercio por la gran variedad de productos que se pueden encontrar y de gran demanda por los habitantes de los barrios aledaños.

Actualmente la Carrera 80 C presenta gran congestión vehicular generada por dos cuellos de botella a la altura de la Calle 65 Sur y Calle 65 D Sur, esto se debe a la transición de dos carriles a uno, ⁴ como se muestra en las Figuras 4 al 7.

⁴ Hugo Andrés Morales Sosa, 'Malla Vial Integral', 2020, 210 <<https://www.ideca.gov.co/recursos/mapas/malla-vial-integral-bogota-dc>>.

Figura 4 Vista al occidente de la calle 65d sur por carrera 80c



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Figura 5 Vista al norte de la carrera 80c por calle 65d sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Figura 6 Vista al sur de la carrera 80c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Figura 7 Vista al sur de la carrera 80c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

¿Es posible mejorar la movilidad vehicular de la carrera 80C entre calle 65 D entre Calle 65 Sur empleado la infraestructura existente?

1.2.1. Variables del problema

Las variables posibles de la movilidad vehicular se deberán a la accidentalidad (Tasa de mortalidad y morbilidad), infracciones (Cultura ciudadana y Señales de tránsito), flujo vehicular, contaminación auditiva, Cola de vehículos, Rutas del sistema integrado de transporte "SITP", volúmenes vehiculares, hora pico, densidad vehicular y niveles de servicio.

1.3. ANTECEDENTES

El día 2 de febrero de 2020 se realizó la solicitud de información a la Secretaria de Movilidad de Bogotá con número de radicado SDM: 40614 (Ver ANEXO 1), acerca de los proyectos existentes y en ejecución en el área de influencia del objeto de estudio. En respuesta a esta solicitud mediante correo electrónico del día 2 de marzo de 2020, fue remitido el estudio de tránsito del Centro Comercial Gran Plaza, acta de compromiso del estudio de tránsito del C.C. Gran Plaza, planos de Diseños de señalización horizontal y vertical con el código SH_SV_CTO_IDU_1387_TV78L_V0.dwg, realizado bajo el contrato IDU - 1387 de 2017 en el cual se realizó un mantenimiento de la malla vial en el tramo Carrera 80C entre Calle 65 Sur y Calle 65D Sur.

Así mismo, en el desarrollo del Contrato IDU-1387 de 2017, la Subdirección de Semaforización dio aprobación a una modificación de la distribución de flujos vehiculares en la Carrera 80 C entre Calle 63 Sur y Calle 65 Sur en sentido Norte - Sur, pasando a dos carriles de giro izquierdo y un carril de flujo directo, modificación que está pendiente de implementación en campo mediante un Compromiso Prioritario - CP de señalización y que actualmente no se ha realizado.

El estudio de tránsito contempla el seguimiento de la operación de la intersección semaforizada peatonal en la Carrera 78J por Calle 65 Sur, implementación de módulos sonoros de las intersecciones sobre la Calle 65 Sur entre las carreras 78J y 79C. Para este estudio se requirió nueva infraestructura (actualmente construida) como la continuación de la Calle 65D Sur desde la Carrera 79 hasta la Carrera 78I, la continuación de la Carrera 78I desde la Calle 65D Sur hasta la Calle 65 Sur y demás obras complementarias con el objetivo de ofrecer condiciones de movilidad y seguridad para los usuarios del centro comercial y los habitantes de la zona.

Esta información preliminar fue analizada y considerada teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la SDM con el fin de buscar una solución integral para el mejoramiento de la movilidad de la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur y en la zona de influencia.

La SDM realizó unas recomendaciones importantes para tener en cuenta en el trabajo de grado, como los corredores de Movilidad Local - CML del área de estudio, el tipo y uso del suelo, las eventuales modificaciones a rutas del Sistema Integrado de Transporte Público - SITP, lo cual requeriría modelaciones de radios de giro en las esquinas, para asegurar la pertinencia y aplicabilidad de los cambios que surjan, entre otros aspectos. Lo anterior con el fin de hacer una evaluación integral para el mejoramiento de la movilidad vehicular en la zona de estudio.

En los últimos años el Distrito ha integrado nuevos buses al SITP en la ciudad con tipología padrón, estos buses permiten mayor capacidad de pasajeros gracias a sus grandes dimensiones, sin embargo esto ha afectado el estado de la malla vial local existente y la movilidad vehicular.

En la Carrera 80C presenta cuellos de botella a la altura de la Calle 65 Sur y Calle 65 D Sur generando congestión vehicular en ambos sentidos de circulación, como se muestra en la siguiente figura tomada el 03 de octubre de 2019 a las 7:00 pm para ingresar al sector:

Figura 8 Vista al sur de la carrera 80c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia

1.4. LIMITACIONES

Debido a la pandemia por el brote del virus Covid-19, en Bogotá constantemente se establecen nuevos protocolos de bioseguridad, haciendo que cambie la dinámica de la ciudad, alterando los variables del comportamiento vehicular.

En el sector donde se localiza el proyecto solo cuenta con vías de tipo intermedias y locales con anchos de calzada que varían entre 6.50 a 9.0m; las cuales serán empleadas para mejoramiento de la movilidad de la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur.

Actualmente existe una variedad de software especializado para modelación del tránsito, una limitante es el elevado costo de estos, sin embargo existen versiones gratis para estudiantes como es el caso de PTV Vissim, el cual ofrece una versión académica pero con restricciones, este solo cuenta con la capacidad de realizar simulaciones hasta 10 minutos (600 s), área máxima de 1 Km², entre otras características.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El comportamiento del tránsito en la ciudad de Bogotá tiene distintos factores que generan congestión y dificultad en la movilidad vehicular en los diferentes corredores viales que constituyen la red vial de la Ciudad, uno estos factores se debe al aumento de la población generado por los nuevos proyectos de vivienda en las zonas en desarrollo de la capital. En las localidades de Bosa y Kennedy cuentan con mayor densidad poblacional de aproximadamente 30.000 habitantes por kilómetro cuadrado, gran parte de esta población tiene la necesidad de desplazarse para los lugares de estudio, trabajo y comercio local.⁵

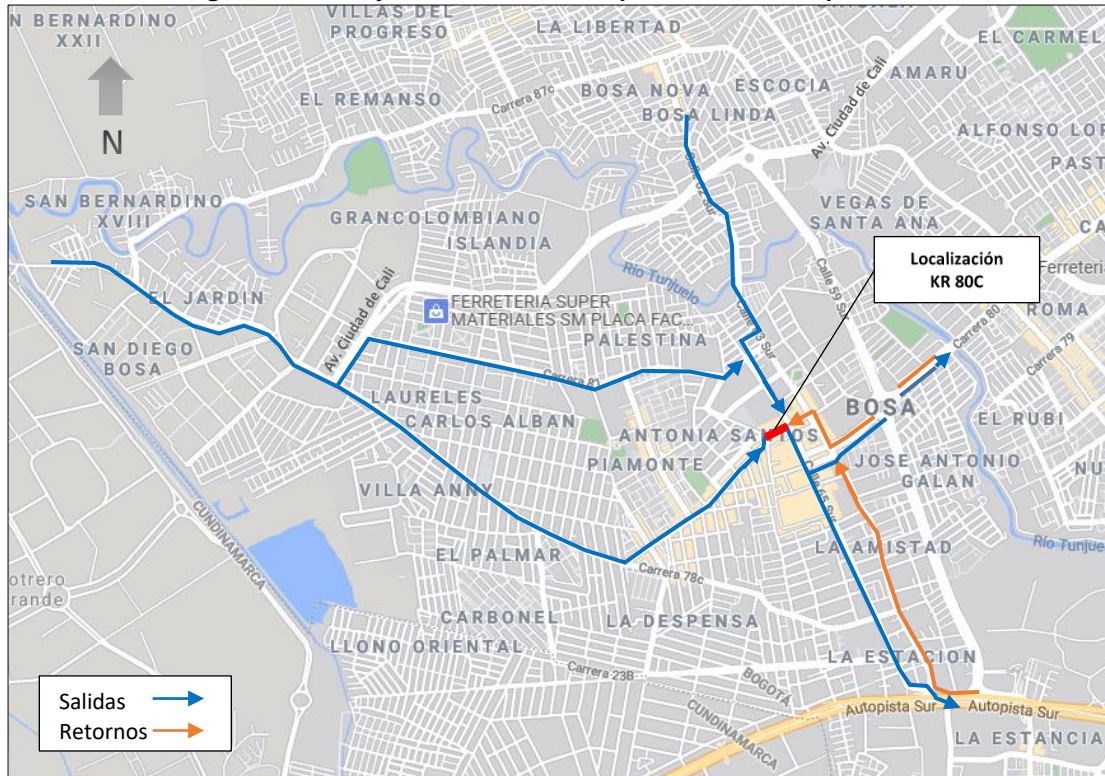
En el 2018 fueron entregadas las obras para la continuación de la Avenida Bosa desde la Carrera 80 hasta la Avenida Ciudad de Cali y la ampliación de la Avenida Ciudad de Cali desde la Avenida Bosa hasta la Avenida San Bernardino, con el objetivo de beneficiar alrededor de un millón de habitantes de Bosa y Kennedy ⁶, sin embargo existen corredores de la localidad como la Carrera 80C entre Calle 65 D sur y Calle 65 sur donde no presenta mejora en la movilidad vehicular, esto se debe a que los vehículos aun requieren transitar por este corredor, esta vía permite la salida de los barrios de San Diego, el Jardín, Laureles, San Bernardino, Palestina,

⁵ Secretaria Distrital de Movilidad, 'Observatorio de Movilidad', 2017, 123 <http://www.simur.gov.co/portal-simur/wp-content/uploads/2019/files/datos-abiertos/documentos/observatorio/Observatorio_de_movilidad_2017_min.pdf>.

⁶ ALCALDÍA DE BOGOTÁ, 'Entrega Nuevas Vías Que Benefician a Más de 1 Millón de Personas En Bosa y Kennedy', 2020, 11 <<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/obras/entrega-de-vias>>.

Carlos Albán, entre otros barrios que requieren tomar la Autopista Sur y la Carrera 80 (Avenida Agoberto Mejía) hacia los diferentes puntos de la ciudad, aumentando el tiempo de viaje hasta 20 minutos en horas pico, con longitudes de recorridos de aproximadamente 3 km, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 9 Salidas y retornos del sector por la carrera 80c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Maps.

Teniendo en cuenta estos factores que limitan la movilidad sobre la Carrera 80C entre Calle 65 D sur y Calle 65 sur, surge la necesidad buscar una alternativa para mejorar la movilidad vehicular empleado la infraestructura existente que permita mejorar el nivel de servicio en las horas pico, como medida paliativa, hasta tanto sea diseñada y construida la ampliación de la Avenida Carrera 80 (Avenida Agoberto Mejía) y demás vías de la malla vial arterial y complementaria, con el fin de articular la ciudad garantizando la consolidación, contempladas según Artículo 166 del decreto 190 de 2004, sin embargo este fue derogado por el art. 565, Decreto Distrital 364 de 2013 y que en la actualidad se encuentra suspendido por provisionalmente por Auto CE 624 de 2014⁷.

⁷ Régimen Legal de Bogotá D.C., 'Régimen Legal de Bogotá d.C.', 2020, 185
<<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>>.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO

El volumen de tránsito es denominado el número de vehículos que pasan en un determinado tiempo sobre una longitud de vía⁸, los volúmenes vehiculares se caracterizan por tener un comportamiento dinámico, debido a que solo logran ser precisos en el momento en que se realizan los aforos, para esto es de vital importancia identificar el comportamiento de la circulación vehicular durante las horas de máxima demanda durante el día, la semana y los meses durante año, contemplando las festividades y demás fechas que hacen que el volumen vehicular se comporte de una manera variable.⁹

Los volúmenes vehiculares son de gran importancia para los diferentes campos de la ingeniería, como:

- **Planeación**, (análisis económico, estimación de calidad del aire, entre otros).
- **Proyecto**, (aplicación de normas para los diseños geométricos, requisitos de nuevas vías y análisis para la estructura del pavimento nuevo).
- **Seguridad**, (índices de mortalidad y accidentes).
- **Investigación**, (metodologías sobre capacidad, medioambiente y la energía, accidentes y seguridad, entre otros).
- **Usos comerciales**, (Urbanismo, Autoservicios, recreación y deporte, hoteles, centros comerciales, entre otros usos privados).

Para todo tipo de estudio de tráfico se requiere de la realización de conteos vehiculares precisos en la vía de estudio, para esto es necesario analizar la composición de la vía e intersecciones, estos aforos actuales proporcionan el punto de inicio para la estimación de la proyección del tráfico, también ayuda a garantizar medidas para el control del tránsito vehicular, modificaciones geométricas o labores de construcción y mantenimiento¹⁰.

⁸ H A M Sosa, *Ingeniería Vial I*, ed. by INTEC (Santo Domingo - República Dominicana: Intec, 2006) <<https://books.google.com.co/books?id=OcefqXpOiswC>>.

⁹ Rafael Cal y Mayor and James Cárdenas, *Ingeniería de Tránsito*, Alfaomega (Bogotá, Colombia, 2015).

¹⁰ Thomas R Currin, *Introduction to Traffic Engineering*, ed. by Cengage Learning, 2nd, ilustra edn (Stamford, USA: Cengage Learning, 2012) <<https://books.google.com.co/books?id=ES800OwVBewC>>.

Existen diferentes métodos para el conteo vehicular, como el método manual, el cual consiste en obtener datos de volúmenes de tránsito realizado por personal en campo, por medio de este método permite la clasificación de los vehículos que circulan por la vía de estudio, este personal debe registrar manualmente el número de vehículos en un periodo determinado en formatos de fácil comprensión, otros métodos son dispositivos mecánicos como detectores neumáticos, Contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar, magnético, ultrasónico, infrarrojo, indicador visual, fotografía entre otros, la elección de estos métodos depende del criterio del profesional y la disponibilidad de los mismos¹¹.

Previamente a los aforos se debe conocer la composición y variación de los diferentes tipos de vehículos, los cuales transitan por los corredores viales objeto de estudio, una vez definido esto, se evaluara que tipo de los volúmenes vehiculares se analizaran según los requeridos para el estudio, descritos a continuación:

- Volúmenes de transito absolutos y totales.
- Volúmenes de tránsito promedio diarios.
- Volúmenes de tránsito horarios.

2.1.1. Características del volumen de tránsito.

El cálculo de la composición vehicular se debe tomar el número total de cada tipo de vehículo sobre el volumen total de vehículos; en este cálculo se pueden obtener variaciones mayores o menores del 10% dependiendo de la vía, hora del día y de la semana, esta composición vehicular es medida en porcentaje. Para los volúmenes de transito es importante conocer la variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda "VHMD", para determinar el factor de la hora de máxima demanda "FHMD", este factor indica la distribución los flujos máximos dentro de la hora ¹², como se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación No. 1

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * Q_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

N: Es el número de periodos durante la hora máxima demanda.

$Q_{m\acute{a}x}$: Volumen máximo

¹¹ Gabriel Rodríguez Rufino and Lauro Ariel Alonzo Salomón, *Carreteras*, ed. by UADY, Textos Didácticos / UADY (Yucatán, México: UADY, 2005) <<https://books.google.com.co/books?id=h-F1o3FkyEC>>.

¹² Cal y Mayor and Cárdenas.

2.2. ESTUDIO DE VELOCIDAD

La velocidad es definida como el desplazamiento del vehículo en un tramo de vía determinado por una unidad de tiempo, comúnmente expresada en “Km/h” kilómetros por hora, expresada con la siguiente ecuación:

Ecuación No. 2
$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

D: Distancia recorrida en Km.

T: Tiempo recorrido en horas

V: Velocidad constante

El tiempo empleado para la medición de la velocidad es usualmente de una hora, para esto deben evitarse las condiciones de alto volumen vehicular o en horas valle y las condiciones climáticas de lluvia, garantizando mejores resultados para el estudio; existen diferentes métodos de medición de las velocidades, sin embargo los más comunes es con la ayuda de un medidor de velocidad de radar o el método manual, este método consiste en trazar una longitud entre 30 - 50m y con la ayuda de un cronometro tomar los tiempos de viaje¹³.

Existen diferentes tipos de velocidad según el estudio que se desea realizar, como la Velocidad de punto, Velocidad media temporal, Velocidad media espacial, Velocidad de recorrido, Velocidad de marcha y Velocidad de proyecto¹⁴.

2.3. ANÁLISIS DE FLUJO VEHICULAR

El análisis del flujo vehicular es empleado para determinar la distribución de los vehículos que transitan sobre la vía de estudio y las distribuciones estadísticas para el control del tránsito, para lograr determinar el análisis se debe emplear por medio de las tres variables principales, el volumen, densidad o concentración y flujo.

¹³ Ricardo G Sigua, *Fundamentals of Traffic Engineering*, ed. by UP Press (Diliman, Quezon City: University of the Philippines Press, 2008) <<https://books.google.com.co/books?id=1RoV3xm07F0C>>.

¹⁴ Cal y Mayor and Cárdenas.

2.4. CAPACIDAD VIAL

La capacidad vial se define como la eficiencia de la circulación vehicular una sección vial uniforme desde un punto a otro en un tiempo determinado, medida como la tasa horaria máxima a la que razonablemente los vehículos transiten; estas condiciones se relacionan directamente con la geometría de la vía y su entorno, como ancho de carriles, velocidad de diseño u operación, alineación horizontal y vertical¹⁵.

Teóricamente la capacidad es la tasa máxima de flujo que una vía puede soportar, el objetivo de este análisis es evaluar el máximo número de vehículos puedan circular por la red vial objeto de estudio, sin embargo cabe la posibilidad que una parte de estas redes se encuentren en su capacidad, para estos casos se buscaría mejorar la calidad de operación¹³. Esta calidad de operación se denomina nivel de servicio.

El nivel de servicio consiste en clasificar de mejor a peor el flujo vehicular, según la circulación continua o discontinua de la vía, según el Manual HCM 2000 del TBR se clasifican en seis tipos de nivel de servicio según el rango de intensidad¹⁶, como se muestra en la siguiente figura:

Tabla 1 Niveles de servicio en intersección semaforizada

Nivel de servicio	Demora por control (Segundos/vehículo)
A	≤10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Fuente: TBR. *Highway Capacity Manual*. HCM. 2000

La representación de los niveles de servicio se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2 Descripción de los niveles de servicio

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo vehicular libre
B	Flujo vehicular libre con presencia de otros vehículos
C	Flujo vehicular estable afectando la maniobrabilidad del conductor libre
D	Densidad elevada pero estable
E	Límite de la capacidad
F	Flujo vehicular forzado

Fuente: Ingeniería de Tránsito, R. Cal y Mayor, J. Cárdenas, 2015.

¹⁵ *Transport Planning and Traffic Engineering*, ed. by Michael G. H. Bell Coleman O'Flaherty, Engineering Village (Oxford, Inglaterra: Taylor & Francis, 1997) <<https://books.google.com.co/books?id=EAczDTp7ESQC>>.

¹⁶ TRB., *Highway Capacity Manual*, National R (Washington D. C, 2000).

2.4.1. Nivel de servicio en una Intersección SemafORIZADA

La intersección vial semaforizada está constituida por semáforos y demás señalización vial complementaria, esta intersección se localiza en un punto de conflicto con uno o más accesos, con el propósito de permitir circulación de vehículos y/o peatones de manera ordenada, para esto se debe realizar un análisis operacional para determinar la capacidad vial y los niveles de servicio en los carriles y la intersección¹⁷, para esto es empleada la metodología del manual Highway Capacity Manual (HCM 2000) y el libro de Ingeniería de Tránsito de Rafael Cal y Mayor y James Cárdenas, como se muestra a continuación:

2.4.1.1. Agrupación de los carriles

Los carriles de los accesos de la intersección deben ser analizados con las siguientes ecuaciones para determinar si el giro a la derecha o izquierda funciona como carril exclusivo:

Ecuación No. 3

$$V_I < \frac{V_a - V_I}{N - 1} \quad , \text{ Agrupar carril}$$

Ecuación No. 4

$$V_I \geq \frac{V_a - V_I}{N - 1} \quad , \text{ No agrupar carril}$$

Donde:

V_I : Volumen actual de vuelta a la izquierda (vehículos/h)

V_a : Volumen actual en el acceso (vehículos/h)

N: Número de carriles en el acceso

2.4.1.2. Tasa de Flujo de saturación

La tasa de saturación es la tasa máxima de flujo del grupo de carriles, expresado como el flujo de los vehículos por hora de luz verde¹⁸, determinada con la siguiente ecuación:

¹⁷ Cal y Mayor and Cárdenas.

¹⁸ Cal y Mayor and Cárdenas.

Ecuación No. 5

$$S_i = N(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$$

Donde:

S_i : Tasa de flujo de saturación ajustado de grupo de carriles i (vehículos/hora verde)

S_0 : Tasa de flujo de saturación base por carril (1900 Autos / hora verde/ carril)

N : Número de carriles del grupo de carriles

f_w : Factor de ajuste por ancho de carriles

f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados

f_g : Factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p : Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

f_{bb} : Factor de ajuste por bloqueo de buses

f_a : Factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} : Factor de ajuste por utilización de carriles

f_{LT} : Factor de ajuste por vueltas a la izquierda

f_{RT} : Factor de ajuste por vueltas a la derecha

f_{Lpd} : Factor de ajuste por peatones y ciclistas para giros vehiculares a la izquierda

f_{Rpb} : Factor de ajuste por peatones y ciclistas para giros vehiculares a la derecha

En la siguiente tabla se muestra las expresiones para calcular los factores de ajuste de la anterior ecuación:

Tabla 3 Factores de ajuste por a la tasa de saturación

Factor	Formula	Definition of Variables	Notes
Lane width	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = lane width (m)	W ≥ 2.4 If W > 4.8, a two-lane analysis may be considered
Heavy vehicles	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(E_T - 1)}$	% HV = % heavy vehicles for lane group volume	E _T = 2.0 pc/HV
Grade	$f_g = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % grade on a lane group approach	-6 ≤ % G ≤ +10 Negative is downhill
Parking	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_p}{3600}}{N}$	N = number of lanes in lane group N _p = number of parking maneuvers/h	0 ≤ N _p ≤ 180 f _p ≥ 0.050 f _p = 1.000 for no parking
Bus blockage	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N = number of lanes in lane group N _B = number of buses stopping/h	0 ≤ N _B ≤ 250 f _{bb} ≥ 0.050
Type of area	f _a = 0.900 in CBD f _a = 1.000 in all other areas		
Lane utilization	$f_{LU} = v_g / (v_{g1} N)$	v _g = unadjusted demand flow rate for the lane group, veh/h v _{g1} = unadjusted demand flow rate on the single lane in the lane group with the highest volume N = number of lanes in the lane group	
Left turns	Protected phasing: Exclusive lane: f _{LT} = 0.95 Shared lane: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P _{LT} = proportion of LTs in lane group	See Exhibit C16-1, Appendix C, for nonprotected phasing alternatives
Right turns	Exclusive lane: f _{RT} = 0.85 Shared lane: f _{RT} = 1.0 - (0.15)P _{RT} Single lane: f _{RT} = 1.0 - (0.135)P _{RT}	P _{RT} = proportion of RTs in lane group	f _{RT} ≥ 0.050
Pedestrian-bicycle blockage	LT adjustment: $f_{pb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT}) / (T - P_{LTA})$ RT adjustment: $f_{pb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT}) / (T - P_{RTA})$	P _{LT} = proportion of LTs in lane group A _{pbT} = permitted phase adjustment P _{LTA} = proportion of LT protected green over total LT green P _{RT} = proportion of RTs in lane group P _{RTA} = proportion of RT protected green over total RT green	Refer to Appendix D for step-by-step procedure

Fuente: TBR. Highway Capacity Manual. HCM. 2000

La tasa de flujo de saturación base por carril (S₀) fue asumida según el manual Highway Capacity Manual (HCM 2000) donde establece que para velocidades menores de 50 Km/h a menudo se obtiene tasas de flujo de 1800 (vehículos/ h

verde) y para velocidades superiores de 80 Km/h pueden tener tasas de flujo de saturación superiores a 1900 (vehículos/ h verde) ¹⁹.

Factor de ajuste por interferencia de peatones y ciclistas con giro a la derecha o izquierda f_{Rpb} y f_{Lpb} .

Si en la zona del giro vehicular no existe conflicto con peatones y ciclistas el factor f_{Lpb} y f_{Rpb} es igual a 1, por el contrario se debe calcular con las siguientes expresiones²⁰:

- Cálculo de Peatones durante la fase en verde

Ecuación No. 6

$$V_{pedg} = V_{ped} * \left(\frac{C}{g_{ped}} \right) \leq 5000 \text{ (Peatones / h)}$$

Donde:

V_{pedg} : Peatones durante la fase en verde (peatones /h)

V_{ped} : Peatones que interceden con el giro de estudio (peatones /h)

C: Duración del ciclo (s)

g_{ped} : Duración de verde para peatones (s)

- Determinación de la ocupación de peatones promedio

Si $V_{pedg} \leq 1000$ (Peatones / h)

Ecuación No. 7

$$OCC_{pedg} = \left(\frac{V_{pedg}}{2000} \right) \leq 0.5$$

¹⁹ TRB.

²⁰ TRB.

Donde:

OCC_{pedg} : Ocupación de peatones promedio

V_{pedg} : Peatones durante la fase en verde (peatones /h)

Si $1000 < V_{pedg} \leq 5000$ (Peatones / h)

Ecuación No. 8 $OCC_{pedg} = 0.4 + \left(\frac{V_{pedg}}{10000}\right)$; $0.5 < OCC_{pedg} \leq 0.9$

Donde:

OCC_{pedg} : Peatones durante la fase en verde (peatones /h)

V_{ped} : Peatones que interceden con el giro de estudio (peatones /h)

Para movimientos de giro a la derecha sin interferencia de la bicicleta o para movimientos de giro a la izquierda, desde una calle de un solo sentido, Se utiliza la siguiente ecuación²¹:

Ecuación No. 9 $OCC_r = OCC_{pedg}$

Donde:

OCC_{pedg} : Peatones durante la fase en verde (peatones /h)

OCC_r : Ocupación relevante de la zona de conflicto

- Ajuste a la fase predeterminada A_{pbT}

Si el número de carriles de recepción (N_{rec}) que cruzan la calle es igual al número de carriles de giro (N_{turn}), los vehículos que giran no podrán maniobrar alrededor de peatones o bicicletas; el factor de ajuste es la proporción de tiempo que la zona de conflicto está desocupada, como se muestra en la siguiente ecuación²²:

Si $N_{rec} = N_{turn}$

²¹ TRB.

²² TRB.

Ecuación No. 10 $A_{pbT} = 1 - OCC_r$

Donde:

A_{pbT} : Ajuste a la fase permitida

OCC_r : Ocupación relevante de la zona de conflicto

Si el número de carriles de recepción (N_{rec}) que cruzan las calles excede el número de carriles de giro (N_{turn}), es más probable que los vehículos que giran maniobren alrededor de peatones o bicicletas y los efectos de las bicicletas de los peatones sobre el flujo de saturación se reducen²³. El factor de ajuste se puede calcular con la siguiente ecuación:

Si $N_{rec} > N_{turn}$

Ecuación No. 11 $A_{pbT} = 1 - 0.60(OCC_r)$

Donde:

A_{pbT} : Ajuste a la fase permitida

OCC_r : Ocupación relevante de la zona de conflicto

- Factor de ajuste por interferencia de peatones y ciclistas con giro a la derecha o izquierda f_{Rpb} y f_{Lpb}

Ecuación No. 12 $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$

Ecuación No. 13 $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$

Donde:

f_{Rpb} : Factor de ajuste por interferencia de peatones y ciclistas con giro a la derecha.

²³ TRB.

f_{Lpb} : Factor de ajuste por interferencia de peatones y ciclistas con giro a la izquierda.

P_{LT} : Proporción de volúmenes de giro a la izquierda.

P_{RT} : Proporción de volúmenes de giro a la derecha.

P_{LTA} : Proporción de giro a la izquierda que usan la fase protegida.

P_{RTA} : Proporción de giro a la derecha que usan la fase protegida.

2.4.1.3. Análisis de Capacidad

El análisis de capacidad es el porcentaje de funcionamiento de los grupos de carriles críticos empleado las siguientes ecuaciones²⁴:

- Capacidad del grupo de carriles

Ecuación No. 14 $C_i = S_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$

Donde:

C_i : Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

S_i : Tasa de flujo de saturación ajustado i (vehículos/hora verde)

g_i : Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verde)

C : Ciclo de semáforo (segundos)

g_i/C : Relación de verde efectivo para el grupo de carriles

- Relación de volumen a capacidad

Ecuación No. 15 $X_i = \left(\frac{V_i}{C_i} \right)$

Donde:

X_i : Relación volumen a capacidad.

V_i : Flujo del grupo (vehículos/hora)

C_i : Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

²⁴ Cal y Mayor and Cárdenas.

- Relación de volumen a capacidad crítica de la intersección.

Ecuación No. 16
$$X_c = \left(\frac{C}{C-L} \right) \left[\sum \left(\frac{v}{s} \right)_{ci} \right]$$

Donde:

X_c : Relación de volumen a capacidad crítica de la intersección.

C : Ciclo de semáforos (segundos)

L : Tiempo total perdido por ciclo (segundos)

$\sum \left(\frac{v}{s} \right)_{ci}$: Sumatoria de las relaciones de flujo de todos los grupos de carriles críticos

2.4.1.4. Análisis de demoras

Las demoras es el periodo en segundos de los grupos de carriles y accesos de toda la intersección semaforizada con el objetivo de determinar el nivel de servicio como se indica en la Tabla No. 1; para determinar las demoras se deben emplear las siguientes expresiones²⁵:

- Demora uniforme d_1

Ecuación No. 17
$$d_1 = \frac{0.5C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X_{TR}) * \frac{g}{C}\right]}$$

Donde:

d_1 : Demora uniforme (s/veh)

g_i : Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verde)

C : Ciclo de semáforo (segundos)

X_{TR} : Relación de volumen a capacidad

²⁵ Cal y Mayor and Cárdenas.

- Demora incremental d_2

Ecuación No. 18
$$d_2 = 900 * T \left[(X_{TR} - 1) + \sqrt{(X_{TR} - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X_{TR}}{C_{TR} * T}} \right]$$

Donde:

d_2 : Demora incremental (s/veh)

T: Duración del periodo de análisis (0.25 h)

X_{TR} : Relación de volumen a capacidad

C_{TR} : Capacidad del grupo de carriles

k: Factor de demora incremental (k = 0.50; intersecciones prefijadas)

I: Factor de ajuste por entradas a intersección (I =1.0; intersección aislada)

- Demora incremental d_3

Ecuación No. 19
$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1+u)^t}{cT}$$

Donde:

d_3 : Demora por cola inicial (s/veh)

Q_b : Cola inicial al principio del período T (veh)

C: Capacidad (veh/h)

T: Duración del periodo de análisis (0.25 h)

t: Duración de la demanda insatisfecha (h)

u: Parámetro de demora

- Demora por control d_i

Ecuación No. 20
$$d_i = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Donde:

d_i : Demora por control (s/veh)

d_1 : Demora uniforme (s/veh)

d_2 : Demora incremental (s/veh)

d_3 : Demora por cola inicial (s/veh)

PF: Factor de ajuste por control

- Demora en el Acceso d_A

Ecuación No. 21
$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i * V_i)}{\sum_{i=1}^A (V_i)}$$

Donde:

A: Número de grupos de carriles en el acceso A

d_A : Demora en el acceso A (s/veh)

d_i : Demora en el grupo de carriles i (s/veh)

v_i : Volumen ajustado del grupo de carriles i (veh/h)

- Demora de la Intersección d_I

Ecuación No. 22
$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^I (d_A * V_A)}{\sum_{A=1}^I (V_A)}$$

Donde:

I: Número de accesos de la intersección

d_I : Demora en la intersección

d_A : Demora en el acceso (s/veh)

V_A : Volumen ajustado del acceso (veh/h)

2.5. PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO FUTURO

Existen métodos para la proyección de la población en un periodo determinado²⁶, estos métodos son aplicados en diversas áreas como es el caso de la ingeniería para los proyectos de infraestructura vial, acueductos, desarrollo urbano, entre otros, donde se tiene en cuenta parámetros socioeconómicos.

El aumento de la población hace que crezca la demanda del sector automotor, el cual se puede estimar con la proyección del volumen del tránsito futuro para determinar los volúmenes de tránsito al final del periodo de diseño y volúmenes actuales.

²⁶ P M Cruz, *Demografía: Conceptos Y Tecnicas Fundamentales*, ed. by Plaza and Valdes (San Rafael, México: Plaza Y Valdes, 2006) <<https://books.google.com.co/books?id=LGrdfPT2D4C>>.

El volumen de tránsito final se puede determinar empleado el método del crecimiento geométrico²⁷ para la estimación del crecimiento del volumen para periodos largos, tomado el volumen de tránsito inicial y la tasa de crecimiento²⁸, como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación No. 23
$$Q_f = Q_o (1 + r)^n \dots$$

Donde:

Q_f : Volumen de tránsito final
 Q_o : Volumen de tránsito inicial
 r: Tasa de crecimiento anual
 n: Número de años

2.6. MÉTODO DE CALIBRACIÓN DEL MODELO

La calibración del modelo de microsimulación consiste en la validación de los valores obtenidos en comparación con los valores ingresados con el objetivo de simular las condiciones operativas de la red vial de estudio, para esto se emplea la siguiente expresión estadística GEH²⁹:

Ecuación No. 24
$$GEH = \sqrt{\frac{(V_{obs} - V_{sim})^2}{0.5 * (V_{obs} + V_{sim})}}$$

Donde:

V_{obs} : Volumen de tránsito observado o medido
 V_{sim} : Volumen de tránsito estimado por el modelo

El criterio para de aceptación de la calibración considera que GEH promedio no debe ser mayor a 5%³⁰.

²⁷ Sosa.

²⁸ Cal y Mayor and Cárdenas.

²⁹ Margarita Jiménez and Iván Sarmiento, 'Adaptive Control System and Optimization of Road Traffic in a Signalizedcorridor Application to the City of Medellin', *DYNA (Colombia)*, 78.169 (2011).

³⁰ Wisconsin DOT, 'Traffic Engineering, Operations & Safety Manual', 2015, 2-7.

2.7. MEJORAMIENTO DE MOVILIDAD VEHICULAR

El mejoramiento de la movilidad vehicular busca mejorar las condiciones actuales, las cuales pueden ser medibles mediante el cálculo de niveles de servicio entre otros, con el objetivo de reducir los tiempos de circulación de los vehículos y así brindar un mejor calidad de vida; para esto se debe elaborar una nueva planificación de la red vial existente y que a futuro puede servir como insumo para la elaboración de un plan apropiado para el desarrollo de nueva infraestructura vial, sin embargo, los objetivos de la política del transporte en países en desarrollo poseen normalización basada condiciones de movilidad antiguas, estas normas no están del todo definidas para las condiciones actuales de movilidad; para esto existen procedimientos sistematizados, en el cual se proponen una solución para el mejoramiento en la red vial, realizando comparaciones del comportamiento actual y la mejor solución temporal³¹.

En la ciudad de Bogotá D.C fue adoptado el Plan Maestro de Movilidad mediante el decreto 319 de 2006 y fueron adicionados los decretos 394 y 484 de 2019, fundamentado en un la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que hacen parte de la ciudad, prevaleciendo en el interés general, de esta manera se logra integrar la normalización para una movilidad de forma segura, eficiente y de mejor calidad. En el artículo No. 7 del presente decreto establece el alcance del modelo de movilidad³², conformado de la siguiente manera:

- Movilidad sostenible
- Movilidad competitiva
- La prioridad del peatón
- Transporte público eje estructurador
- Relación del vehículo particular
- Integración modal
- Movilidad inteligente
- Movilidad socialmente responsable
- Movilidad orientada a resultados

Con base a estos lineamientos que dicta el decreto deben ser considerados para los proyectos en materia de movilidad de la ciudad.

³¹ B Thagesen, *Highway and Traffic Engineering in Developing Countries*, ed. by CRC Press (Taylor & Francis, 2003) <<https://books.google.com.co/books?id=YTR3zWXr1tEC>>.

³² Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 'Decreto 319 de 2006 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.', 2006, p. 71 <<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21066&dt=S>>.

3. ESTADO DEL ARTE

Durante la investigación en búsqueda de la viabilidad para la propuesta de mejoramiento de la movilidad vehicular, donde se evidenciaron varios textos creados por empresas u organizaciones que durante la ejecución de sus proyectos que hacían parte de la localidad, buscaban también el beneficio sin afectar o mejorar las condiciones de movilidad del entorno, sin embargo, aquellos estudios se alejan de la actualidad. Lo anterior nos lleva a generar una investigación actualizada para entender los factores que generan los conflictos que se evidencian en los puntos críticos de salida y entrada en el área de estudio en la localidad de Bosa, en ciudad de Bogotá.

Estudiar la propuesta para el mejoramiento de la movilidad implica ver el desarrollo y comportamiento de los factores que hacen posible todos comportamientos que alteran el tráfico en una tendencia negativa o positiva. El estado del arte de este estudio contemplara investigaciones a nivel capital y local. Durante el avance metropolitano de la ciudad se ha buscado mejorar la movilidad en toda el área correspondiente a Bogotá, por lo cual generar un nuevo sistema de transporte público fue una de las grandes soluciones, sin embargo, durante el paso de los años este sistema ha colapsado, generando daños en la cultura ciudadana y a la infraestructura vial de gran importancia para la ciudad³³.

Los estudios realizados en los tiempos de actividad del Transmilenio y sus subsistemas como lo son alimentadores y complementarios se ha registrado que más del 50% de la población de la ciudad se moviliza en el transporte urbano, esto se debe a que en el transcurso de los años ha aumentado la población, generado el ingreso de más buses con mayores dimensiones y eliminando el transporte público colectivo. Teniendo en cuenta lo anterior cada una de las localidades que pertenecen al distrito capital tienen una necesidad primordial de transportarse a sus actividades diarias, pero más se ven afectadas las localidades en donde se registran estratos bajos, entre ellas la Localidad de Bosa entre los estratos 0 y 3³⁴.

Según los datos demográficos recopilados para el año 2019 en la localidad de Bosa existen 776.363 habitantes lo que hace que sea una localidad demasiado poblada con un área de suelo urbano de 1932 Ha y según su diagnóstico la SDP de Bogotá,

³³ Diana Marcela Vargas Beltrán, 'IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ', *World Development*, 1.1 (2018), 75
<[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22449/1/IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22449/1/IDENTIFICACIÓN%20DE%20PROBLEMAS%20DE%20MOVILIDAD%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20BOGOTÁ.pdf)>.

³⁴ Secretaría del Hábitad, 'Indicadores Localidad de Bosa', *Secretaría Del Hábitad*, 2019, 2
<<https://habitatencifras.habitatbogota.gov.co/documentos/boletines/Localidades/Bosa.pdf>>.

Bosa contiene una malla arterial e intermedia en mal estado con un porcentaje mayor del 50% Km- Carril y un estado regular de 23,70%, para un total de 735 km de vías Kilómetros – carril. Los anteriores datos muestran un diagnostico estimado generando malos conceptos por la cantidad de vehículos públicos y particulares, a esto se suma el mal estado de las vías y los reducidos dimensionamientos de la red vial que hacen colapsar fácilmente los accesos o salidas de la localidad (Ver ANEXO 2).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Planear una propuesta para el mejoramiento de la movilidad vehicular empleado las vías existentes en la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur en la localidad de Bosa.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información preliminar de la Secretaria de Movilidad (SDM) para obtener los datos necesarios con el fin suministrar los parámetros de entrada del análisis operacional examinado los volúmenes vehiculares.
- Modelar el comportamiento actual de la movilidad vehicular para el análisis de niveles de servicio y capacidad vial, empleado el software especializado en el corredor vial de estudio.
- Desarrollar la propuesta para el mejoramiento de la movilidad vehicular y realizar el análisis operacional con la ayuda el software especializado Vissim modelando las vías cercanas de la vía de estudio.

5. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo de la propuesta para el mejoramiento de la movilidad vehicular de la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur en la localidad de Bosa, consistió en analizar la información suministrada por la SDM tomando los datos necesarios para el estudio, sin embargo fue necesario tomar en campo los tiempos de las fases de los semáforos en las horas pico, para esto se tomaron en un lugar visible que permitiera una visión clara de la intersección y los diferentes enfoques, con la finalidad de garantizar la calidad de los datos obtenidos³⁵.

Fueron consultadas en las páginas oficiales del distrito para la toma de las mediciones de anchos de calzadas, carriles, andenes y localización de paraderos del SITP; para la reubicación de los paraderos se consultó los lineamientos establecidos en la Resolución 264 de 2015, donde se fijan las condiciones técnicas y de accesibilidad así como los criterios y procedimientos para la localización de paraderos, con la propósito de garantizar las maniobras para el ascenso y descenso de los pasajeros³⁶.

Posteriormente se realizó el cálculo de los niveles de servicio empleado la metodología para el análisis de intersección semaforizada como se muestra en la siguiente figura, una vez evaluado la capacidad vial en el área de estudio se planteó la solución para el mejoramiento de la movilidad; con la ayuda de software Vissim (Student) se realizaron dos modelaciones; una del estado actual calibrando el modelo y un modelo con el trazado del proyecto, donde se podrá evidenciar las mejoras de la movilidad vehicular.

³⁵ Thomas R Currin, Introduction to Traffic Engineering, ed. by Cengage Learning, 2nd, ilustra edn (Stamford, USA: Cengage Learning, 2012) <<https://books.google.com.co/books?id=ES80OwVBewC>>.

³⁶ Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 'Resolución 264 De 2015 De La Secretaria Distrital De Movilidad', 2015, 23 <<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=61522&dt=S>>.

Figura 10 Esquema metodológico para el análisis de intersección semaforizada



Fuente: TBR. Highway Capacity Manual. HCM. 2000

6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información suministrada por la secretaria de movilidad del estudio de tránsito del proyecto denominado Gran Plaza hilanderías desarrollado por la Constructora Concreto cuyo objetivo era mitigar los impactos causados por la demanda vehicular y peatonal del nuevo centro comercial Gran Plaza (Ver ANEXO 2), actualmente construido, este estudio fue elaborado en el año 2014 y se realizaron múltiples aforos en la zona de influencia³⁷, lugar donde se localiza la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur, analizado esta información se obtuvieron los volúmenes vehiculares de las horas de máxima demanda en los puntos de estudio, como se muestra en las siguientes tablas:

Figura 11 Localización de puntos de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

³⁷ Constructora Concreto, 'Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías', 2014, 227.

Figura 12 Transversal 80a por calle 65d sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 4 Volumen de vehicular transversal 80a por calle 65d sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
2014	9(3)	6:00	7:00	25	4	0	14	43	198
				28	5	0	14	47	
				32	2	2	24	60	
				30	1	1	16	48	
	7	6:00	7:00	18	57	2	26	103	340
				18	45	4	16	83	
				17	43	4	17	81	
				19	36	2	16	73	
	(2)	6:00	7:00	2	0	0	0	2	9
				3	0	0	2	5	
				1	0	0	0	1	
				1	0	0	0	1	

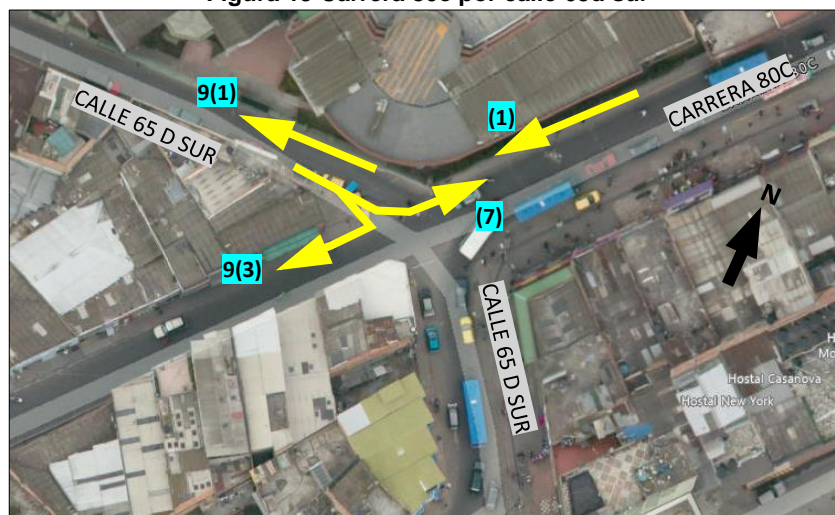
Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Tabla 5 Composición vehicular transversal 80a por calle 65d sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
9(3)	58%	6%	2%	34%
7	21%	53%	4%	22%
2	78%	0%	0%	22%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Figura 13 Carrera 80c por calle 65d sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 6 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65d sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
2014	1	18:00	19:00	51	31	5	86	173	728
				52	37	3	101	193	
				33	30	1	117	181	
				47	34	2	98	181	
	9(1)	18:00	19:00	6	1	0	18	25	125
				14	1	4	22	41	
				6	2	0	19	27	
				7	1	3	21	32	
	7	17:30	18:30	4	0	2	7	13	40
				4	0	0	1	5	
				4	0	2	6	12	
				5	0	0	5	10	
	9(3)	17:30	18:30	3	0	0	0	3	10
				4	0	0	1	5	
				0	0	0	0	0	
				1	0	1	0	2	

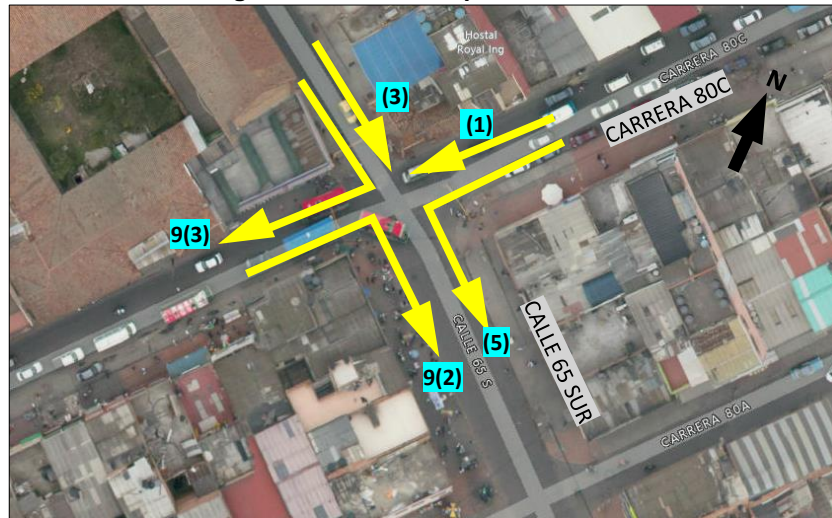
Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Tabla 7 Composición vehicular de carrera 80c por calle 65d sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
1	25%	18%	2%	55%
9(1)	26%	4%	6%	64%
7	43%	0%	10%	48%
9(3)	80%	0%	10%	10%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Figura 14 Carrera 80c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 8 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65 sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
2014	1	17:30	18:30	70	38	2	69	179	789
				103	36	1	82	222	
				82	28	3	69	182	
				96	39	5	66	206	
	5	17:30	18:30	6	0	1	3	10	43
				8	0	1	5	14	
				7	0	2	2	11	
				5	0	1	2	8	
	9(2)	17:30	18:30	4	91	1	18	114	369
				38	29	1	21	91	
				21	38	0	21	82	
				32	29	1	19	82	
	3	17:30	18:30	67	27	4	41	139	516
				63	38	7	34	142	
				64	31	5	27	127	
				52	29	2	25	108	
	9(3)	17:30	18:30	6	0	2	8	16	55
				8	0	1	7	16	
				8	0	0	5	13	
				4	0	0	6	10	

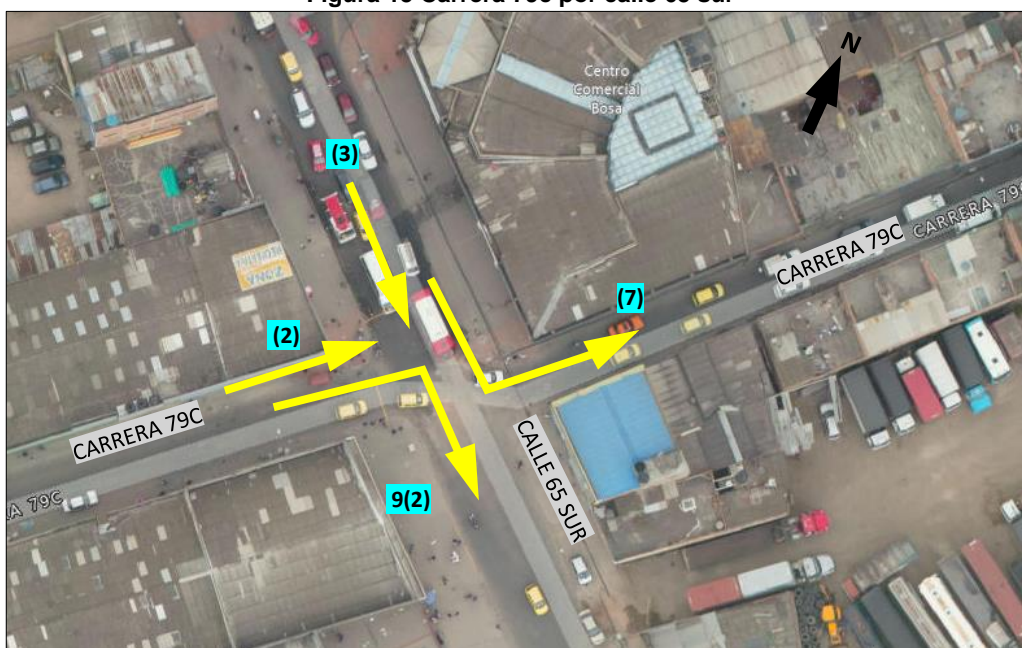
Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014.

Tabla 9 Composición vehicular carrera 80c por calle 65 sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
1	44%	18%	1%	36%
5	60%	0%	12%	28%
9(2)	26%	51%	1%	21%
3	48%	24%	3%	25%
9(3)	47%	0%	5%	47%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Concreto, 2014

Figura 15 Carrera 79c por calle 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 10 Volumen vehicular carrera 79c por calle 65 sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
2014	2	17:30	18:30	51	26	2	37	116	457
				64	23	6	34	127	
				56	23	5	26	110	
				54	29	1	20	104	
	9(2)	17:30	18:30	7	0	2	2	11	65
				9	0	1	9	19	
				10	0	0	5	15	
				11	0	1	8	20	
	3	17:30	18:30	108	48	15	88	259	1083
				100	49	12	91	252	
				93	48	12	106	259	
				119	65	13	116	313	
	7	17:30	18:30	34	18	1	24	77	304
				43	15	4	23	85	
				38	15	3	17	73	
				36	19	1	13	69	

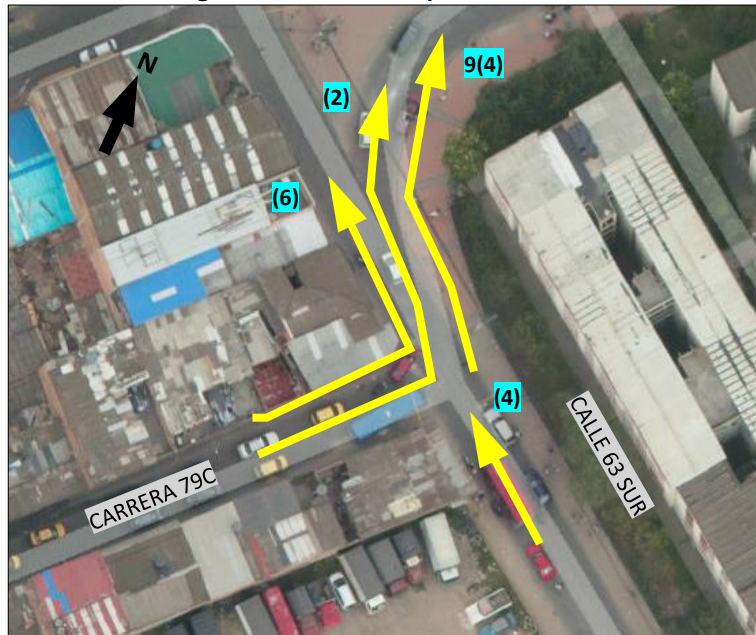
Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014.

Tabla 11 Composición vehicular carrera 79c por calle 65 sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
2	49%	22%	3%	26%
9(2)	57%	0%	6%	37%
3	39%	19%	5%	37%
7	50%	22%	3%	25%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Figura 16 Carrera 79c por calle 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 12 Volumen vehicular carrera 79c por calle 63 sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
		17:30	18:30						
2014	2	17:30	18:30	73	44	3	45	165	653
				78	38	9	41	166	
				80	38	8	34	160	
				83	48	2	29	162	
	6	17:30	18:30	12	0	0	16	28	108
				29	0	1	16	46	
				14	0	0	9	23	
				7	0	0	4	11	
	4	17:30	18:30	40	27	9	22	98	346
				33	22	8	18	81	
				33	22	8	17	80	
				34	24	10	19	87	
	9(4)	17:30	18:30	40	22	13	28	103	356
				33	18	11	23	85	
				33	17	11	23	84	
				32	19	11	22	84	

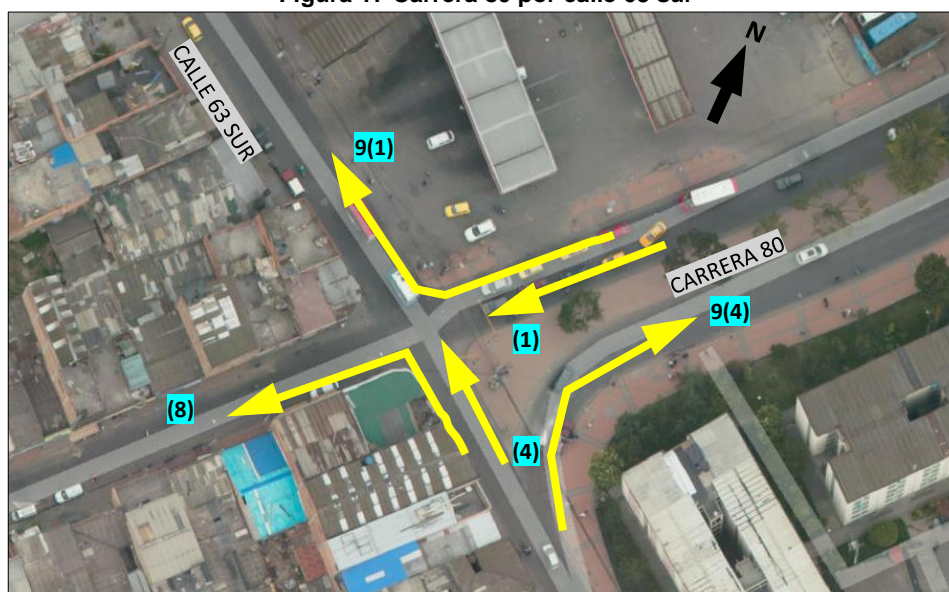
Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014.

Tabla 13 Composición vehicular carrera 79c por calle 63 sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
2	48%	26%	3%	23%
6	57%	0%	1%	42%
4	40%	27%	10%	22%
9(4)	39%	21%	13%	27%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Figura 17 Carrera 80 por calle 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 14 Volumen vehicular carrera 80 por calle 63 sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
2014	1	17:30	18:30	70	29	8	68	175	669
				73	23	4	66	166	
				68	28	2	64	162	
				72	30	5	59	166	
	9(1)	17:30	18:30	62	25	8	61	156	591
				64	21	3	59	147	
				61	24	1	56	142	
				63	26	4	53	146	
	4	17:30	18:30	51	20	3	43	117	466
				73	24	5	31	133	
				56	26	1	29	112	
				50	18	1	35	104	
	9(4)	17:30	18:30	4	1	0	3	8	34
				6	2	0	2	10	
				4	2	0	2	8	
				4	1	0	3	8	
8	17:30	18:30	29	1	3	7	40	136	
			19	4	0	9	32		
			18	5	2	8	33		
			26	0	0	5	31		

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014.

Tabla 15 Composición vehicular carrera 80 por calle 63 sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
1	42%	16%	3%	38%
9(1)	42%	16%	3%	39%
4	49%	19%	2%	30%
9(4)	53%	18%	0%	29%
8	68%	7%	4%	21%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Concreto, 2014

Figura 18 Carrera 80c por calle 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Tabla 16 Volumen vehicular carrera 80c por calle 63 sur - hora pico

Año	Movimiento	Periodo pico		Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos
2014	4	9:15	10:15	54	29	8	38	129	529
				58	36	6	40	140	
				57	33	4	30	124	
				63	38	9	26	136	
	8	9:15	10:15	70	38	2	69	179	789
				103	36	1	82	222	
				82	28	3	69	182	
				96	39	5	66	206	

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Concreto, 2014.

Tabla 17 Composición vehicular carrera 80c por calle 63 sur

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto
4	44%	26%	5%	25%
8	44%	18%	1%	36%

Fuente: Propia. A partir del Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías, Constructora Conconcreto, 2014

Actualmente sobre Carrera 80 C entre Calle 65D Sur y Calle 65 Sur existen dos paraderos del SITP en ambos costados de la calzada referenciados como Nuestra señora de Nazaret, en la Transversal 80A por Calle 65J Sur se encuentra el paradero Plaza de Mercado San Pablo I Sector, en la Transversal 80B entre Calle 65F Sur y Calle 65I Sur en el costado Occidental se localiza el paradero Jiménez de Quesada II Sector, en andén Sur de la Calle 65 Sur por Carrera 80C se encuentra el paradero BR. Brasilia la estación, en la Transversal 80A por Diagonal 66 Sur se encuentra frente al cementerio de Bosa el paradero Salón Comunal Bosa San Pablo, finalmente en la Diagonal 66 Sur por Transversal 80A se localiza el paradero Cementerio de Bosa, como se ilustra en la siguiente imagen:

Figura 19 Localización de paraderos del SITP



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

7. CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES ACTUALES

Una vez analizada la información preliminar se realizó la estimación de los volúmenes vehiculares actuales para el año 2020, teniendo en cuenta que la información obtenida es del año 2014, para esto se tomaron los factores de crecimiento para la demanda por localidad de la Secretaria de Movilidad de Bogotá, en la localidad de Bosa se tomó el 2.7% entre los años 2014 al 2017 y el 2.39% del 2018 al 2020, empleando la ecuación No. 23, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 20 Factores de crecimiento para la demanda por localidad

Localidad	Periodo			
	2013-2017	2018-2022	2023-2027	2027-2032
Usaquén	2,35%	1,98%	1,76%	1,61%
Chapinero	3,54%	3,68%	3,48%	3,33%
Santa Fe	3,32%	3,50%	3,32%	3,07%
Puente Aranda	2,03%	1,63%	1,44%	1,30%
Usme	3,43%	3,40%	3,18%	3,01%
Tunjuelito	2,39%	2,05%	1,84%	1,66%
Bosa	2,70%	2,39%	2,16%	1,99%
Kennedy	3,00%	2,87%	2,67%	2,46%
Fontibón	2,76%	2,46%	2,23%	2,06%
Engativá	2,98%	2,86%	2,64%	2,49%
Suba	3,23%	3,17%	2,95%	2,78%
Barrios Unidos	3,14%	3,09%	2,90%	2,76%
Teusaquillo	2,61%	2,32%	2,11%	1,95%
Los Mártires	3,04%	2,99%	2,80%	2,66%
Antonio Nariño	2,66%	2,41%	2,21%	2,00%
La Candelaria	2,73%	2,57%	2,31%	2,12%
Rafael Uribe	3,05%	2,57%	2,31%	2,12%
Ciudad Bolívar	2,47%	2,51%	2,30%	2,11%
Bogotá	2,71%	2,43%	2,21%	2,05%
Promedio Localidades	2,85%	2,66%	2,45%	2,28%

Fuente: Secretaria de Movilidad de Bogotá (SDM), 2014.

Teniendo en cuenta lo anterior fueron estimados los volúmenes vehiculares para el año 2020 de vía de estudio y las vías cercanas, como muestra en las siguientes tablas:

Tabla 18 Volumen de vehicular transversal 80a por calle 65d sur – 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020
9(3)	29	5	0	16	50	230
	33	6	0	16	55	
	37	2	2	28	70	
	35	1	1	19	56	
7	21	66	2	30	120	395
	21	52	5	19	97	
	20	50	5	20	94	
	22	42	2	19	85	
2	2	0	0	0	2	10
	3	0	0	2	6	
	1	0	0	0	1	
	1	0	0	0	1	

Fuente: Propia.

Tabla 19 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65d sur – 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020
1	59	36	6	100	201	846
	60	43	3	117	224	
	38	35	1	136	210	
	55	40	2	114	210	
9(1)	7	1	0	21	29	145
	16	1	5	26	48	
	7	2	0	22	31	
	8	1	3	24	37	
7	5	0	2	8	15	47
	5	0	0	1	6	
	5	0	2	7	14	
	6	0	0	6	12	
9(3)	3	0	0	0	3	12
	5	0	0	1	6	
	0	0	0	0	0	
	1	0	1	0	2	

Fuente: Propia.

Tabla 20 Volumen vehicular carrera 80c por calle 65 sur – 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020	FHMD
1	81	44	2	80	208	917	0.89
	120	42	1	95	258		
	95	33	3	80	212		
	112	45	6	77	240		
5	7	0	1	3	12	50	0.77
	9	0	1	6	16		
	8	0	2	2	13		
	6	0	1	2	9		
9(2)	5	106	1	21	133	423	0.80
	44	34	1	24	103		
	24	44	0	24	93		
	37	34	1	22	94		
3	78	31	5	48	162	600	0.91
	73	44	8	40	165		
	74	36	6	31	148		
	60	34	2	29	126		
9(3)	7	0	2	9	19	64	0.86
	9	0	1	8	19		
	9	0	0	6	15		
	5	0	0	7	12		

Fuente: Propia.

Tabla 21 Volumen vehicular carrera 79c por calle 65 sur - 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020	FHMD
2	59	30	2	43	135	531	0.90
	74	27	7	40	148		
	65	27	6	30	128		
	63	34	1	23	121		
9(2)	8	0	2	2	13	76	0.82
	10	0	1	10	22		
	12	0	0	6	17		
	13	0	1	9	23		
3	126	56	17	102	301	1259	0.86
	116	57	14	106	293		
	108	56	14	123	301		
	138	76	15	135	364		
7	40	21	1	28	90	353	0.89
	50	17	5	27	99		
	44	17	3	20	85		
	42	22	1	15	80		

Fuente: Propia.

Tabla 22 Volumen vehicular carrera 79c por calle 63 sur – 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020	FHMD
2	85	51	3	52	192	759	0.98
	91	44	10	48	193		
	93	44	9	40	186		
	97	56	2	34	188		
6	14	0	0	19	33	126	0.59
	34	0	1	19	53		
	16	0	0	10	27		
	8	0	0	5	13		
4	47	31	10	26	114	402	0.88
	38	26	9	21	94		
	38	26	9	20	93		
	40	28	12	22	101		
9(4)	47	26	15	33	120	414	0.86
	38	21	13	27	99		
	38	20	13	27	98		
	37	22	13	26	98		

Fuente: Propia.

Tabla 23 Volumen vehicular carrera 80 por calle 63 sur – 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020	FHMD
1	81	34	9	79	203	778	0.96
	85	27	5	77	193		
	79	33	2	74	188		
	84	35	6	69	193		
9(1)	72	29	9	71	181	687	0.95
	74	24	3	69	171		
	71	28	1	65	165		
	73	30	5	62	170		
4	59	23	3	50	136	542	0.88
	85	28	6	36	155		
	65	30	1	34	130		
	58	21	1	41	121		
9(4)	5	1	0	3	9	40	0.86
	7	2	0	2	12		
	5	2	0	2	9		
	5	1	0	3	9		
8	34	1	3	8	47	158	0.85
	22	5	0	10	37		
	21	6	2	9	38		
	30	0	0	6	36		

Fuente: Propia.

Tabla 24 Volumen vehicular carrera 80c por calle 63 sur – 2020

Movimiento	Liviano	Bus	Camión	Moto	Mixtos	Mixtos 2020
4	63	34	9	44	150	615
	67	42	7	47	163	
	66	38	5	35	144	
	73	44	10	30	158	
8	81	44	2	80	208	917
	120	42	1	95	258	
	95	33	3	80	212	
	112	45	6	77	240	

Fuente: Propia.

7.1. ANÁLISIS FLUJO VEHICULAR EN INTERSECCIONES

Posteriormente determinada las condiciones actuales de los vehículos que transitan sobre la vía de estudio y las vías cercanas fue calculado la capacidad vial y el nivel de servicio para las intersecciones semaforizadas, teniendo en cuenta las condiciones geométricas del sector, aplicando la metodología del numeral 2.4.1, para el análisis de intersecciones semaforizadas (Ver ANEXO 3).

7.1.1. Intersección Semaforizada Carrera 80C por Calle 65 sur

La intersección de la Carrera 80C por Calle 65 Sur presenta en nivel de servicio F donde se evidencia que en las horas pico comprendidas entre las 17:30 y 18:30 la operación se encuentra saturada, para los movimientos 9(2), 3 y 9(3) presentan un nivel de servicio F y para movimientos 1 y 5 presenta nivel de servicio C, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 25 Modelo ajuste de volúmenes kr 80 c por cl 65 sur

Nodo	Accesos	Norte		Sur	Occidente	
KR 80C X CL 65 SUR	Sentido Flujo vehicular	1	5	9(2)	3	9(3)
	Movimientos	TH	LT	RT	TH	RT
	Volúmenes: (veh/h)	917	50	423	600	64
	FHMD	0.89	0.77	0.80	0.91	0.86
	Flujo ajustado: V_p (veh/h)	1033	65	530	660	74
	Grupo de carriles	T	L	R	TR	-
	Número de carriles: N	1	1	1	2	-
	Flujo del grupo: v_i (veh/h)	1033	65	530	734	-
	Proporción de vueltas: P_{LY} o P_{RT}	0	1	0	0.05	-

Fuente: Propia.

Tabla 26 Modelo flujo de saturación kr 80c por cl 65 sur

Accesos	Norte		Sur	Occidente
	Sentido del flujo vehicular	1	5	9(2)
Grupo de carriles	T	L	R	TR
Número de carriles: N	2	1	1	2
Ancho carril: W (m)	3.71	3.71	3.82	3.5
Flujo de saturación base: S_o (autos/h verde/carril)	1900	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carriles: F_w	1.01	1.01	1.02	0.99
Factor de ajuste por vehículos pesados: f_{HV}	1.000	0.998	1.000	0.999
Factor de ajuste por pendiente del acceso: f_g	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento: f_p	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por bloqueo de buses: f_{bb}	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por tipo de área: f_a	0.90	0.90	0.90	0.90
Factor de ajuste por utilización de carriles: f_{LU}	1.0	1.0	1.0	0.56
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda: f_{LT}	1.0	1.00	1.0	1.0
Factor de ajuste por vueltas a la derecha: f_{RT}	1.0	1.0	0.85	0.99
Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas: f_{Lpd}	1.0	1.0	1.0	1.0
Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas: f_{Rpb}	1.0	1.0	1.0	0.98
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	3461	1728	1489	1837

Fuente: Propia.

Tabla 27 Modelo análisis de capacidad kr 80 c por cl 65 sur

Accesos	Norte		Sur	Occidente
	Sentido del flujo vehicular	1	5	9(2)
Grupo de carriles	T	L	R	TR
Número de fase: ϕ_i	1	2	3	4
Tipo de fase: P= Prefijada, A= Accionada	P	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	1033	65	530	734
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	3461	1728	1489	1837
Tiempo en verde efectivo: g_i (s)	74	27	23	32
Relación de verde: g_i/C	0.53	0.19	0.16	0.23
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	1829	333	245	420
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	0.56	0.20	2.16	1.75
Relación de flujo: V_i / S_i	0.30	0.04	0.36	0.40
Grupo de carriles crítico por fase:	✓		✓	✓

Fuente: Propia.

Tabla 28 Modelo nivel de servicio kr 80c por cl 65 sur

Accesos	Norte		Sur	Occidente
Sentido del flujo vehicular	1	5	9(2)	3 - 9(3)
Grupo de carriles	T	L	R	TR
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	1033	65	530	734
Relación de verde: g_i/C	0.53	0.19	0.16	0.23
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	1829	333	245	420
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	0.56	0.20	2.16	1.75
Demora uniforme: d_1 (s/veh)	22	47	59	54
Demora incremental: d_2 (s/veh)	1	1	535	345
Demora por cola inicial: d_3 (s/veh)	0	0	0	0
Demora media por control del grupo: d_i (s/veh)	23	48	594	399
Nivel de servicio del grupo de carriles	C	D	F	F
Demora por Acceso (d_A)	25		594	399
Nivel de servicio por Acceso	C		F	F
Demora en toda la Intersección (d_i)	269			
Nivel de servicio por Intersección	F			

Fuente: Propia.

7.1.2. Intersección Semaforizada Carrera 79C por Calle 65 sur

La intersección de la Carrera 79C por Calle 65 sur presenta en nivel de servicio E donde se evidencia que en las horas pico comprendidas entre las 17:30 y 18:30 la operación se encuentra al límite aceptable de demoras, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 29 Modelo ajuste de volúmenes kr 79c por cl 65 sur

NODO	Accesos	Sur		Occidente	
KR 79C X CL 65 SUR	Sentido Flujo vehicular	2	9(2)	3	7
	Movimientos	TH	RT	TH	LT
	Volúmenes: (veh/h)	531	76	1259	353
	FHMD	0.90	0.82	0.86	0.89
	Flujo ajustado: V_p (veh/h)	591	93	1456	395
	Grupo de carriles	TR	-	T	L
	Número de carriles: N	2	-	2	1
	Flujo del grupo: v_i (veh/h)	684	-	1456	395
	Proporción de vueltas: P_{LY} o P_{RT}	0.12	-	1.00	1.00

Fuente: Propia.

Tabla 30 Modelo flujo de saturación kr 79c por cl 65 sur

Accesos	Sur	Occidente	
Sentido del flujo vehicular	2- 9(2)	3	7
Grupo de carriles	TR	T	L
Número de carriles: N	2	2	1
Ancho carril: W (m)	3.06	3.52	3.52
Flujo de saturación base: S_o (autos/h verde/carril)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carriles: F_w	0.94	0.99	0.99
Factor de ajuste por vehículos pesados: f_{HV}	1.000	1.00	1.000
Factor de ajuste por pendiente del acceso: f_g	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento: f_p	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por bloqueo de buses: f_{bb}	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por tipo de área: f_a	0.90	0.90	0.90
Factor de ajuste por utilización de carriles: f_{LU}	0.6	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda: f_{LT}	1.0	1.00	1.0
Factor de ajuste por vueltas a la derecha: f_{RT}	0.98	1.00	1.00
Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas: f_{Lpd}	1.0	1.00	1.0
Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas: f_{Rpb}	1.0	1.00	1.00
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	1825	3386	1693

Fuente: Propia.

Tabla 31 Modelo análisis de capacidad kr 79c por cl 65 sur

Accesos	Sur	Occidente	
Sentido del flujo vehicular	2- 9(2)	3	7
Grupo de carriles	TR	T	L
Número de fase: ϕ_i	1	2	3
Tipo de fase: P= Prefijada, A= Accionada	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	684	1456	395
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	1825	3386	1693
Tiempo en verde efectivo: g_i (s)	40	50	50
Relación de verde: g_i/C	0.34	0.42	0.42
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	613	1423	711
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	1.12	1.02	0.56
Relación de flujo: V_i / S_i	0.37	0.43	0.23
Grupo de carriles crítico por fase:	✓	✓	✓

Fuente: Propia.

Tabla 32 Modelo nivel de servicio kr 79c por cl 65 sur

Accesos	Sur		Occidente	
Sentido del flujo vehicular	2- 9(2)		3	7
Grupo de carriles	TR		T	L
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	684		1456	395
Relación de verde: g_i/C	0.34		0.42	0.42
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	613		1423	711
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	1.12		1.02	0.56
Demora uniforme: d_1 (s/veh)	40		35	26
Demora incremental: d_2 (s/veh)	70		30	3
Demora por cola inicial: d_3 (s/veh)	0		0	0
Demora media por control del grupo : d_i (s/veh)	110		65	29
Nivel de servicio del grupo de carriles	F		E	C
Demora por Acceso (d_A)	110		57	
Nivel de servicio por Acceso	F		E	
Demora en toda la Intersección (d_i)			71	
Nivel de servicio por Intersección			E	

Fuente: Propia.

7.1.3. Intersección Semaforizada Carrera 79C por Calle 63 sur

La intersección de la Carrera 79C por Calle 63 sur presenta en nivel de servicio D en las horas pico comprendidas entre las 17:30 y 18:30 la operación se encuentra con una densidad elevada pero estable, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 33 Modelo ajuste de volúmenes kr 79c por cl 63 sur

NODO	Accesos	Sur		Occidente	
KR 79C X CL 63 SUR	Sentido Flujo vehicular	2	6	4	9(4)
	Movimientos	LT	LT	TH	TR
	Volúmenes: (veh/h)	759	126	402	414
	FHMD	0.98	0.59	0.88	0.86
	Flujo ajustado: V_p (veh/h)	772	214	456	479
	Grupo de carriles	L	-	T	R
	Número de carriles: N	2	-	1	1
	Flujo del grupo: v_i (veh/h)	986	-	456	479
	Proporción de vueltas: P_{LY} o P_{RT}	0.14	-	1.00	1.00

Fuente: Propia.

Tabla 34 Modelo flujo de saturación kr 79c por cl 63 sur

Accesos	Sur	Occidente	
Sentido del flujo vehicular	2-6	4	9(4)
Grupo de carriles	L	T	R
Número de carriles: N	2	1	1
Ancho carril: W (m)	3	3.40	3.40
Flujo de saturación base: S_o (autos/h verde/carril)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carriles: F_w	0.93	0.977	0.98
Factor de ajuste por vehículos pesados: f_{HV}	1.000	0.999	0.998
Factor de ajuste por pendiente del acceso: f_g	1.00	1.000	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento: f_p	1.00	1.000	1.00
Factor de ajuste por bloqueo de buses: f_{bb}	1.00	1.000	1.00
Factor de ajuste por tipo de área: f_a	0.90	0.90	0.90
Factor de ajuste por utilización de carriles: f_{LU}	0.6	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda: f_{LT}	1.0	1.00	1.0
Factor de ajuste por vueltas a la derecha: f_{RT}	1.00	1.00	0.95
Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas: f_{Lpd}	1.0	1.00	1.0
Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas: f_{Rpb}	1.0	1.00	1.00
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	2038	1669	1585

Fuente: Propia.

Tabla 35 Modelo análisis de capacidad kr 79c por cl 63 sur

Accesos	Sur	Occidente	
Sentido del flujo vehicular	2-6	4	9(4)
Grupo de carriles	L	T	R
Número de fase: ϕ_i	1	2	3
Tipo de fase: P= Prefijada, A= Accionada	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	986	456	479
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	2038	1669	1585
Tiempo en verde efectivo: g_i (s)	85	26	98
Relación de verde: g_i/C	0.71	0.22	0.82
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	1444	362	1294
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	0.68	1.26	0.37
Relación de flujo: V_i / S_i	0.48	0.27	0.30
Grupo de carriles crítico por fase:	✓	✓	✓

Fuente: Propia.

Tabla 36 Modelo nivel de servicio kr 79c por cl 63 sur

Accesos	Sur	Occidente	
Sentido del flujo vehicular	2-6	4	9(4)
Grupo de carriles	L	T	R
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	986	456	479
Relación de verde: g_i/C	0.71	0.22	0.82
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	1444	362	1294
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	0.68	1.26	0.37
Demora uniforme: d_1 (s/veh)	10	47	3
Demora incremental: d_2 (s/veh)	2	135	1
Demora por cola inicial: d_3 (s/veh)	0	0	0
Demora media por control del grupo: d_i (s/veh)	12	182	4
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	F	A
Demora por Acceso (d_A)	12	91	
Nivel de servicio por Acceso	B	F	
Demora en toda la Intersección (d_i)	50		
Nivel de servicio por Intersección	D		

Fuente: Propia.

7.1.4. Intersección Semaforizada Carrera 80 por Calle 63 sur

La intersección de la Carrera 80 por Calle 63 sur presenta en nivel de servicio F en las horas pico comprendidas entre las 17:30 y 18:30 la operación se encuentra saturada, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 37 Modelo ajuste de volúmenes kr80 por cl 63 sur

NODO	Accesos	Norte		Oriental		
KR 80 X CL 63 SUR	Sentido Flujo vehicular	1	9(1)	4	9(4)	8
	Movimientos	TH	RT	TH	RT	LT
	Volúmenes: (veh/h)	778	687	542	40	158
	FHMD	0.96	0.95	0.88	0.86	0.85
	Flujo ajustado: V_p (veh/h)	814	726	619	47	186
	Grupo de carriles	TR	-	TR	-	L
	Número de carriles: N	2	-	1	-	1
	Flujo del grupo: v_i (veh/h)	1540	-	666	-	186
	Proporción de vueltas: $P_{LY} \text{ O } P_{RT}$	0.47	-	1.00		1.00

Fuente: Propia.

Tabla 38 Modelo flujo de saturación kr80 por cl 63 sur

Accesos	Norte	Oriente	
		EW-EN	8
Sentido del flujo vehicular	NS-NW	EW-EN	8
Grupo de carriles	TR	TR	L
Número de carriles: N	2	1	1
Ancho carril: W (m)	4.38	3.41	3.41
Flujo de saturación base: S_o (autos/h verde/carril)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carriles: F_w	1.09	0.979	0.98
Factor de ajuste por vehículos pesados: f_{HV}	1.000	1.00	0.999
Factor de ajuste por pendiente del acceso: f_g	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento: f_p	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por bloqueo de buses: f_{bb}	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por tipo de área: f_a	0.90	0.90	0.90
Factor de ajuste por utilización de carriles: f_{LU}	0.9	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda: f_{LT}	1.0	1.00	1.0
Factor de ajuste por vueltas a la derecha: f_{RT}	0.93	0.85	1.00
Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas: f_{Lpd}	1.0	1.00	1.0
Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas: f_{Rpb}	1.0	1.00	1.00
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	3265	1422	1673

Fuente: Propia.

Tabla 39 Modelo análisis de capacidad kr80 por cl 63 sur

Accesos	Sur	Occidente	
		EW-EN	8
Sentido del flujo vehicular	NS-NW	EW-EN	8
Grupo de carriles	TR	TR	L
Número de fase: ϕ_i	1	2	3
Tipo de fase: P= Prefijada, A= Accionada	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	1540	666	186
Flujo de saturación ajustado: S_i (veh/h verde)	3265	1422	1673
Tiempo en verde efectivo: g_i (s)	46	36	36
Relación de verde: g_i/C	0.38	0.30	0.30
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	1252	427	502
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	1.23	1.56	0.37
Relación de flujo: V_i / S_i	0.47	0.47	0.11
Grupo de carriles crítico por fase:	✓	✓	✓

Fuente: Propia.

Tabla 40 Modelo nivel de servicio kr80 por cl 63 sur

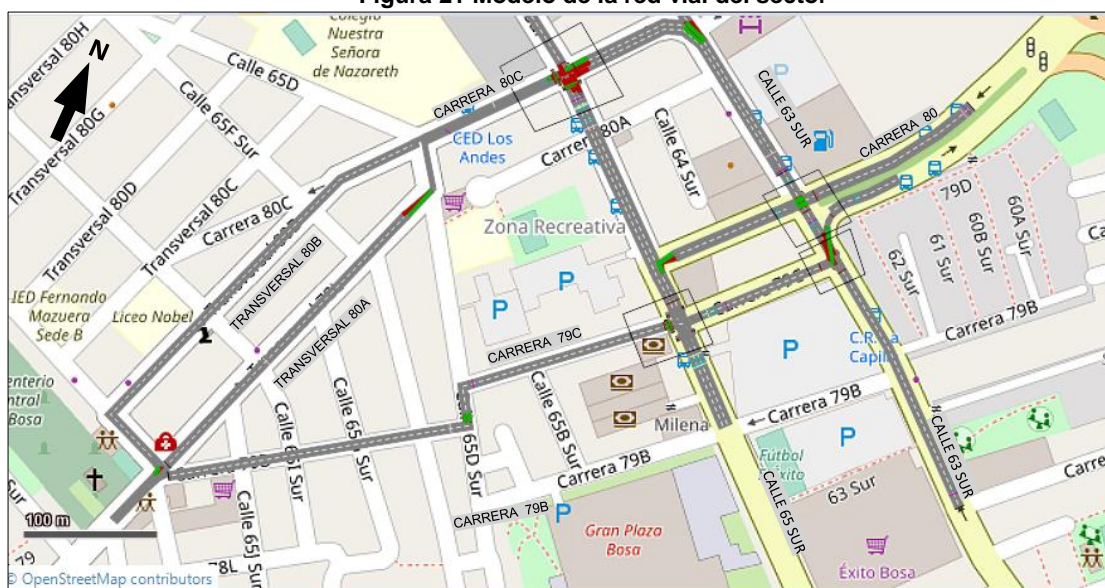
Accesos	Sur	Occidente	
	Sentido del flujo vehicular	NS-NW	EW-EN
Grupo de carriles	TR	TR	L
Tasa de flujo ajustado del grupo: V_i (veh/h)	1540	666	186
Relación de verde: g_i/C	0.38	0.30	0.30
Capacidad de grupo de carriles: C_i (veh/h)	1252	427	502
Relación volumen a capacidad: $X_i = V_i / C_i$	1.23	1.56	0.37
Demora uniforme: d_1 (s/veh)	37	42	33
Demora incremental: d_2 (s/veh)	110	262	2
Demora por cola inicial: d_3 (s/veh)	0	0	0
Demora media por control del grupo: d_i (s/veh)	147	304	35
Nivel de servicio del grupo de carriles	F	F	C
Demora por Acceso (d_A) (s/veh)	147	245	
Nivel de servicio por Acceso	F	F	
Demora en toda la Intersección (d_i) (s/veh)	182		
Nivel de servicio por Intersección	F		

Fuente: Propia.

7.2. MODELACIÓN DE CONDICIONES ACTUALES

Los parámetros de entrada en el modelo consistió en tomar los volúmenes vehiculares de las horas pico del presente año, las condiciones geométricas de las vías, la composición vehicular y los ciclos de las intersecciones semaforizadas, fue modelado la vía de estudio junto con la red vial cercana simulando el comportamiento vehicular actual con la ayuda de Vissim (Student) V10 (Ver ANEXO 4), como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21 Modelo de la red vial del sector



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

En la siguiente figura muestra los volúmenes vehiculares mixtos ingresados al modelo:

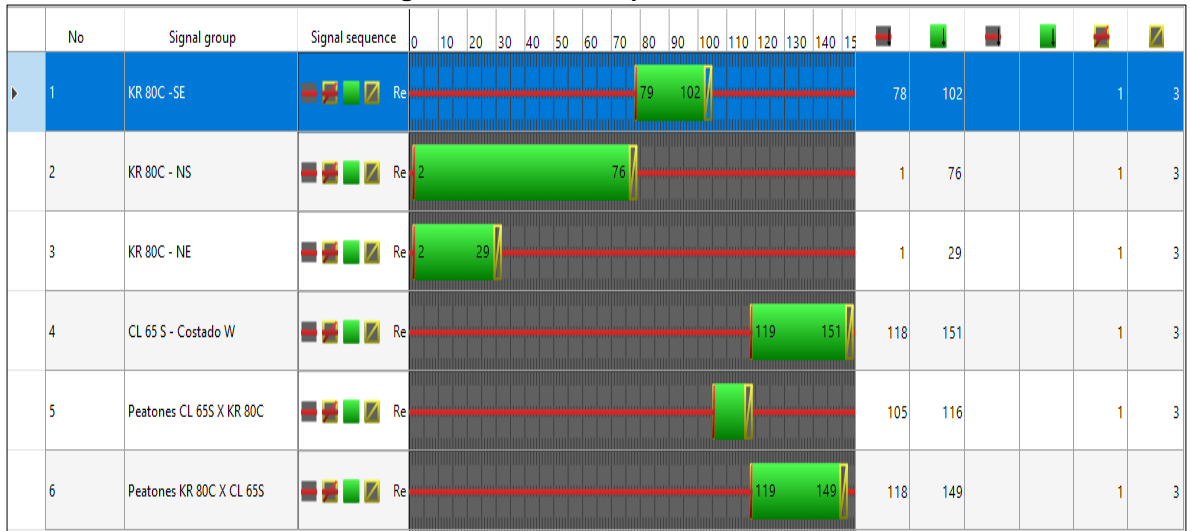
Figura 22 Volúmenes vehiculares mixtos

Count:	N	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	3		1: CL 65S - costado W	700.0	3: CL 65S - costado W
2	5		4: KR80C - Sendero EW	385.0	5: Peatones KR 80C X CL 6...
3	6		25: KR80C - Sendero WE	268.0	5: Peatones KR 80C X CL 6...
4	7		27: CL 65S - Sendero NS	385.0	5: Peatones KR 80C X CL 6...
5	8		26: CL 65S - Sendero SN	268.0	5: Peatones KR 80C X CL 6...
6	9		3: TV 78L	423.0	2: KR 80C -SE
7	11		8: KR 79B	607.0	6: KR 79C - costado S
8	12		15: KR 80 - costado W	778.0	7: KR 80 - costado N
9	13		17: CL 63 - costado E	1102.0	8: CL 63 - costado E
10	14		22: Peatones - KR 79C X CL65S EW	346.0	9: Peatones KR 79C X CL 6...
11	15		28: Peatones - KR 79C X CL65S WE	540.0	9: Peatones KR 79C X CL 6...
12	16		29: Peatones - CL65S X KR 79C- SN	77.0	9: Peatones KR 79C X CL 6...
13	17		30: Peatones - CL65S X KR 79C- NS	129.0	9: Peatones KR 79C X CL 6...
14	18		32: Peatones - CL65S X KR 79C- NS - Costado W	129.0	9: Peatones KR 79C X CL 6...
15	19		31: Peatones - CL65S X KR 79C- SN - Costado W	77.0	9: Peatones KR 79C X CL 6...
16	20		10: CL63S X KR 80C	1532.0	4: CL 63 X KR80C

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

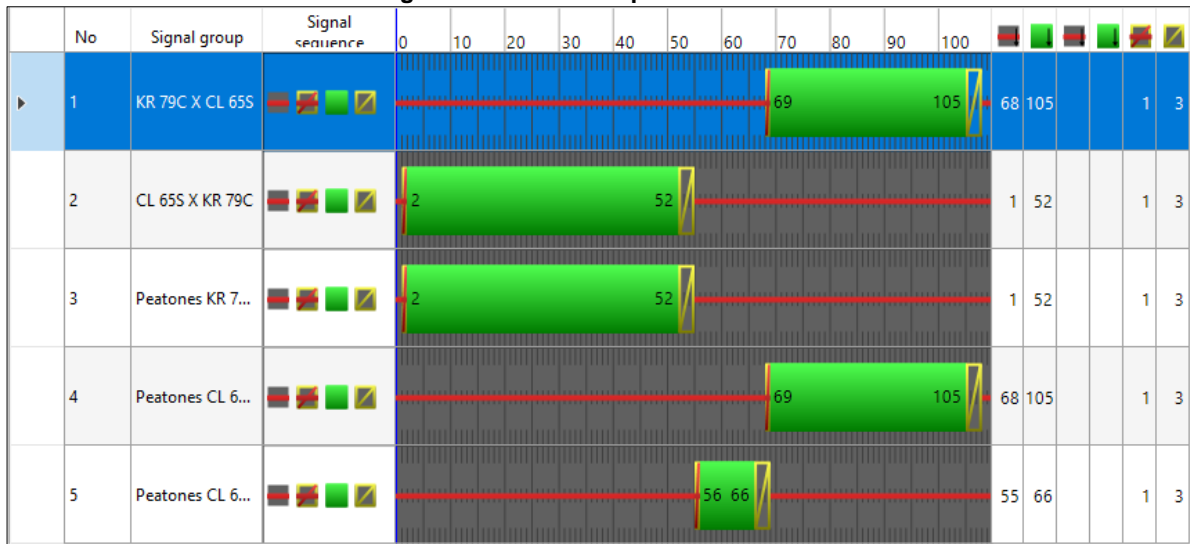
En las siguientes figuras se muestra los tiempos de las fases en verde, amarillo y rojo tomados en campo en las horas pico a partir de las 17:30 a las 18:30, ingresadas al modelo para cada una de las intersecciones analizadas en el anterior numeral.

Figura 23 Carrera 80c por calle 65 sur



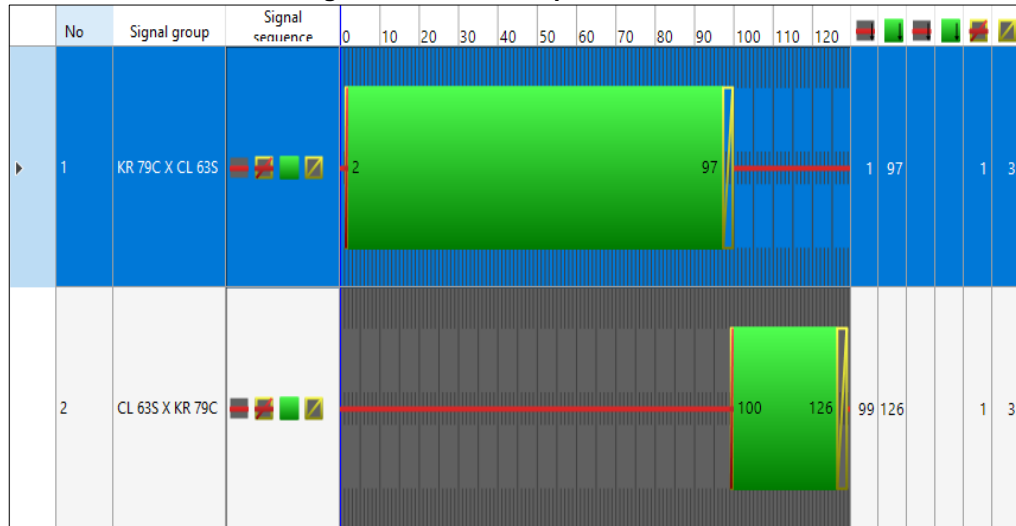
Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 24 Carrera 79c por calle 65 sur



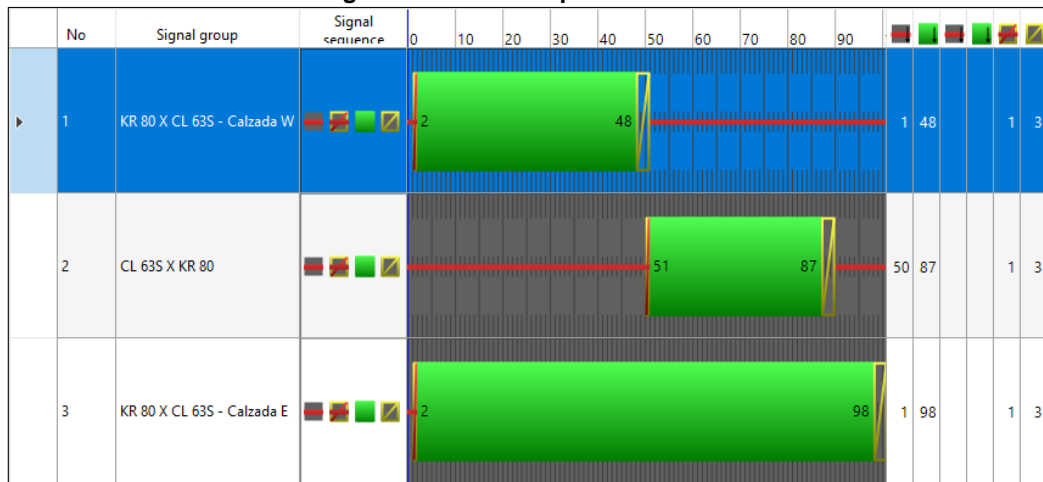
Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 25 Carrera 79c por calle 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 26 Carrera 80 por calle 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

7.2.1. Calibración del Modelo

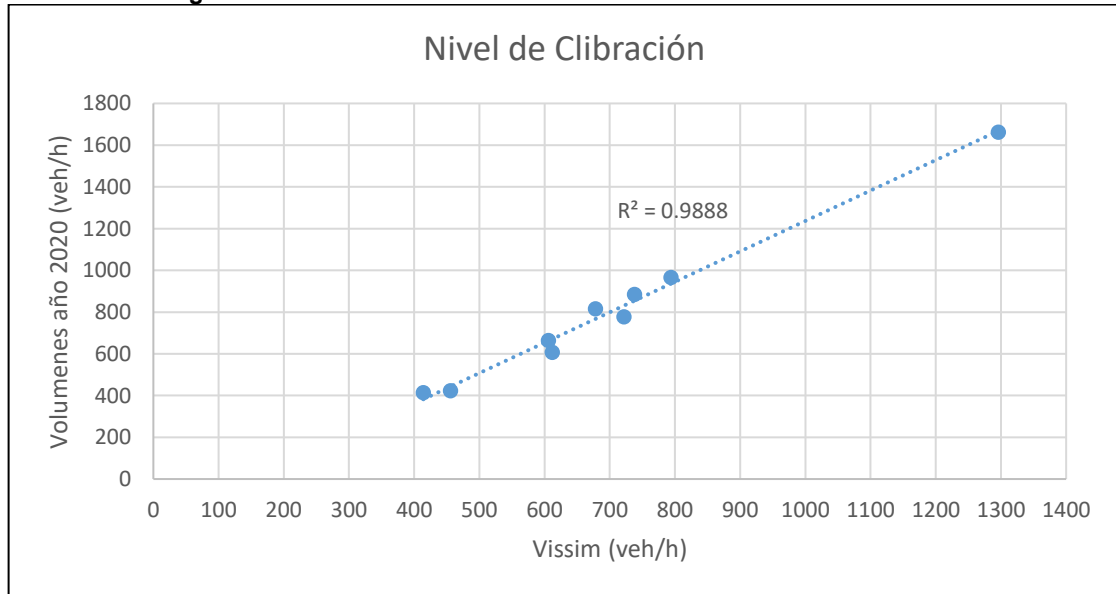
Tomando los volúmenes vehiculares del modelo vs los volúmenes extraídos de las horas pico de los accesos a la red, fue empleada la metodología de calibración con la ecuación 24 (Ver ANEXO 3), donde se obtuvo los siguientes volúmenes vehiculares:

Tabla 41 Calibración del modelo geh

Nodo	Accesos	Volumen 2020	Vissim	GEH
No. 1 -KR 80C X CL 65 SUR	S	423	456	1.6
	N	967	794	5.8
	W	664	606	2.3
No. 2 - KR 79C X CL 65 SUR	S	607	612	0.2
	W	1663	1296	9.5
No. 3 - KR 79C X CL 63 SUR	S	885	738	5.2
	E	816	678	5.0
No. 4 - KR 80 X CL 63 SUR	N	778	722	2.0
	S	414	414	0.0
			GEH promedio	3.5

Fuente: Propia.

Figura 27 Nivel de confianza de la modelación – condiciones actuales



Fuente: Propia.

De esta manera fue comprobada la calibración del modelo obteniendo un GEH de $3.5 < 5$ la cual se encuentra dentro de los valores de aceptación, de igual forma se realizó una correlación lineal de los volúmenes simulados y los volúmenes del año 2020 obteniendo un buen nivel de confianza del 98.8%; de esta manera es simulada la situación actual de la condición operacional de la Carrea 80C entre Calle 65D sur y Calle 65 Sur junto con la red de semaforización cercana.

7.2.2. Análisis Operacional del Modelo – Situación Actual

Los resultados obtenidos en las intersecciones semaforizadas de la modelación presentaron los siguientes resultados:

Figura 28 Análisis operacional actual de carrera 80c por calle 65 sur

Count: 26	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
1	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 1: CL 65S - costado W@106.2 - 2: CL 65S - costado E@27.5	68.70	138.61	73	73	LOS_E
2	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 1: CL 65S - costado W@106.2 - 7: KR 80C - Costado S@36.4	68.70	138.61	7	7	LOS_F
3	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 5: KR 80C -9(2)@114.1 - 2: CL 65S - costado E@27.5	154.05	301.39	39	39	LOS_F
4	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 6: KR 80C -Costado N@68.5 - 2: CL 65S - costado E@27.5	147.94	268.62	11	11	LOS_E
5	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 6: KR 80C -Costado N@68.5 - 7: KR 80C - Costado S@36.4	149.27	252.40	108	108	LOS_F
6	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S	133.85	301.39	238	238	LOS_F

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 29 Análisis operacional actual de carrera 79c por calle 65 sur

Count: 26	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
7	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 13: KR 79C - costado S@128.2 - 14: KR 79C - costado N@7.0	18.01	63.12	81	81	LOS_C
8	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 13: KR 79C - costado S@128.2 - 33: CL 65S - KR 79C - Costado E@41.6	18.01	63.12	10	10	LOS_D
9	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 10014@17.2 - 33: CL 65S - KR 79C - Costado E@41.6	82.87	170.66	173	173	LOS_C
10	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 10014@17.2 - 10027@26.8	82.87	170.66	42	42	LOS_B
11	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S	50.44	170.66	306	306	LOS_C

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 30 Análisis operacional actual de carrera 79c por calle 63 sur

Count: 26	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
12	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 14: KR 79C - costado N@94.3 - 10008@24.8	3.97	44.19	22	22	LOS_B
13	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 14: KR 79C - costado N@94.3 - 10012@25.8	6.75	53.72	96	96	LOS_A
14	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 14: KR 79C - costado N@94.3 - 10028@21.8	6.75	53.72	0	0	LOS_A
15	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 17: CL 63 - costado E@188.7 - 10011@24.0	158.86	204.17	39	39	LOS_F
16	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 17: CL 63 - costado E@188.7 - 10032@23.3	158.86	204.17	41	41	LOS_F
17	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S	56.52	204.17	198	198	LOS_E

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 31 Análisis operacional actual de carrera 80 por calle 63 sur

Count: 26	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
18	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 15; KR 80 - costado W@122.8 - 16; KR 80 - costado S@13.5	42.18	103.39	100	100	LOS_D
19	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10008@29.5 - 16; KR 80 - costado S@13.5	31.92	64.66	5	5	LOS_C
20	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10008@29.5 - 18; CL 63 - costado E@7.2	31.92	64.66	16	16	LOS_D
21	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10011@28.7 - 16; KR 80 - costado S@13.5	31.92	64.66	5	5	LOS_F
22	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10011@28.7 - 18; CL 63 - costado E@7.2	31.92	64.66	21	21	LOS_D
23	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10012@30.6 - 20; KR 80 - Calzada E@9.0	0.02	5.72	96	96	LOS_A
24	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10028@27.1 - 20; KR 80 - Calzada E@9.0	0.02	5.72	0	0	LOS_A
25	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10032@28.3 - 20; KR 80 - Calzada E@9.0	0.02	5.72	41	41	LOS_A
26	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S	24.71	103.39	284	284	LOS_C

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

La siguiente tabla muestra el resumen de los niveles de servicio y la longitud de colas máximas para cada uno de los movimientos obtenidos de la modelación:

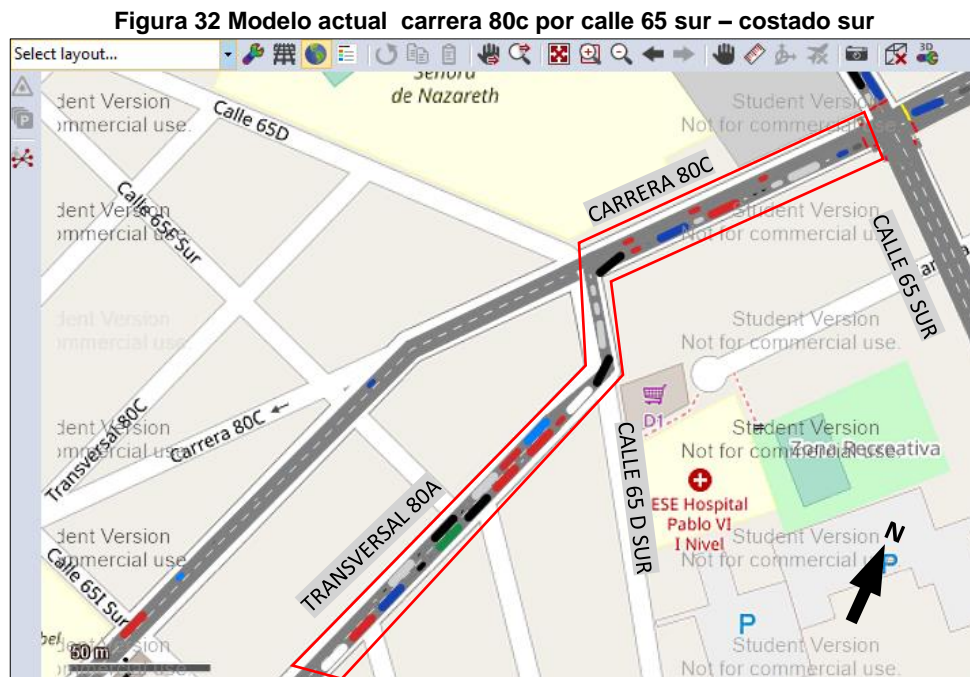
Tabla 42 Resumen análisis operacional - situación actual

Nodo	Movimientos	Nivel de servicio	Longitud máxima de cola (QLenMax) (m)
No. 1 - KR 80C X CL 65 SUR	1	F	252.40
	5	E	268.62
	9(2)	F	301.39
	3	E	138.61
	9(3)	F	138.61
No. 2 - KR 79C X CL 65 SUR	2	C	63.12
	9(2)	D	63.12
	3	C	170.66
	7	B	170.66
No. 3 - KR 79C X CL 63 SUR	2	A	53.72
	6	B	53.72
	4	F	204.17
	9(4)	F	204.17
No. 4 - KR 80 X CL 63 SUR	1	D	103.39
	4	D	64.66
	8	F	64.66

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

7.2.3. Análisis de la Modelación – Situación Actual

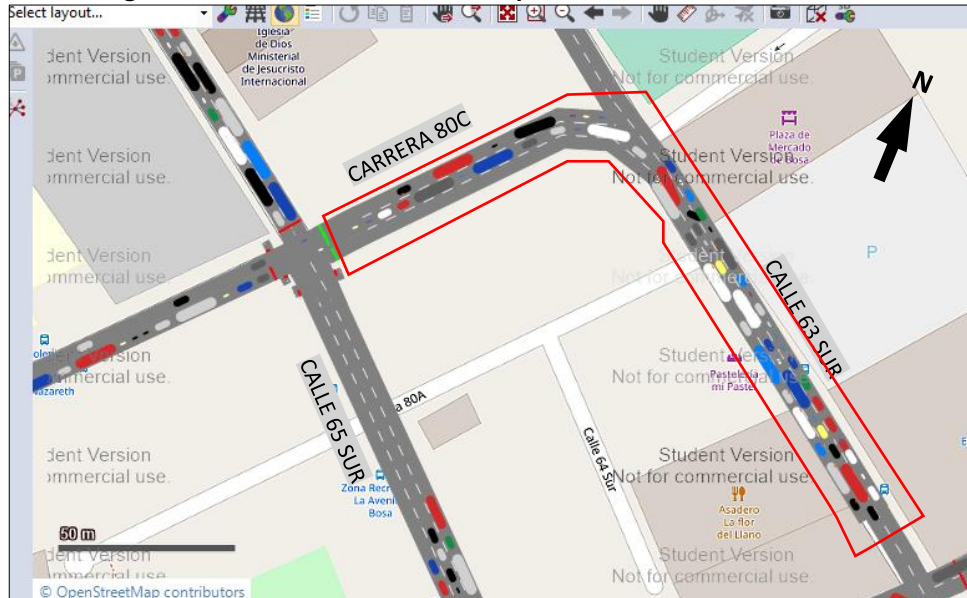
En la intersección de Carrera 80C por Calle 65 Sur presenta un nivel de servicio F, en el movimiento 9(2) presenta un nivel de servicio F con una longitud de cola máxima (QLenMax) de aproximadamente 301.39m, esto se debe al cuello de botella que se genera en la Transversal 80A por Calle 65D Sur, teniendo en cuenta que los vehículos solo pueden ingresar a la Carrera 80C por la Calle 65 D Sur en un solo carril, como se muestra en las siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

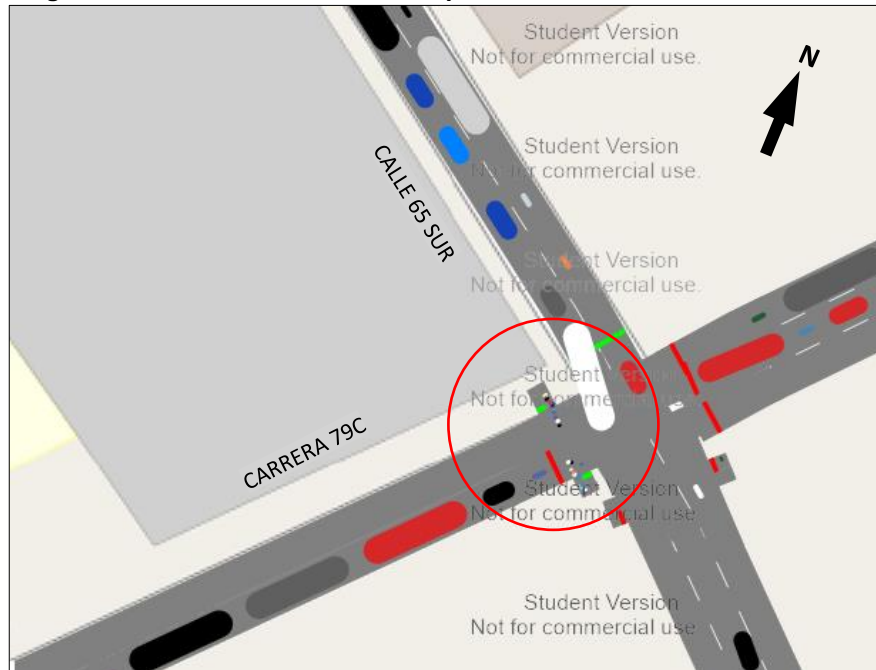
El acceso Norte de la Carrera 80C por Calle 65 Sur presenta una cola de aproximadamente 252.4m con un nivel de servicio F, donde se puede evidenciar la congestión producto del cuello de botella, en donde los vehículos solo pueden ingresar en un solo carril por la Carrera 80C al Sur (Ver figura 32), en el acceso occidental para el movimiento (3) presenta nivel de servicio E de los vehículos que continúan por la Calle 65 Sur hacia el norte, con una longitud de cola de 138.61m, en el movimiento 9(3) presenta un nivel de servicio F más desfavorable debido al conflicto con el semáforo peatonal de la Carrera 80C costado Sur, que a su vez limita la circulación del movimiento (3) (Ver figura 33).

Figura 33 Modelo actual carrera 80c por calle 65 sur – costado norte



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

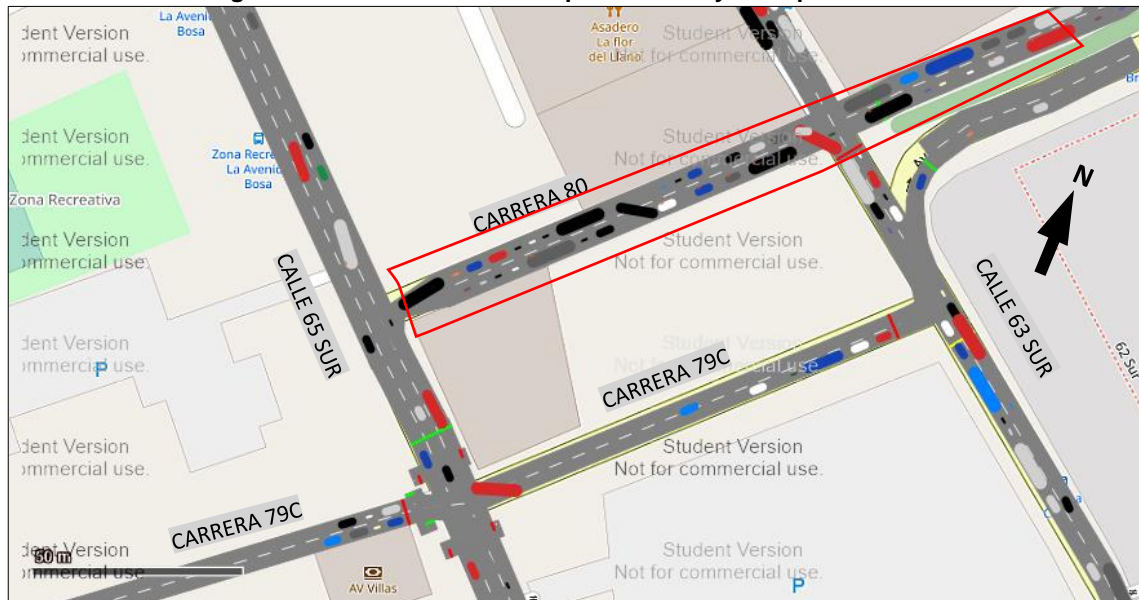
Figura 34 Modelo actual carrera 80c por calle 65 sur – costado occidental



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

En la intersección de Carrera 79C por Calle 65 Sur presenta un nivel de servicio C, más favorable en comparación con la intersección de la Carrera 80C por Calle 65 Sur, para el movimiento (2) presenta un nivel de servicio C y D para el movimiento 9(2) con una longitud de cola máxima de aproximadamente de 63.12 m, sin embargo en el acceso Occidental presenta nivel de servicio C, debido el alto flujo vehicular proveniente de la Carrera 80 por Calle 63 Sur, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 35 Modelo actual kr 79c por cl 65 sur y kr 80 por cl 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

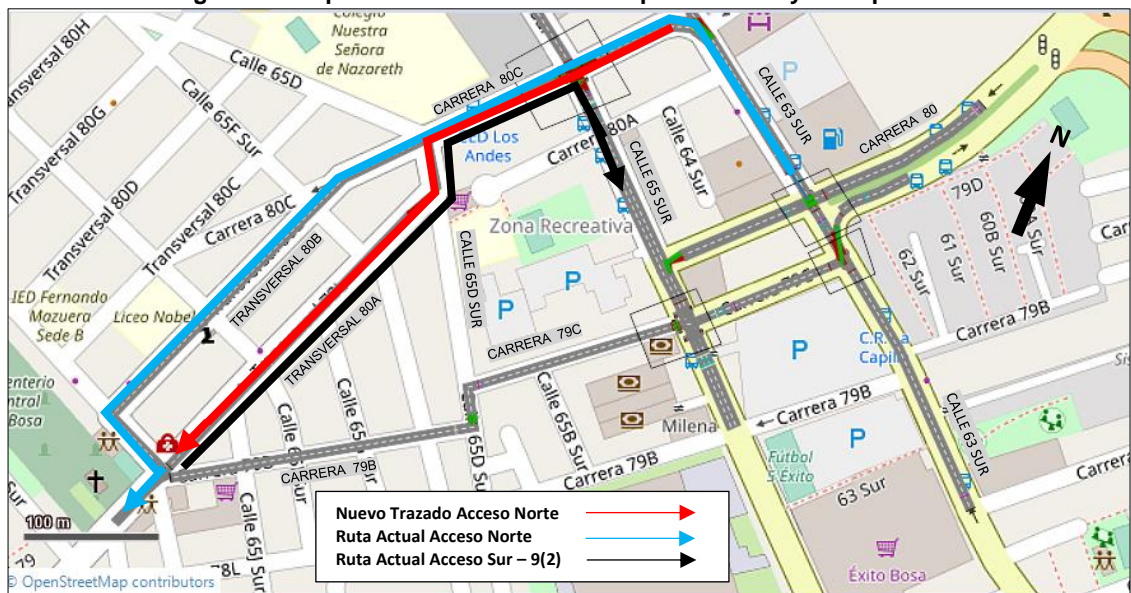
La intersección de la Carrera 79C por Calle 63 Sur presenta un nivel de servicio E, en el acceso Occidental presenta niveles de servicio F con una cola de 204.17 m. En la Intersección de la Carrera 80 por Calle 63 Sur para los movimientos (1) y (4) presentan un nivel de servicio D, con una longitud de cola de 64.6m, el movimiento (8) presenta un nivel de servicio F donde se puede evidenciar que el alto flujo de los vehículos del acceso Norte limita el paso de este giro (ver figura anterior).

8. PROPUESTA MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD VEHICULAR

La modelación del estado actual logro simular el comportamiento vehicular, mostrando ciertas deficiencias operacionales en la red vial, sin embargo, gracias a esto se desarrolló la propuesta para el mejoramiento vehicular empleado la infraestructura existente, para mejorar el nivel de servicio de la Carrera 80C entre Calle 65D Sur y Calle 65 Sur. Para el mejoramiento se tuvo en consideración las vías existentes con el propósito de no generar sobre recorridos.

El nuevo trazado consiste en eliminar el movimiento 9(2) del acceso sur la Carrera 80C entre Calle 65 D Sur y Calle 65 Sur, por lo que funcionaria en un único sentido de circulación, a fin de darle continuidad con dos carriles del movimiento (1), estos vehículos deberán girar al Oriente por la Calle 65D sur y al Sur por la Transversal 80A donde continuaran al sur hasta la Carrera 79B, donde continuaran con su recorrido habitual, para esto es necesario cambiar el sentido de circulación de la Transversal 80A desde la Calle 65 D Sur hasta Carrera 79B, como se muestra en la siguiente figura:

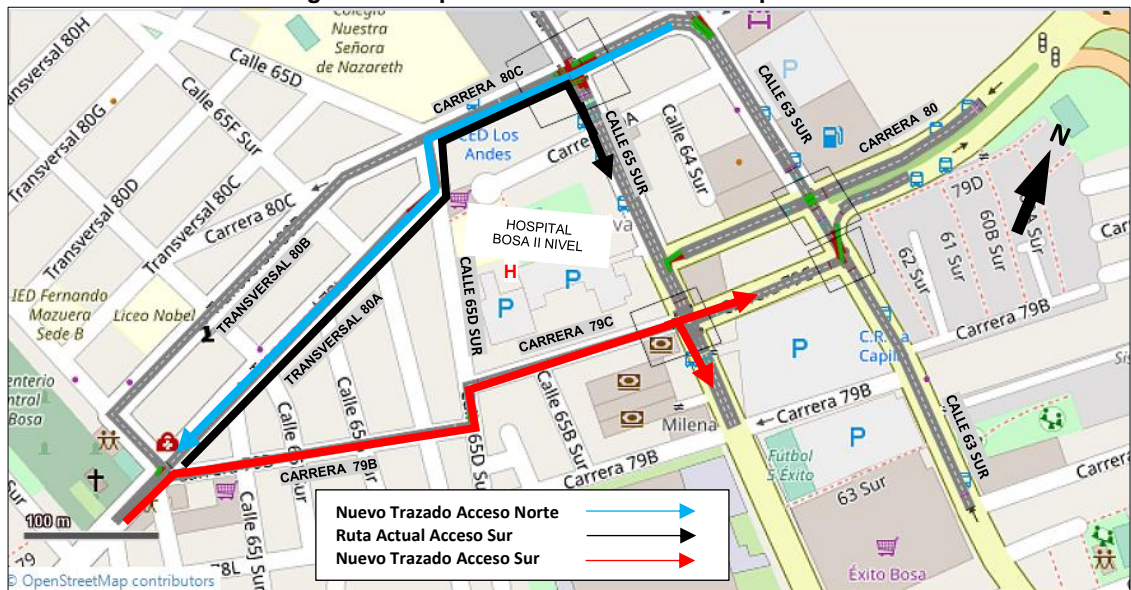
Figura 36 Propuesta acceso norte kr 79c por cl 65 sur y kr 80 por cl 63 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Teniendo en cuenta que se eliminaría el movimiento 9(2) de la Carrera 80C por Calle 65 Sur y ajustados los sentidos viales de la Transversal 80A y de la Carrera 80C, para los vehículos que habitualmente transitan por estas vías deberán ser enrutados al norte por la Carrera 79B por Transversal 80A hasta llegar a la Calle 65D sur, allí deberán tomar al Norte por la Carrera 79C hasta la Calle 65 Sur, los vehículos podrán realizar los movimientos 9 y 9(2) en los dos carriles del acceso sur de la intersección semaforizada de la Carrera 79C por Calle 65 Sur, de esta manera continuarían con su recorrido habitual hacia el Oriente por la Calle 65 Sur o al Norte por la Carrera 79C, para esta propuesta no se requeriría cambios de sentidos de circulación dado que la Carrera 79B y la Carrera 79C actualmente operan en un único sentido vial hacia el Norte.

Figura 37 Propuesta acceso sur de kr 80 por cl 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

La Calle 65 D sur entre Carrera 80C y Transversal 80A funcionaria en único sentido vial hacia el oriente, y para el tramo de vía de la Calle 65 D Sur entre Transversal 80A se mantendría en doble sentido de circulación hacia el Oriente y Occidente, permitiendo el acceso al Hospital de Bosa II Nivel y los vehículos que transitan habitualmente, sin embargo no podrán tomar la Carrera 80C al Norte por lo que deberán de tomar la Carrera 79C al Norte.

El paradero del SITP localizado en el andén sobre la KR 80C por Calle 65 Sur costado Oriental deberá ser trasladado al andén Oriental sobre Carrera 78B entre Calle 65 G Sur y Calle 65F Sur, con un ancho de aproximadamente 2m³⁸, sin embargo, con el objetivo de disminuir en lo más posible la distancia para la reubicación de este paradero, sin embargo es importante aclarar que según la resolución 264 de 2015 de la Secretaria de Movilidad, los paraderos del SITP deben ubicarse en un andén con un ancho mayo de 1.70m, la señal del paradero no debe obstruir el acceso a estacionamientos públicos o privados, es por esta razón que sobre la Carrera 79C entre Calle 65D Sur y Calle 65 Sur no cumple con esta disposición³⁹.

Figura 38 Reubicación paradero SITP carrera 80c por calle 65 d sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

³⁸ D.C. Alcaldía Mayor de Bogotá, 'Andén. Bogotá D.C. Año 2019', 2019 <<https://mapas.bogota.gov.co/#>> [accessed 2 November 2020].

³⁹ Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 'Resolución 264 De 2015 De La Secretaria Distrital De Movilidad'.

El paradero de la Transversal 80A por Calle 65J Sur debe ser reubicado en el andén Oriental de la Carrera 79B por Calle 65J Sur con un ancho de 1.80m, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 39 Reubicación paradero SITP transversal 80a por calle 65 j sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Figura 40 Reubicación paradero SITP transversal 80b por calle 65 f sur



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Figura 41 Reemplazo del paradero SITP diagonal 66 sur por transversal 80a



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de mapas.bogota.gov.co

Teniendo en cuenta la propuesta para el mejoramiento de la movilidad se deben modificar las siguientes rutas⁴⁰, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 43 Reubicación de las rutas del SITP

Rutas	Nombre Ruta	Orientación Sur - Norte			Orientación Norte - Sur		
		Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo	Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo
781	Bosa San José -Lijaca	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X Cl 65J S	Cr 79B X Cl 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C Cl 65 S	Cl 65F Sur X Cr 79B S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salon comunal Bosa San Pablo

Fuente: Elaboración propia a partir del buscador de rutas Transmilenio S.A.

⁴⁰ TRANSMILENIO, 'Buscador de Rutas', 2020 <https://www.transmilenio.gov.co/buscador_de_rutas> [accessed 3 November 2020].

Tabla 43 (Continuación) Reubicación de las rutas del SITP

Rutas	Nombre Ruta	Orientación Sur - Norte			Orientación Norte - Sur		
		Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo	Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo
91	Bosa San José - Porciúncula	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
94	Bosa San Diego - Suba Corpas	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
99	Bosa San José - Germania	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
120	Bosa San Diego - Egipto	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
139	Bosa San José - Juan Rey	Br. Brasilia La Estación	CL 65 Sur - KR 78B	CL 65 Sur - KR 78 S			
465A	Bosa San José - Clínica Barraquer	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo

Fuente: Elaboración propia a partir del buscador de rutas Transmilenio S.A.

Tabla 43 (Continuación) Reubicación de las rutas del SITP

Rutas	Nombre Ruta	Orientación Sur - Norte			Orientación Norte - Sur		
		Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo	Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo
496	Charles de Gaulle - Paloquemao	Br. Brasilia La Estación	CL 65 Sur - KR 78B	CL 65 Sur - KR 78 S			
544A	Bosa Islandia - Germania	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
580	Bosa San José - Est. Bicentenario	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
599	Bosa San Diego - Suba Gaitana	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
		Br. Brasilia La Estación	CL 65 Sur - KR 78B	CL 65 Sur - KR 78 S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
634	Bosa San José - Calle 153	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salon comunal Bosa San Pablo

Fuente: Elaboración propia a partir del buscador de rutas Transmilenio S.A.

Tabla 43 (Continuación) Reubicación de las rutas del SITP

Rutas	Nombre Ruta	Orientación Sur - Norte			Orientación Norte - Sur		
		Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo	Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo
731	Bosa San José - Palermo	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Jiménez de Quesada I Sector	Tr 80B X CI 65 F S	Tr 80A X CI 65f S
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
C15	Bosa San Diego - Chapinero	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
C110	Bello Horizonte - Bosa La Esperanza	Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
		Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo
C135	Bosa San José - Germania	Br. Brasilia La Estación	CL 65 Sur - KR 78B	CL 65 Sur - KR 78 S			
E16	Bosa San José - Colina CL-153	Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C CI 65 S	CI 65F Sur X Cr 79B S			
		Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X CI 65J S	Cr 79B X CI 65J S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo

Fuente: Elaboración propia a partir del buscador de rutas Transmilenio S.A.

Tabla 43 (Continuación) Reubicación de las rutas del SITP

Rutas	Nombre Ruta	Orientación Sur - Norte			Orientación Norte - Sur		
		Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo	Nombre Paradero	Paradero Existente	Paradero Nuevo
P23	Bosa Carbonell - San Blas	Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr Q. 80C Cl 65 S	Cl 65F Sur X Cr 79B S			
		Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X Cl 65J S	Cr 79B X Cl 65J S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salon comunal Bosa San Pablo
P24	San Blas - Bosa San José	Salón Comunal Bosa San Pablo	Tv 80A X Cl 65J S	Cr 79B X Cl 65J S			
		Colegio Nuestra Señora de Nazaret	Kr 80C Cl 65 S	Cl 65F Sur X Cr 79B S			
		Br. Brasilia La Estación	CL 65 Sur - KR 78B	CL 65 Sur - KR 78 S			
					Cem. De Bosa	Dg 66 X Tv 80A S	Se Reemplaza por Paradero Salón comunal Bosa San Pablo

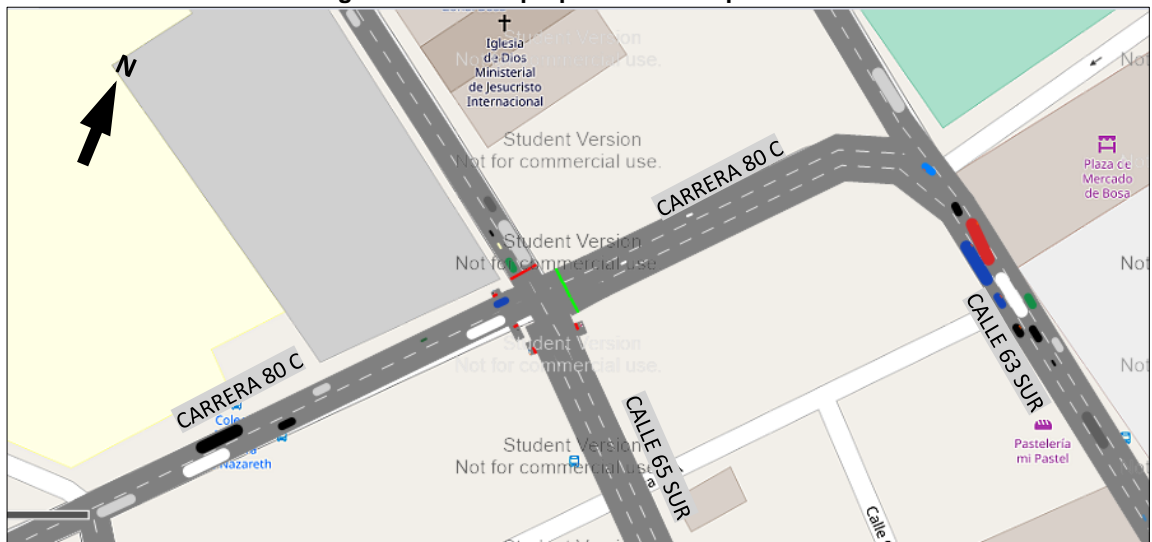
Fuente: Elaboración propia a partir del buscador de rutas Transmilenio S.A.

La comunidad que hace uso de este sistema deberá movilizarse no más de aproximadamente 300m o dos cuadras.

8.1. MODELACIÓN DE LA PROPUESTA

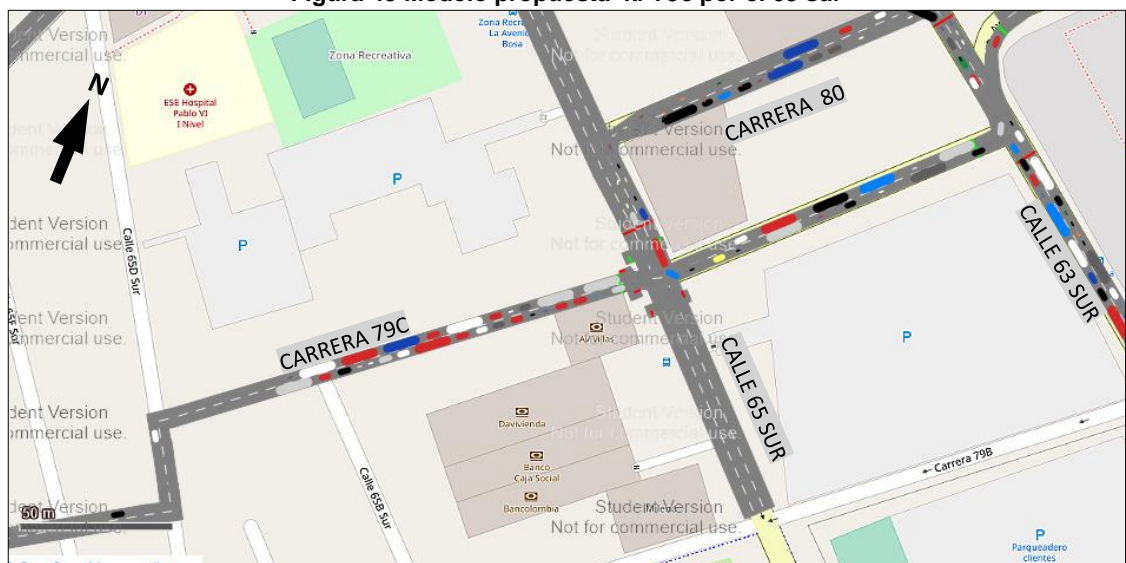
Una vez definida la propuesta, con la ayuda del software Vissim (Student) V10 fue modelado el nuevo trazado (Ver ANEXO 5), para esto fue necesario tomar los volúmenes vehiculares del acceso sur de la Carrera 80C por Calle 65 Sur y sumarlos a los volúmenes vehiculares del acceso sur de la Carrera 79C por Calle 65 Sur, eliminando la fase del movimiento 9(2) de la vía de estudio y darle continuidad con dos carriles del acceso Norte por la Carrera 80C, como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 42 Modelo propuesta kr 80c por cl 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 43 Modelo propuesta kr 79c por cl 65 sur



Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

8.1.1. Análisis Operacional del Modelo - Propuesta

Los resultados obtenidos en las intersecciones semaforizadas de la modelación con la propuesta presentaron los siguientes resultados:

Figura 44 Análisis operacional propuesta carrera 80c por calle 65 sur

Count: 25	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
1	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 1: CL 65S - costado W@106.2 - 2: CL 65S - costado E@27.5	42.59	110.78	90	90	LOS_D
2	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 1: CL 65S - costado W@106.2 - 7: KR 80C - Costado S@36.4	42.59	110.78	9	9	LOS_E
3	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 6: KR 80C -Costado N@68.5 - 2: CL 65S - costado E@27.5	8.58	92.16	20	20	LOS_A
4	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S - 6: KR 80C -Costado N@68.5 - 7: KR 80C - Costado S@36.4	13.46	85.83	171	171	LOS_B
5	1	0-3600	1: KR 80C POR CL 65S	21.55	110.78	290	290	LOS_C

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 45 Análisis operacional propuesta carrera 79c por calle 65 sur

Count: 25	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
6	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 13: KR 79C - costado S@128.2 - 14: KR 79C - costado N@7.0	60.64	162.06	125	125	LOS_D
7	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 13: KR 79C - costado S@128.2 - 33: CL 65S - KR 79C - Costado E@41.6	60.64	162.06	16	16	LOS_D
8	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 10014@17.2 - 33: CL 65S - KR 79C - Costado E@41.6	109.08	170.75	143	143	LOS_D
9	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S - 10014@17.2 - 10027@26.8	109.08	170.75	24	24	LOS_D
10	1	0-3600	2: KR 79C X CL 65S	84.86	170.75	308	308	LOS_D

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 46 Análisis operacional propuesta carrera 79c por calle 63 sur

Count: 25	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
11	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 14: KR 79C - costado N@94.3 - 10008@24.8	54.87	131.34	26	26	LOS_F
12	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 14: KR 79C - costado N@94.3 - 10012@25.8	61.53	140.87	105	105	LOS_D
13	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 14: KR 79C - costado N@94.3 - 10028@21.8	61.53	140.87	0	0	LOS_A
14	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 17: CL 63 - costado E@188.7 - 10011@24.0	160.76	210.19	31	31	LOS_F
15	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S - 17: CL 63 - costado E@188.7 - 10032@23.3	160.76	210.19	28	28	LOS_F
16	1	0-3600	3: KR 79C X CL 63S	92.39	210.19	190	190	LOS_E

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

Figura 47 Análisis operacional propuesta carrera 80 por calle 63 sur

Count: 25	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)
17	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 15: KR 80 - costado W@122.8 - 16: KR 80 - costado S@13.5	70.49	147.87	83	83	LOS_E
18	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10008@29.5 - 16: KR 80 - costado S@13.5	31.26	72.51	7	7	LOS_E
19	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10008@29.5 - 18: CL 63 - costado E@7.2	31.26	72.51	14	14	LOS_E
20	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10011@28.7 - 16: KR 80 - costado S@13.5	31.26	72.51	6	6	LOS_F
21	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10011@28.7 - 18: CL 63 - costado E@7.2	31.26	72.51	24	24	LOS_D
22	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10012@30.6 - 20: KR 80 - Calzada E@9.0	0.37	47.16	105	105	LOS_A
23	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10028@27.1 - 20: KR 80 - Calzada E@9.0	0.37	47.16	0	0	LOS_A
24	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S - 10032@28.3 - 20: KR 80 - Calzada E@9.0	0.37	47.16	28	28	LOS_A
25	1	0-3600	4: KR 80 X CL63S	34.04	147.87	267	267	LOS_D

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

La siguiente tabla muestra el resumen de los niveles de servicio de la situación actual en comparación con la propuesta para el mejoramiento de la movilidad obtenidos de la modelación:

Tabla 44 Resumen análisis operacional situación actual y propuesta

Nodo	Movimientos	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA	
		Nivel de servicio	Longitud máxima de cola (m)	Nivel de servicio	Longitud máxima de cola (m)
No. 1 -KR 80C X CL 65 SUR	1	F	252.4	B	85.83
	5	E	268.62	A	92.16
	9(2)	F	301.39	-	-
	3	E	138.61	D	110.78
	9(3)	F	138.61	E	110.78
No. 2 - KR 79C X CL 65 SUR	2	C	63.12	D	162.00
	9(2)	D	63.12	D	162.00
	3	C	170.66	D	170.75
	7	B	170.66	D	170.75
No. 3 - KR 79C X CL 63 SUR	2	A	53.72	D	105
	6	B	53.72	F	131.34
	4	F	204.17	F	210.19
No. 4 - KR 80 X CL 63 SUR	9(4)	F	204.17	F	210.19
	1	D	103.39	E	147.87
	4	D	64.66	D	72.51
	8	F	64.66	F	72.51

Fuente: Elaboración propia a partir del software Vissim (Student).

8.1.2. Análisis de la Modelación - Propuesta

La intersección de la Carrera 80C por Calle 65 Sur, muestra un mejoramiento operacional dado que paso de tener un nivel de servicio F a C, en el acceso norte se logra evidenciar que la continuidad en dos carriles disminuyo la longitud de cola de 252.4 m a 85.3m y paso de un nivel de servicio de F a B, el acceso Occidental también presenta un mejoramiento en los niveles de servicio en el movimiento 9(3) de F a E y el movimiento (3) de E a D, todo esto se debe al suprimir el movimiento 9(2), se logró mejorar las condiciones operacionales de la Carrera 80C para los vehículos que requieren ingresar y salir del sector.

La Carrera 79C por Calle 65 a diferencia de la anterior intersección aumento el nivel de servicio de C a D, en el acceso sur la longitud de cola paso de 63.12 a 162, sin embargo el movimiento 9(2) de esta intersección no se vio afectado, manteniendo un mismo nivel de servicio D, para el movimiento (2) aumento el nivel de servicio de C a D; el acceso Occidental no genero mayor cambio en la longitud de cola pero si a nivel de servicio de C y B a D, todo esto se debe la nueva demanda de los vehículos del giro eliminado 9(2) de la Carrera 80C y sumarse con los vehículos que habitualmente toman la Carrera 79C.

Las intersección de la Carrera 79C por Calle 63 Sur mantiene un mismo nivel de servicio E, sin embargo aumento la longitud máxima de cola hasta 6m, a diferencia de la intersección de la Carrera 80 por Calle 63 Sur paso de un nivel de servicio pasando de C a D.

9. CONCLUSIONES

- En la planeación de la propuesta para el mejoramiento de la movilidad vehicular fue analizado el comportamiento vehicular de la infraestructura existente más cercana, con el propósito de no generar un mayor recorrido y garantizar mejores condiciones operativas, para esto fue necesario tomar la infraestructura existente de la Carrera 79B entre Transversal 80A y Calle 65 D Sur, la Carrera 79C entre Calle 65D Sur y Calle 65 Sur y la Transversal 80A entre Calle 65D y Carrera 79B.
- Fue analizada de las condiciones actuales de la Carrera 80C entre Calle 65D Sur y Calle 65 Sur en las horas pico, presentando un alto nivel de congestión con un nivel de servicio F, superando la demora por control de 80 segundos/vehículo, este análisis fue obtenido de los resultados de la modelación y comprobada con la metodología de análisis de intersección semaforizada con una demora en toda la intersección de 269 segundos/vehículo y un nivel de servicio de intersección F, esto se debe a las condiciones geométricas y de operatividad actuales. Esto hace que aumenten los tiempos de viaje para los vehículos que requieren salir de los barrios aledaños hacia los diferentes puntos de la ciudad.
- La modelación fue comprobada mediante la calibración del modelo GEH donde se obtuvo un valor de 3.5 por debajo de 5.0, la cual se encuentra dentro de los valores de aceptación, de igual forma se realizó una correlación lineal de los volúmenes simulados y los volúmenes ingresados al modelo, obteniendo un buen nivel de 98.8% de confiabilidad.
- El desarrollo de la propuesta para el mejoramiento vehicular de la Carrera 80C por Calle 65D Sur y Calle 65 Sur se obtuvieron mejores condiciones operacionales garantizando un mejor nivel de servicio, pasando de nivel F a nivel C, así mismo se logró disminuir la longitud máxima de cola en la intersección de 301 m a 110 m, acuerdo con las restricciones del software en las condiciones actuales de operatividad circularon en 10 minutos de simulación 238 vehículos y con la propuesta 290 vehículos.

- Es posible mejorar la movilidad vehicular de la vía de estudio empleado la infraestructura existente, sin embargo es de gran importancia resaltar que esta propuesta no dará una solución definitiva ya que el crecimiento poblacional traerá una aumentó de la demanda vehicular.

10. RECOMENDACIONES

- La propuesta del mejoramiento vehicular implica cambios de los sentidos viales de la Transversal 80A, Carrera 80C, Calle 65D sur donde se debe realizar un nuevo Diseño de señalización horizontal y vertical, incluyendo señales de prohibido parquear teniendo en cuenta que este sector es comercial para evitar congestión.
- El trazado de los paraderos del SITP fueron ubicados con base a la resolución 264 de 2015 de la Secretaria de Movilidad, sin embargo se debe socializar con la comunidad que hace uso de este sistema, por medio de reuniones lideradas por la junta de acción comunal (JAC) y personal del Sistema Integrado público, adicional a esto por avisos tipo volante en los paraderos que serán reubicados para la propuesta de mejoramiento vehicular, es de vital importancia que esta actividad se realice con el tiempo suficiente para concientizar a la comunidad de los nuevos cambios.
- Es necesario realizar una evaluación técnica de las vías que hacen parte de este estudio con el fin de mejorar la calidad de operación, teniendo en cuenta que este factor genera cambios negativos en la movilidad, previo a la puesta en marcha de esta propuesta.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 'Andén. Bogotá D.C. Año 2019', 2019
<<https://mapas.bogota.gov.co/#>> [accessed 2 November 2020]
- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., and Secretaría de Tránsito y Transporte, 'Manual de Planeación y Diseño Para La Administración Del Tránsito y El Transporte', Tomo III. (2005), 398
<http://cittus.com/aym_images/files/Manuales_de_Planeacion_Tomo_III.pdf>
- BOGOTÁ, ALCALDÍA DE, 'Entrega Nuevas Vías Que Benefician a Más de 1 Millón de Personas En Bosa y Kennedy', 2020, 11 <<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/obras/entrega-de-vias>>
- Cal y Mayor, Rafael, and James Cárdenas, *Ingeniería de Tránsito*, Alfaomega (Bogotá, Colombia, 2015)
- Coleman O'Flaherty, Michael G. H. Bell, ed., *Transport Planning and Traffic Engineering*, Engineering Village (Oxford, Inglaterra: Taylor & Francis, 1997)
<<https://books.google.com.co/books?id=EAczDTp7ESQC>>
- Constructora Concreto, 'Estudio de Tránsito Centro Comercial Gran Plaza Hilanderías', 2014, 227
- Cruz, P M, *Demografía: Conceptos Y Tecnicas Fundamentales*, ed. by Plaza and Valdes (San Rafael, México: Plaza Y Valdes, 2006)
<<https://books.google.com.co/books?id=LGRydfPT2D4C>>
- Currin, Thomas R, *Introduction to Traffic Engineering*, ed. by Cengage Learning, 2nd, ilustra edn (Stamford, USA: Cengage Learning, 2012)
<<https://books.google.com.co/books?id=ES800OwVBewC>>
- DANE, *CENSO GENERAL 2005*, Dirección (Colombia, 2005)
- DANE, and Tercer Trimestre, 'Comunicado de Prensa Comunicado de Prensa', 54, 2018, 9
- Hugo Andrés Morales Sosa, 'Malla Vial Integral', 2020, 210
<<https://www.ideca.gov.co/recursos/mapas/malla-vial-integral-bogota-dc>>
- Jiménez, Margarita, and Iván Sarmiento, 'Adaptive Control System and

- Optimization of Road Traffic in a Signalized Corridor Application to the City of Medellín', *DYNA (Colombia)*, 78.169 (2011)
- Movilidad, Secretaría Distrital de, 'Observatorio de Movilidad', 2017, 123
<http://www.simur.gov.co/portal-simur/wp-content/uploads/2019/files/datos-abiertos/documentos/observatorio/Observatorio_de_movilidad_2017_min.pdf>
- Régimen Legal de Bogotá D.C., 'Régimen Legal de Bogotá d.C.', 2020, 185
<<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>>
- Rufino, Gabriel Rodríguez, and Lauro Ariel Alonzo Salomón, *Carreteras*, ed. by UADY, Textos Didácticos / UADY (Yucatán, México: UADY, 2005)
<<https://books.google.com.co/books?id=h-F1o3FkfyEC>>
- Secretaría del Hábitad, 'Indicadores Localidad de Bosa', *Secretaría Del Hábitad*, 2019, 2
<<https://habitatencifras.habitatbogota.gov.co/documentos/boletines/Localidades/Bosa.pdf>>
- Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 'Decreto 319 de 2006 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.', 2006, p. 71
<<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21066&dt=S>>
- , 'Resolución 264 De 2015 De La Secretaria Distrital De Movilidad', 2015, 23
<<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=61522&dt=S>>
- Sigua, Ricardo G, *Fundamentals of Traffic Engineering*, ed. by UP Press (Diliman, Quezon City: University of the Philippines Press, 2008)
<<https://books.google.com.co/books?id=1RoV3xm07F0C>>
- Sosa, H A M, *Ingeniería Vial I*, ed. by INTEC (Santo Domingo - República Dominicana: Intec, 2006)
<<https://books.google.com.co/books?id=OcefqXpOiswC>>
- Thagesen, B, *Highway and Traffic Engineering in Developing Countries*, ed. by CRC Press (Taylor & Francis, 2003)
<<https://books.google.com.co/books?id=YTR3zWXr1tEC>>
- TRANSMILENIO, 'Buscador de Rutas', 2020
<https://www.transmilenio.gov.co/buscador_de_rutas> [accessed 3 November

2020]

TRB., *Highway Capacity Manual*, National R (Washington D. C, 2000)

Vargas Beltrán, Diana Marcela, 'IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ', *World Development*, 1.1 (2018), 75

<<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22449/1/IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.pdf>>

Wisconsin DOT, 'Traffic Engineering, Operations & Safety Manual', 2015, 2–7