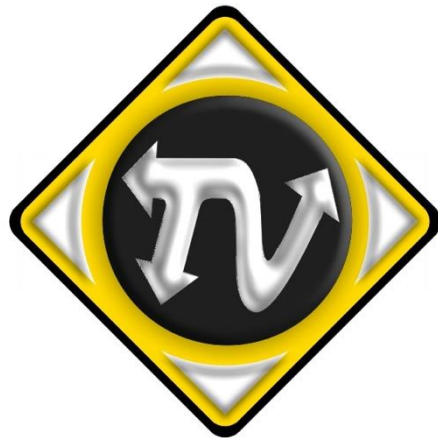


ACOMPañAMIENTO A SECRETARÍA DE TRáNSITO EN MEDIDAS DE GESTIÓN
DE TRáNSITO EN TUNJA

GINA LILIANA CELY CELY



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2023

ACOMPañAMIENTO A SECRETARÍA DE TRáNSITO EN MEDIDAS DE GESTIÓN DE
TRáNSITO EN TUNJA

GINA LILIANA CELY CELY

Trabajo de grado en la modalidad de práctica con proyección empresarial o social
para optar al título de Ingeniero en Transporte y Vías

Director (a)

FREDY ALBERTO GUÍO BURGOS

Magíster

Coordinador:

EDWIN FABIAN PARADA ALFONSO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS

TUNJA

2023

La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por lo tanto, no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.

Se autoriza su uso y reproducción indicando el origen.

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Currículo en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para optar al título de Ingeniero en Transporte y Vías, actuando como jurados:

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JURADO 1 (EN MAYÚSCULA)

Título Académico de mayor nivel

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JURADO 2 (EN MAYÚSCULA)

Título Académico de mayor nivel

Tunja, fecha (día, mes, año)

DEDICATORIA

Para la gloria de Dios y la santísima virgen María que gracias a su infinita bondad me permitieron llegar a la culminación de esta etapa académica donde no solo adquirí conocimientos para el desempeño de una profesión si no para la vida.

A mis padres Humberto Cely Lozano y Yamile Cely Serrano y a mi hermana María Paula Cely Cely, que me infundieron el respeto y responsabilidad y que a lo largo de mi formación profesional me acompañaron y apoyaron siempre, dándome el impulso para enfrentar cada adversidad.

“Cada Día Se Feliz “

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a los ingenieros e ingenieras que me transmitieron sus conocimientos y consejos a lo largo de la academia, ya que gracias a ellos surgió en mí el ímpetu por esta profesión.

A la secretaria de tránsito de Tunja que me permitió el primer acercamiento a la vida profesional, en especial al ingeniero Fabián Parada el coordinador de este proyecto.

Al ingeniero Fredy Alberto Guío director de mi trabajo de grado, quien me asesoró siempre de la mejor manera.

A mis compañeros, que a lo largo del proceso académico me brindaron su apoyo siempre en especial a Karen Camargo, Flor Rodríguez, Yury García, Wilson Macana y Héctor Borda.

CONTENIDO

pág.

1. INTRODUCCIÓN	14
2. MARCO DE REFERENCIA.....	15
2.1. MARCO CONCEPTUAL	15
2.2. ESTADO DEL ARTE.....	16
3. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	19
3.1. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	19
3.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	19
3.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	21
3.4. SOFTWARE VISSIM.....	22
3.4.1. Diseño de geometría en el software	22
3.4.2. Definición de vehículos.....	22
3.4.3. Cargue de información al software.....	22
3.4.4. Definición de parámetros en el software.....	22
3.5. CALIBRACIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS.....	23
3.5.1. Evaluación de resultados.....	23
3.5.2. Creación de escenarios adicionales	23
4. DESARROLLO DEL TRABAJO	24
4.1. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	24
4.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	25
4.2.1. Volúmenes vehiculares.....	25
4.2.2. Fases semafóricas	28
4.2.3. Rutas de transporte público.....	30
4.2.4. Matrices	31
4.3. SOFTWARE VISSIM.....	34
4.3.1. Diseño de geometría en software Vissim.....	34
4.3.2. Definición de vehículos	36
4.3.3. Cargue de información al software.....	39
4.3.4. Definición de parámetros en el software.....	40

4.4. CALIBRACIÓN DEL MODELO	42
4.5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	45
4.6. SEGUNDO ESCENARIO.....	48
5. COMPARACION DE ESCENARIOS.....	53
6. ACTIVADES DE ACOMPAÑAMIENTO A SECRETARÍA DE TRÁNSITO ADICIONALES	54
7. CONCLUSIONES	69
8. BIBLIOGRAFÍA.....	70
9. ANEXOS.....	71

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Valores recomendados de comportamiento de conducción para Bogotá	17
Tabla 2 Fuente de información intersecciones.....	20
Tabla 3 Ubicación de entradas y salidas vehiculares.....	25
Tabla 4 Volúmenes acceso Norte	26
Tabla 5 Volúmenes acceso Occidente	26
Tabla 6 Volúmenes acceso Sur	27
Tabla 7 Volúmenes acceso Oriente.	27
Tabla 8 Fases semafóricas intersecciones de zona de influencia.....	29
Tabla 9 Probabilidades matriz autos.	32
Tabla 10 Matriz de volúmenes autos.....	33
Tabla 11 Puntos de recolección de datos en el modelo.....	42
Tabla 12 Calibración GEH, entradas vehiculares.....	43
Tabla 13 Calibración GEH, salidas vehiculares	43
Tabla 14 Calibración GEH, puntos centro histórico.....	44
Tabla 15 Resumen de calibración del modelo.	44
Tabla 16 Resultados de la red en general por clase de vehículo.....	45
Tabla 17 Resultados generales promedio, desviación estándar, mínimo y máximo.	46
Tabla 18 Intersecciones con niveles de servicio más deficientes	47
Tabla 19 Resultados generales de colas, suma de distancias, demoras, paradas y velocidades.	48
Tabla 20 Resultados red general con cierre de carrera 10.	49
Tabla 21 Resultados generales con cierre de carrera 10 entre calles 25 y 21, promedio, desviación estándar, mínimo y máximo.	49
Tabla 22 Intersecciones con niveles de servicio más deficientes con el cierre de la carrera 10	50

<i>Tabla 23 Resultados generales de colas, suma de distancias, demoras, paradas y velocidades.</i>	52
Tabla 24. Inventario de señalización de Avenida Colón entre calles 26 y 28, Tunja.	72
Tabla 25. Inventario de señalización barrio Jordán, Tunja.	75
Tabla 26. Inventario de señalización barrio Jordán, Tunja (continuación).....	76
Tabla 27. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.	77
Tabla 28. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja. (continuación).....	78
Tabla 29. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.	79
Tabla 30. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.	80
Tabla 31. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja. (continuación).....	81
Tabla 32. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja. (continuación).....	82
Tabla 33. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja .	83
Tabla 34 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja.	84
Tabla 35 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja. (continuación).....	85
Tabla 36 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja. (continuación).....	86
Tabla 37 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja. (continuación).....	87
Tabla 38. Inventario de señalización en calle 22 entre carreras 7ª y 8ª Tunja.	88
Tabla 39. Inventario de señalización en calle 18, Tunja.....	89
Tabla 40. Inventario de señalización en calle 18, Tunja. (Continuación).....	90
Tabla 41. Inventario de señalización en calle 18, Tunja. (Continuación).....	91
Tabla 42. Inventario de señalización en calle 18, Tunja. (Continuación).....	92
Tabla 43 Inventario de señalización de la calle 21 entre carreras 12 y 14, Tunja.	93
Tabla 44. Inventario de señalización de la calle 21 entre carreras 12 y 14, Tunja. (continuación).....	94

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1 Valores aceptables de calibración.	18
Ilustración 2 Formato para toma de volúmenes vehiculares	21
Ilustración 3 Zona de influencia centro histórico de Tunja.....	24
Ilustración 4 Intersecciones semaforizadas.....	28
Ilustración 5 Rutas de transporte público que atraviesan la carrera 10.....	30
<i>Ilustración 6 Modificación de rutas de transporte público centro histórico de Tunja.....</i>	<i>31</i>
Ilustración 7 Diseño de geometría en software Vissim.....	34
Ilustración 8 Definición de ancho de carril.....	34
Ilustración 9 Creación de nodos de decisión.....	35
Ilustración 10 Creación de nodos o zonas.	35
Ilustración 11 Salida vehicular.....	36
Ilustración 12 Modelos 2D/3D de vehículos.	37
Ilustración 13 Tipos de vehículos usados en la modelación.....	38
Ilustración 14 Clases de vehículos usados en la modelación	38
Ilustración 15 Matrices Origen destino, ejemplo matriz de autos.	39
Ilustración 16 Rutas de transporte público colectivo, escenario inicial.....	39
Ilustración 17 Creación de fases semaforicas en el software.....	40
Ilustración 18 Matrices cargadas a la modelación.....	40
Ilustración 19 Parámetros de asignación dinámica	41
<i>Ilustración 20 Parámetros de la simulación.....</i>	<i>41</i>
Ilustración 21 Niveles de servicio de intersecciones	46
Ilustración 22 Velocidades alcanzadas en la zona de estudio en Km/h	47
Ilustración 23 Cierre vial entre calles 25 y 21, Tunja.....	48
Ilustración 24 Niveles de servicio escenario 2.....	50

Ilustración 25 Velocidades en la zona de estudio, con el escenario de cierre vial, en Km/h	51
Ilustración 26 Avenida Colón entre calles 26 y 28.....	54
Ilustración 27 Calle 30# 13-38, Tunja.....	55
Ilustración 28 Bandas de agregado carrera 9 entre calles 19 y 20, Tunja.....	56
Ilustración 29 Prados del Norte, Tunja.	56
Ilustración 30 Ubicación propuesta de reductores de velocidad.	57
Ilustración 31 Resalto y señalización vertical a instalar en calles de estudio.	57
Ilustración 32 Andenes Barrio Jordán.	58
Ilustración 33 Avenida Norte entre calles 60 y 66, Tunja.	58
Ilustración 34 Barrio el bosque carrera 11B con calle 13B, Tunja.	59
Ilustración 35 Ubicación propuesta de reductores.	60
Ilustración 36 Carrera 5b #10-26, Tunja.....	60
Ilustración 37 Aforo peatonal en calle 22 entre carreras 7 ^a y 8 ^a	61
Ilustración 38 Dimensiones especificadas para andenes.....	61
Ilustración 39 Obstrucción de andén en la calle 18 entre carrera 5 y carrera 3A.	62
Ilustración 40 Calle 21 con carrera 13, SR-39 para retiro.	62
Ilustración 41 Carrera 14 con calle 21, Señal SR-01 para mantenimiento.....	63
Ilustración 42 Calle 48 con Avenida Universitaria, SR-06, Tunja.	63
Ilustración 43 Diseño de señalización propuesto en barrio Remansos de la Sabana. ..	64
Ilustración 44. Sentidos de circulación y volúmenes de cada movimiento.	64
Ilustración 45 Relación V/C, Demoras y nivel de servicio en escenario 2.	65
Ilustración 46. Sentidos viales con segundo escenario.	65
<i>Ilustración 47 Relación V/C, Demoras y nivel de servicio en escenario 2.</i>	<i>66</i>
Ilustración 48 Sentidos de circulación y volúmenes de cada movimiento tercer escenario.	66
<i>Ilustración 49 Relación V/C, Demoras y nivel de servicio en escenario 3.</i>	<i>67</i>
Ilustración 50. Comparación volumen capacidad.....	67
Ilustración 51. Comparación de las demoras.	68
Ilustración 52. Comparación nivel de servicio	68

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1. Base de datos de información primaria y secundaria.	71
ANEXO 2. Resultados del software PTV Vissim para escenario 1.	71
ANEXO 3. Resultados del software PTV Vissim para escenario 1.	71
ANEXO 4. Inventario de señalización de avenida colon entre calles 26 y 28, Tunja. ...	72
Anexo 5. Inventario de señalización barrio Jordán, Tunja.	75
ANEXO 6. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.	77
ANEXO 7. Inventario de señalización en carrera 2A Este entre calle 63 y la entrada vehicular de la Universidad de Boyacá, Tunja.	84
ANEXO 8. Inventario de señalización en calle 22 entre carreras 7ª y 8ª Tunja.	88
ANEXO 9. Inventario de señalización en calle 18, Tunja.	89
ANEXO 10. Inventario calle 21 entre carreras 12 y 14, Tunja.	93

1. INTRODUCCIÓN

Una de las funciones que realiza la ingeniería de tránsito es buscar que todos los usuarios realicen sus recorridos de la forma más rápida y segura posible sin importar la clase de vehículo que usen, para esto a lo largo del tiempo se han desarrollado teoremas, fórmulas y en la actualidad todo se ha recopilado en softwares que permiten recrear a gran detalle los comportamientos del tránsito vehicular dentro de una zona de estudio.

La secretaria de tránsito de Tunja en la búsqueda de brindar un mejor servicio a los usuarios de las infraestructuras viales quiso plasmar en un modelo de micro simulación el centro histórico de Tunja, para formular escenarios con diferentes soluciones y conocer de antemano los posibles efectos tanto positivos como negativos que traerán y tomar la decisión de ponerlos en marcha o no, evaluando en especial demoras, tiempos de viaje, y aprovechamiento de la red.

Este proyecto fue asignado a Gina Liliana Cely Cely quien lo desarrolló como trabajo de grado en la modalidad de practica con proyección empresarial. Al iniciar el desarrollo del trabajo se planeaba que el tramo de la carrera 10 entre calles 25 y 21 se convirtiera en peatonal, situación que para la fecha de entrega de este trabajo ya es una realidad, por lo que se presentan dos escenarios, el primero antes del cierre vial y en base al primero se creó el segundo donde se representa el cierre vial.

El desarrollo del trabajo se dio de la siguiente manera, inicialmente se presentan los términos teóricos, formulas, teoremas y parámetros usados para el desarrollo del trabajo, para luego abordar la metodología usada que inició por la definición y recolección de información tanto primaria como secundaria de la zona de estudio, procesamiento de la información, modelación dentro del software PTV Vissim del escenario inicial, calibración del modelo, creación de segundo escenario y finalmente comparación de los resultados.

Además de este proyecto, se realizaron algunas otras actividades de acompañamiento a la secretaria de tránsito de Tunja, como inventarios de señalización, diseño y planteamiento de soluciones a diferentes peticiones de los ciudadanos relacionadas con señalización, esto se presenta en un capítulo ubicado al final del documento en el que se resumen estas actividades.

Como anexos a este documento se entregan los dos modelos desarrollados en PTV Vissim, la base de datos de información primaria y secundaria, base de datos de los resultados para cada escenario y los inventarios de señalización realizados.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

- Aforo vehicular: El aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección. (Llanos Muñoz & Quintero Bohorquez , 2021).
- Calibración de modelo: proceso de encontrar los mejores valores de los parámetros para los submodelos de un micro simulador de tráfico.
- Demoras: se refiere a las demoras operacionales por reducciones de velocidad, paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. (Cal, Espindola, & Cárdenas Grisales, 1994)
- Dispositivos de control: Son elementos ópticos o acústicos utilizados para regular el uso de la vía por parte de vehículos y personas. Cumplen funciones diversas como informar, restringir, permitir, prevenir, demarca, definir, etc. (Universidad Nacional de Ingeniería, 2007)
- Modelado estadístico: es una forma simplificada, matemáticamente formalizada, de aproximarse a la realidad (i.e. la que genera los datos) y, opcionalmente, hacer predicciones a partir de dicha aproximación (Malma Perez, Salazar Vásquez, & Malma Perez, 2019)
- Niveles de servicio: Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los motoristas y / o pasajeros.
- Plan de manejo del tránsito: es una herramienta técnica que plantea las estrategias, alternativas y actividades necesarias para minimizar o mitigar el impacto generado en las condiciones normales de movilización y desplazamientos de los usuarios de las vías (peatones, vehículos, ciclistas y comunidad en general) causados por la ejecución de una obra vial o aquellas que intervengan el espacio público. (Ministerio de Transporte, Colombia, 2015).
- Simulación microscópica de tráfico: Los sistemas de simulación microscópica de tráfico se basan en la caracterización de los conductores y en el efecto que ejercen los semáforos, obstáculos y otros sucesos puntuales sobre los conductores que transitan por la infraestructura vial. (Acurio, 2017).
- Volumen vehicular: número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o una calzada, durante un periodo determinado. (Cal, Espindola, & Cárdenas Grisales, 1994).

2.2. ESTADO DEL ARTE

En el control de tráfico, la disponibilidad de datos en tiempo real es una necesidad evidente. Los programas informáticos sofisticados ayudan al cálculo, la optimización de señales y las asignaciones de red. Esto incluye asignaciones de tráfico dinámicas, en respuesta a incidentes y eventos. Las redes se modelan y simulan rutinariamente a nivel microscópico.

Los modelos de simulación microscópica reproducen lo más fielmente posible los movimientos de los vehículos individuales en el flujo de tráfico. Hay submodelos para los diversos comportamientos de los conductores para responder a estímulos externos que están vinculados entre sí para reproducir el flujo de tráfico. Los modelos de micro simulación pueden, además, mostrar animaciones realistas del movimiento de vehículos en la instalación o red, ya que solo con la micro simulación se tiene toda la información detallada de la posición de cada vehículo individual en cada segundo.

Las razones más básicas para usar la simulación de forma extensiva son sencillas:

1. Los usuarios pueden experimentar con varias políticas de control sin interrumpir el tráfico real y hacer que ese tráfico forme parte de un "experimento".
2. Lo mismo puede decirse de los diseños alternativos para remediar las condiciones existentes o futuras, como adiciones de carriles, desvío del tráfico, cambios en la dirección de los enlaces, etc.
3. Sobre todo, estas implementaciones y diseños de control alternativos se pueden considerar rápidamente, sin una gran inversión de capital.
4. Siempre que se desee, se pueden considerar varias alternativas con exactamente la misma carga de tráfico y condiciones, algo que simplemente no es factible en el mundo real. (Kutz, 2021)

Un ejemplo de modelo de tráfico de simulación típico microscópico, de pasos de tiempo y basado en el comportamiento es VISSIM (abreviatura de Verkehr In Städten–SIMulationsmodell, que en alemán significa "modelo de simulación para el tráfico urbano"). El modelo fue desarrollado en 1992 por PTV AG para analizar la gama completa de carreteras funcionalmente clasificadas (incluyendo glorietas, cruces de ferrocarril y plazas de peaje) y operaciones de tránsito. Es capaz de modelar el tráfico con varias medidas de control de tráfico en un entorno tridimensional y ayudar a comparar diferentes alternativas en el diseño de glorietas, intersecciones a nivel e intercambios de tráfico de alto tipo. VISSIM va más allá de una sola instalación vial, lo que la ubica también en la categoría de modelos de red. Puede modelar redes viales integradas que se encuentran en un corredor típico, así como varios modos que consisten en tráfico de propósito general, autobuses, vehículos de alta ocupación, ferrocarril (pesado o liviano), camiones, peatones, ciclistas, etc. (Fellendorf 1994).

En Colombia para representar los comportamientos de los actores viales se cuenta con un documento denominado Comportamiento de Conducción o Driving Behavior (DB) que especifica los parámetros de como un vehículo sigue al que va por delante del mismo,

como cambia de carril, como se comporta con los vehículos con los que comparte carril y con aquellos cercanos en carriles adyacentes, como se comporta al acercarse a líneas de parada o semáforos. Los valores que se recomienda utilizar para una modelación en Bogotá, separando en livianos (autos y camionetas pequeñas), pesados (buses y camiones), motocicletas y bicicletas son: (Secretaría Distrital de Movilidad , 2018).

Tabla 1 Valores recomendados de comportamiento de conducción para Bogotá

PARÁMETRO	ESPECÍFICO	Autos	Bus / Camión	Motos	Bicicletas
Wiedemann 74	Average standstill distance	0,50	0,80	0,30	0,10
Wiedemann 74	Additive part of safety distance	0,40	0,50	0,40	0,20
Wiedemann 74	Multiplic. Part of safety distance	0,40	0,50	0,30	0,20
Wiedemann 99	Standstill Distance	0,50	0,80	0,30	0,10
Wiedemann 99	Headway Time	1,00	1,50	0,80	0,50
Wiedemann 99	Following' Variation	0,80	1,00	0,50	0,30
Wiedemann 99	Threshold for Entering 'Following'	-5,00	-7,00	-3,00	-1,00
Wiedemann 99	Negative 'Following' Threshold	-0,20	-0,30	-0,10	-0,10
Wiedemann 99	Positive 'Following' Threshold	0,20	0,30	0,10	0,10
Wiedemann 99	Speed dependency of Oscillation	14,00	20,00	10,00	8,00
Wiedemann 99	Oscillation Acceleration	0,20	0,10	0,20	0,20
Wiedemann 99	Standstill Acceleration	5,00	3,00	6,00	2,00
Wiedemann 99	Acceleration with 80 km/h	1,00	0,00	1,00	0,00

Fuente: Secretaria Distrital de movilidad, Bogotá 2018.

Para corroborar la fiabilidad de los datos modelados es necesario hacer uso de la estadística, una de las más apropiadas es la estadística GEH, esta es una medida estándar de la “bondad de ajuste” entre los flujos observados y modelados. A diferencia de comparar flujos utilizando la diferencia porcentual, la estadística GEH pone más énfasis en flujos más grandes que en flujos más pequeños, se calcula de la siguiente manera:

$$GEH = \sqrt{\frac{(M - C)^2}{M + C}}$$

Dónde:

M= Flujo modelado.

C= Flujo observado.

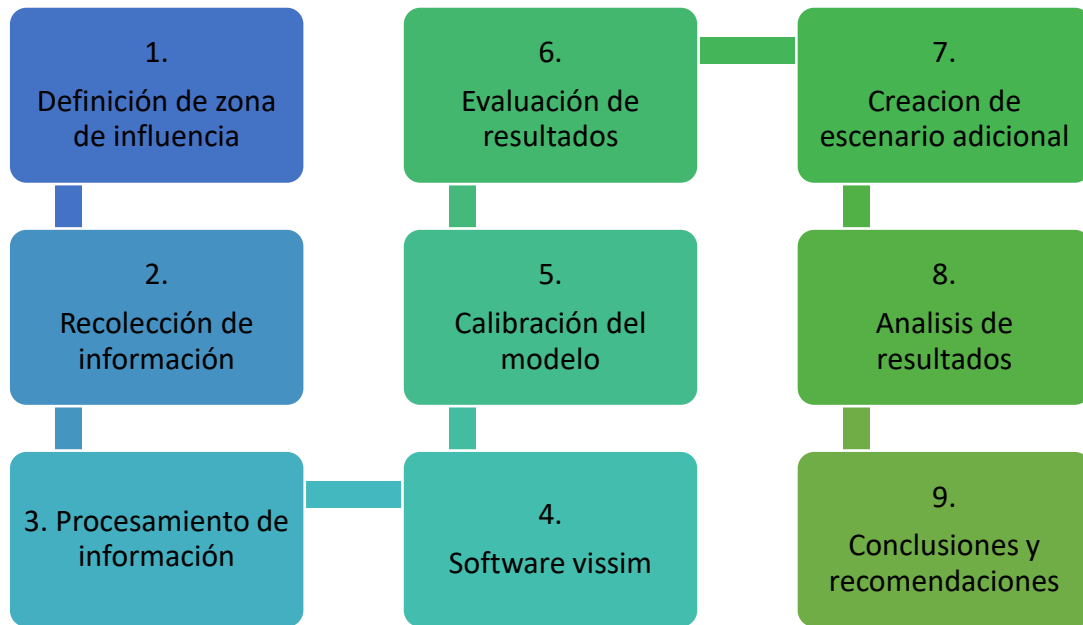
La Administración Federal de Carreteras (FHWA) es la división del Departamento de Transporte de los Estados Unidos especializada en transporte por carretera, esta indica ciertos criterios para la aceptación del GEH cuando se valida por volúmenes los cuales son:

Ilustración 1 Valores aceptables de calibración.

Estadística GEH* para flujos de enlaces individuales	GEH < 5 para >85% de los casos
--	--------------------------------

Fuente: Administración Federal de Carreteras, Departamento de Transporte.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA



3.1. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA.

La zona de influencia se determina a partir de las vías alternas que presentarán aumento de flujo vehicular debido al cierre de la carrera 10 entre calles 21 y 25, buscando abarcar la mayor área posible con la finalidad de a futuro tomar medidas de gestión de tráfico que permitan mejorar el nivel de servicio de esta zona de la ciudad.

3.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la realización del modelo se definió como hora de máxima demanda la establecida en el plan de manejo de tránsito (PMT) realizado con el cierre vial, que fue de 5:30 pm a 6:30 pm, por lo que se buscó la información referente a volúmenes y fases semafóricas para esta hora.

3.2.1. Volúmenes vehiculares

Se obtuvo información de 23 intersecciones, tomando los tipos de vehículo, auto, bus, camión, taxi y motocicleta, la información se obtuvo de tres fuentes:

1. Base de datos de la secretaria de tránsito: Esta información es antigua por lo que fue necesario proyectarla a la actualidad estableciendo un aumento del 10% de tráfico
2. Suministrada por consultores a la secretaria de tránsito: Estos volúmenes pertenecen a los años 2021 y 2022 por lo que para la realización del modelo se consideraron como información actual.
3. Realización de aforos: Se consideraron algunas intersecciones como fundamentales para la realización de un buen modelo y dado que no fue posible encontrar cifras históricas se decidió realizar aforos.

Tabla 2 Fuente de información intersecciones.

No.	INTERSECCION	FUENTE DE INFORMACION	No.	INTERSECCION	FUENTE DE INFORMACION
1	CRA 11 AV. COLON	Secretaria de Tránsito	13	CRA 9 CLL 22	Consultores
2	CRA 14 CLL 18	Secretaria de Tránsito	14	CRA 12 AV. COLÓN	Consultores
3	CRA 11 CLL 18	Secretaria de Tránsito	15	CRA 13A AV. COLÓN	Consultores
4	CRA 7 CLL 16	Secretaria de Tránsito	16	CRA 10 CLL 25	Consultores
5	CRA 8 CLL 16	Secretaria de Tránsito	17	CRA 12 CLL 21	Consultores
6	CRA 8 CLL 19	Secretaria de Tránsito	18	CRA 11 CLL 21	Consultores
7	CRA 9 CLL 21	Secretaria de Tránsito	19	CRA 14 CRA 12	Aforo
8	CRA 11 CLL 17	Secretaria de Tránsito	20	CRA 9 CLL16	Aforo
9	CRA 15 CLL 17	Consultores	21	CRA 7 CLL 22	Aforo
10	CRA 9 CLL 25	Consultores	22	CRA 14 CLL 22	Aforo
11	CRA 7 CLL 24	Consultores	23	CRA 14 CLL 17	Aforo
12	CRA 11 CLL 11	Consultores			



Fuente: Autor.

No fue posible la realización de aforos adicionales dada la falta de personal para estos, por lo que con la información que se obtuvo se buscó reconstruir la información de las intersecciones faltantes.

3.2.2. Diseño de formatos para toma de volúmenes

Para la realización de toma de datos mediante aforo se diseñó el formato de la Ilustración 2, que contiene datos climatológicos, datos del aforador, descripción de la intersección de estudio y las casillas para la toma de información para cada tipo de vehículos

Ilustración 2 Formato para toma de volúmenes vehiculares

		ESTUDIO DE VOLÚMENES VEHICULARES		  Alcaldía Mayor de Tunja <small>SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTES</small>		
		<i>FORMATO DE CAMPO</i>				
Fecha: (D.M.A.) _____		Intersección: _____		Hoja: ___ De: ___		
Hora Inicio: _____ Hora Final: _____				Croquis		
Condición Climática: _____		Movimientos Aforados: _____				
Aforador: _____						
Supervisor: _____						
Núm. No.	Periodo	Autos	Taxis	Buses	Camiones	Motos
	<i>TOTAL</i>					
	<i>TOTAL</i>					
	<i>TOTAL</i>					
	<i>TOTAL</i>					
Observaciones: _____						
Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____						

Fuente: Elaborado a partir manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte

3.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Inicialmente se realizó la actualización de los valores históricos de volúmenes, considerando un incremento del 10% entre el 2012 y 2022 proveniente de la tendencia de crecimiento en el parque automotor y de los valores observados en campo, para luego proceder a balancear los datos, continuar con la creación del árbol de probabilidad que permitió la obtención de las matrices de volúmenes origen – destino.

3.3.1. Fases semafóricas

En la zona de influencia se encuentran 17 intersecciones controladas con semáforos, la información acerca de las fases semafóricas para la hora de máxima demanda usada en este estudio se obtuvo de la secretaría de tránsito.

3.3.2. Rutas de transporte público

La información fue suministrada por la secretaria de tránsito de Tunja, se determinaron las rutas que en el escenario inicial atravesaban la zona de influencia, de por donde transitarían con el cierre de la carrera 10 y también la frecuencia con la que transitaban, dado que realmente no cumplen con la frecuencia establecida se toma un valor promedio de 8 minutos para todas las rutas.

3.4. SOFTWARE VISSIM.

Para la realización del modelo se hizo uso del software PTV Vissim aplicando los conocimientos adquiridos durante el proceso académico y haciendo revisión del manual del software donde se especifica a detalle cada una de las herramientas con que cuenta.

3.4.1. Diseño de geometría en el software

Para el diseño de la geometría se tuvo en cuenta, los sentidos o direcciones del flujo de cada calle, el número de carriles y sus respectivos anchos, los movimientos permitidos en cada una de las intersecciones, la ubicación de las zonas, nodos de decisión, entradas y salidas de vehículos del modelo.

3.4.2. Definición de vehículos

Para la modelación se tienen en cuenta dentro del software los tipos de vehículos autos, buses, camiones, taxis y motocicletas, además de establecer los comportamientos de los conductores mencionados anteriormente.

3.4.3. Cargue de información al software.

La información que se cargó al software fue la referente a fases semafóricas, volúmenes vehiculares mediante matrices origen-destino y las rutas de transporte público. Con lo que fue posible correr el modelo.

3.4.4. Definición de parámetros en el software.

Para poder comparar los datos modelados con los reales y calibrar el modelo se establecieron puntos de recolección de datos llamados en el software “data collection points” los cuales son mencionados en el desarrollo del trabajo.

Se establecieron también los parámetros de la simulación donde se incluyen la duración y fecha de la simulación, número de simulaciones a realizar y los parámetros de la asignación dinámica donde se cargaron las matrices para cada tipo de vehículo.

Finalmente se definieron los resultados que se quieren obtener de la modelación, para este estudio se estableció evaluación para todos los tipos de vehículo en los siguientes parámetros

- Puntos de recolección de datos
- Nodos
- Links
- Resultados generales de la red

3.5. CALIBRACIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS.

Para obtener resultados confiables se usó el parámetro GEH, se realizaron iteraciones y algunas modificaciones a los volúmenes para lograr la calibración del modelo.

3.5.1. Evaluación de resultados

Luego de correr el modelo se establecieron parámetros como niveles de servicio, demoras, velocidades, densidades, colas, distancias, calibración entre otros, que permitieran conocer las condiciones de movilidad de esta zona de la ciudad. Para obtener mejores resultados se realizaron cinco corridas para realizar el análisis de resultados con el promedio de estas.

3.5.2. Creación de escenarios adicionales

En este estudio se desarrolló un escenario adicional en el cual se cerró el paso en la carrera 10 entre calles 25 y 21, escenario que refleja la situación actual.

Tabla 3 Ubicación de entradas y salidas vehiculares

ENTRADAS VEHICULARES				SALIDAS VEHICULARES			
1	Cra 15 cll 15-15 Occidente	15	Viaducto	1	Cra 15 cll 15-15 Occidente	16	Viaducto
2	Cra 15 cll 15-15 Sur	16	Cra 7 Cll 22 Ori	2	Cra 15 cll 15-15 Sur	17	Cra 7 Cll 22 Ori
3	5 esquinas Occidente	17	Cra 7 Cll 21 Ori	3	5 esquinas Occidente	18	Cra 7 Cll 20 Ori
4	5 esquinas Norte	18	Cra 7 Cll 19 Ori	4	5 esquinas Norte	19	Cra 7 Cll 18 Ori
5	Cra 14 cll 18	19	Cra 7 Cll 16 Sur	5	Cra 14 cll 19	20	Cra 7 Cll 17 Ori
6	Cra 14 cll 21	20	cra 8 cll 16 Sur	6	Cra 14 cll 20	21	Cra 7 Cll 16 Sur
7	Cra 14 Cll 22 Occ	21	cra 9 cll 13 ori	7	Cra 14 Cll 22 Occ	22	cra 8 cll 16 Sur
8	Cra 14 Cll 22 N	22	Cll 12 Cra 9 Ori	8	Cra 14 Cll 22 N	23	cra 9 cll 13 ori
9	Cra 11 AV Colón N	23	Cll 12 Cra 9 Sur	9	Av Colón Cra 13A	24	Cll 12 Cra 9 sur
10	Cra 10 Cll 25 N	24	Cll 12 Cra 10 Sur	10	Cra 12 AV. Colón N	25	Cll 12 Cra 10 Sur
11	Cra 9 Cll 25 N	25	Cra 11 Cll 11 sur	11	Cra 10 Cll 25 N	26	Cra 11 Cll 10 ORI
12	Cra 8 Cll 25 N	26	Cra 14 (Sur) Cll 12 Occ	12	Cra 9 Cll 25 N	27	Cra 11 Cll 11 sur
13	Cra 7 Cll 25 N	27	Cra 14 (Sur) Cll 13 Occi	13	Cra 8 Cll 25 N	28	Cra 14 cll 12
14	Cra 7 Cll 25 Ori			14	Cra 7 Cll 25 N	29	Cra 14 cll 13
				15	Cra 7 Cll 25 Ori		

Fuente: Autor.

4.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.2.1. Volúmenes vehiculares

Los volúmenes se organizaron por los tipos de vehículo, auto, taxi, bus y motocicleta, a continuación, se presentan los correspondientes a cada acceso por cada una de las intersecciones. Como se mencionó anteriormente se proyectaron los volúmenes que fueron tomados antes del 2021, con lo que los volúmenes base con los que se modeló la red para cada intersección fueron los siguientes:

Tabla 4 Volúmenes acceso Norte

No.	INTERSECCIÓN	HORA		ACCESO NORTE																				
				Frente (1)					Frente (1)* cra 10					Izquierda (6)					Derecha (9(1))					
				A	B	C	T	M	A	B	C	T	M	A	B	C	T	M	A	B	C	T	M	
1	CRA 11 AV. COLON	17:30	-	18:30	107	0	0	88	20	0	0	0	0	0	40	0	0	9	8	21	0	0	4	7
2	CRA 14 CLL 18	17:30	-	18:30	118	152	11	95	41	0	0	0	0	0	50	82	5	38	11	0	0	0	0	0
3	CRA 11 CLL 18	17:30	-	18:30	101	5	13	79	24	0	0	0	0	0	71	2	7	63	16	0	0	0	0	0
4	CRA 7 CLL 16	17:30	-	18:30	85	151	0	140	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	59	6	0	13
5	CRA 11 CLL 11	17:30	-	18:30	142	99	4	53	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20
6	CRA 8 CLL 16	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	CRA 8 CLL 19	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	CRA 9 CLL 21	17:30	-	18:30	254	95	5	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	9	2	0	7
9	CRA 11 CLL 17	17:30	-	18:30	73	2	11	77	23	0	0	0	0	0	30	4	2	19	13	0	0	0	0	0
10	CRA 15 CLL 17	17:30	-	18:30	128	88	3	47	59	0	0	0	0	0	42	4	5	16	7	4	0	0	2	2
11	CRA 9 CLL 25	17:30	-	18:30	9	0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	2	7	10
12	CRA 7 CLL 24	17:30	-	18:30	29	4	3	6	20	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	9	0	1	0	6
13	CRA 9 CLL 22	17:30	-	18:30	134	101	6	90	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	1	14	4	
14	CRA 12 AV. COLÓN	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	CRA 13A AV. COLÓN	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	CRA 10 CLL 25	17:30	-	18:30	218	84	17	29	60	86	46	0	36	46	105	31	8	50	58	54	3	6	16	20
17	CRA 12 CLL 21	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	CRA 11 CLL 21	17:30	-	18:30	130	0	8	88	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	2	14	62	
19	CRA 14 CRA 12	17:30	-	18:30	200	3	16	50	83	0	0	0	0	0	31	1	3	17	14	0	0	0	0	0
20	CRA 9 CLL16	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	16	7	19	32	
21	CRA 7 CLL 22	17:30	-	18:30	132	3	5	35	54	0	0	0	0	0	134	3	5	52	68	43	11	0	16	7
22	CRA 14 CLL 22	17:30	-	18:30	103	20	10	38	45	0	0	0	0	0	5	0	0	3	12	0	0	1	9	9
23	CRA 14 CLL 17	17:30	-	18:30	243	4	23	66	73	0	0	0	0	0	85	54	7	11	18	35	1	2	4	5

Fuente: Autor.

Tabla 5 Volúmenes acceso Occidente

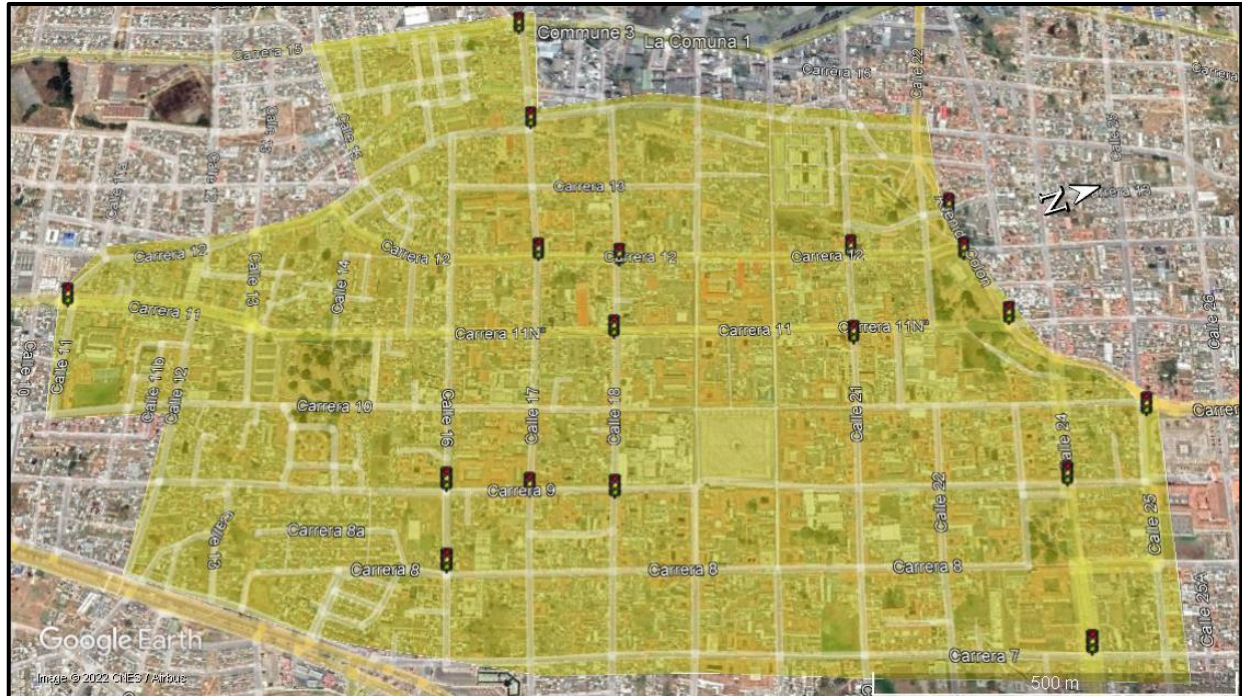
No.	INTERSECCIÓN	HORA		ACCESO OCCIDENTE																								
				Frente (3)					Frente (3)*					Izquierda (7)					Derecha (9(3))					U (13)				
				A	B	C	T	M	A	B	C	T	M	A	B	C	T	M	A	B	C	T	M	A	B	C	T	M
1	CRA 11 AV. COLON	17:30	-	18:30	141	125	30	107	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	CRA 14 CLL 18	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	2	4	25	20	0	0	0	0	
3	CRA 11 CLL 18	17:30	-	18:30	56	75	6	45	16	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	28	4	0	0	0	0		
4	CRA 7 CLL 16	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	CRA 11 CLL 11	17:30	-	18:30	55	0	0	22	19	0	0	0	0	0	24	2	2	10	7	90	2	12	34	33	0	0	0	
6	CRA 8 CLL 16	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	45	7	23	29	20	4	4	4	15	0	0	0	
7	CRA 8 CLL 19	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	CRA 9 CLL 21	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	CRA 11 CLL 17	17:30	-	18:30	122	5	0	96	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	105	0	31	6	0	0	0	0	
10	CRA 15 CLL 17	17:30	-	18:30	18	0	0	7	5	0	0	0	0	0	13	1	2	5	6	7	0	2	3	1	0	0	0	0
11	CRA 9 CLL 25	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	32	7	49	54	0	0	0	0	
12	CRA 7 CLL 24	17:30	-	18:30	237	30	1	67	52	0	0	0	0	0	6	1	0	0	1	80	0	6	36	49	0	0	0	0
13	CRA 9 CLL 22	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CRA 12 AV. COLÓN	17:30	-	18:30	243	17	16	30	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	CRA 13A AV. COLÓN	17:30	-	18:30	202	17	14	25	51	12	0	1	3	4	0	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16	CRA 10 CLL 25	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	CRA 12 CLL 21	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	CRA 11 CLL 21	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	CRA 14 CRA 12	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	CRA 9 CLL16	17:30	-	18:30	179	18	10	92	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	CRA 7 CLL 22	17:30	-	18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	CRA 14 CLL 22	17:30	-	18:30	152	13	22	38	41	0	0	0	0	0	8	0	1	4	4	31	10	1	30	10	0	0	0	0
23	CRA 14 CLL 17	17:30	-	18:30	56	18	4	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	8	9	8	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Fases semafóricas

En la zona de influencia se encontraron 17 intersecciones controladas con semáforos cuya ubicación se muestra en la Ilustración 4 y en la Tabla 8 se presentan las fases semafóricas de cada intersección correspondientes al periodo de simulación que es entre las 5:30 pm y las 6:30 pm de un día típico.

Ilustración 4 Intersecciones semaforizadas



Fuente: Autor.

Tabla 8 Fases semafóricas intersecciones de zona de influencia

No.	INTERSECCIÓN	SENTIDO	ROJO	ROJO-AMARILLO	VERDE	AMARILLO	CICLO
1	CRA 15 CLL 17	NORTE	89	1	28	2	120
		ORIENTE	91	1	26	2	120
		SUR	89	1	28	2	120
		OCCIDENTE	91	1	26	2	120
2	CRA 12 CLL 18	SUR	40	1	42	2	85
		OCCIDENTE	50	1	32	2	85
3	CRA 11 CLL18	NORTE	50	1	30	2	83
		OCCIDENTE	38	1	42	2	83
4	CRA 9 CLL 18	NORTE	52	1	25	2	80
		OCCIDENTE	32	1	45	2	80
5	CRA 9 CLL 19	SUR	25	2	31	2	60
		ORIENTE	39	2	17	2	60
6	CRA 8 CLL 17	SUR	30	2	50	3	85
		OCCIDENTE	55	2	25	3	85
7	CRA 7 CLL 24	NORTE	73	1	26	2	102
		SUR	73	1	26	2	102
		ORIENTE	80	1	19	2	102
		OCCIDENTE	65	1	34	2	102
8	CRA 11 AV. COLÓN CLL 11	NORTE	64	1	23	2	90
		SUR	57	1	30	2	90
		OCCIDENTE	67	1	20	2	90
9	Cra 9 CII 24	NORTE	32	1	35	2	70
		OCCIDENTE	42	1	25	2	70
10	CRA 14 CLL 17	NORTE	65	1	32	2	100
		SUR	77	1	20	2	100
		OCCIDENTE	77	1	20	2	100
11	CRA 12 CLL 17	SUR	33	1	47	2	83
		OCCIDENTE	55	1	25	2	83
12	CRA 8 CLL 16	SUR	87	1	10	2	100
		ORIENTE	50	1	47	2	100
		OCCIDENTE	70	1	27	2	100
13	CRA 9 CLL 16	NORTE	56	2	23	3	84
		SUR	50	3	28	3	84
		ORIENTE	23	3	56	2	84
14	AV. COLON CRA 13A	SUR	81	1	20	3	105
		ORIENTE	81	1	20	3	105
		OCCIDENTE	51	1	50	3	105
15	AV. MALDONADO CLL 25	NORTE- cra 9 y 10	57	1	25	2	85
		NORTE - AV. Colon	26	1	56	2	85
		OCCIDENTE	57	1	25	2	85
		ORIENTE	56	1	26	2	85
		Oriente giro a Sur	63	1	19	2	85
16	CRA 11 CLL 21	Norte	46	1	50	3	100
		Oriente	56	1	40	3	100
17	CRA 12 CLL 21	ORIENTE	26	1	40	3	70
		SUR	46	1	20	3	70

Fuente: Elaboración propia.

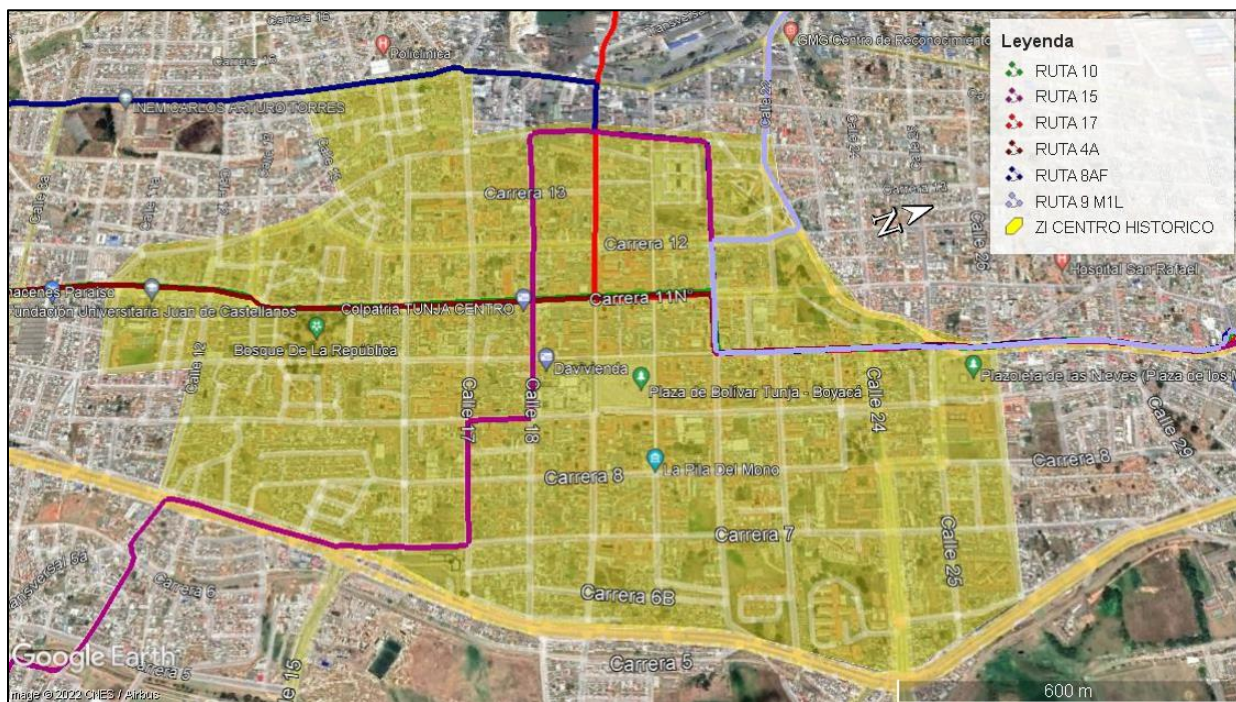
4.2.3. Rutas de transporte público.

La información fue suministrada a la secretaria de tránsito de Tunja por consultores, se encuentran las rutas actuales que atraviesan la zona de influencia además de por donde transitarán con el cierre de la carrera 10, información que se resume a continuación

Rutas que transitaban por la carrera 10: Todas estas rutas vienen del Norte de la ciudad

- Ruta 4A
- Ruta 8AF
- Ruta 9ML1
- Ruta 10 M1T
- Ruta 15
- Ruta 17

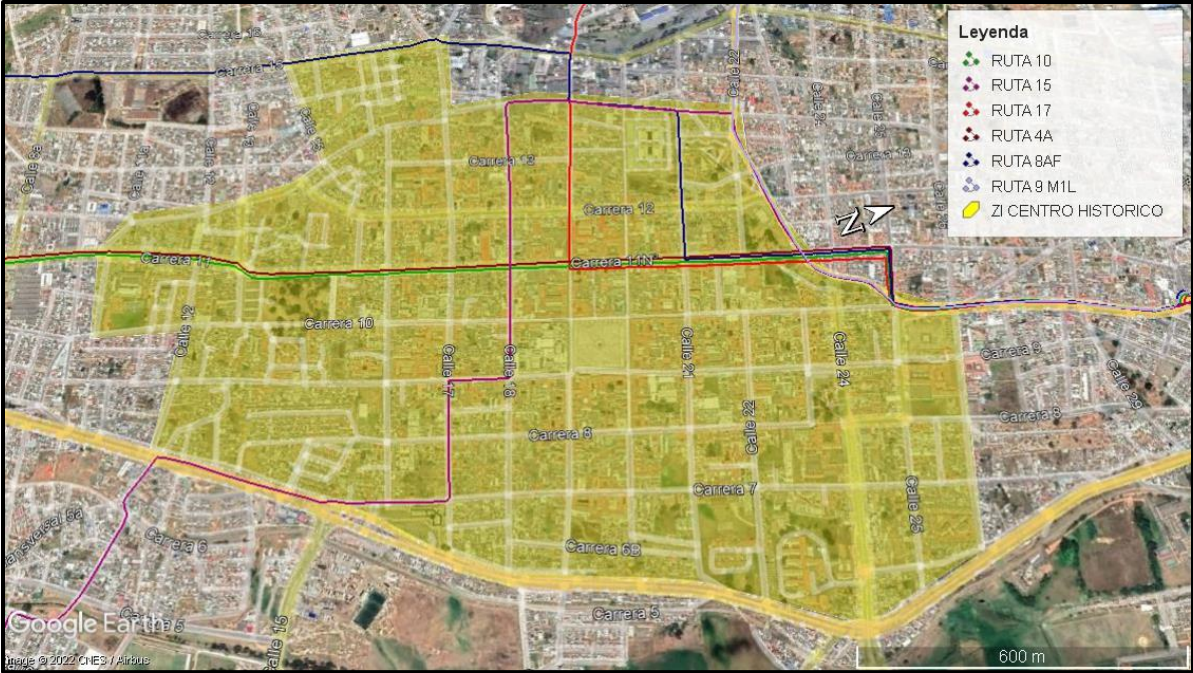
Ilustración 5 Rutas de transporte público que atraviesan la carrera 10.



Fuente: Elaborada a partir de Google Earth.

Con el cierre de la carrera 10 entre calles 21 y 25 estas rutas se desplazarán hacia el Occidente de la ciudad, tomando calle 25 -Carrera 11 o Avenida Colón hasta empalmar con las rutas antiguas como se muestra en la siguiente ilustración

Ilustración 6 Modificación de rutas de transporte público centro histórico de Tunja.



Fuente: Elaborada a partir de Google Earth

4.2.4. Matrices

Luego de definir anteriormente las zonas, entradas y salidas vehiculares se procedió a crear las matrices origen-destino, inicialmente se realizó mediante probabilidad, pero con esta no se logró que se distribuyeran todos los vehículos por lo que fue necesario de manera manual añadir volumen teniendo en cuenta el comportamiento observado en la realidad, en la Tabla 9 se presenta como ejemplo las probabilidades de la matriz origen-destino para los autos, para el resto de vehículos se presentan en el **ANEXO 1**.

Teniendo en cuenta que se quiere calentar el modelo 15 minutos a las matrices obtenidas se les realizó un aumento del 25%, en la Tabla 10 se presenta como ejemplo la matriz de autos de igual manera que con las probabilidades para el resto de vehículos se encuentran en **ANEXO 1**.

4.3. SOFTWARE VISSIM.

4.3.1. Diseño de geometría en software Vissim.

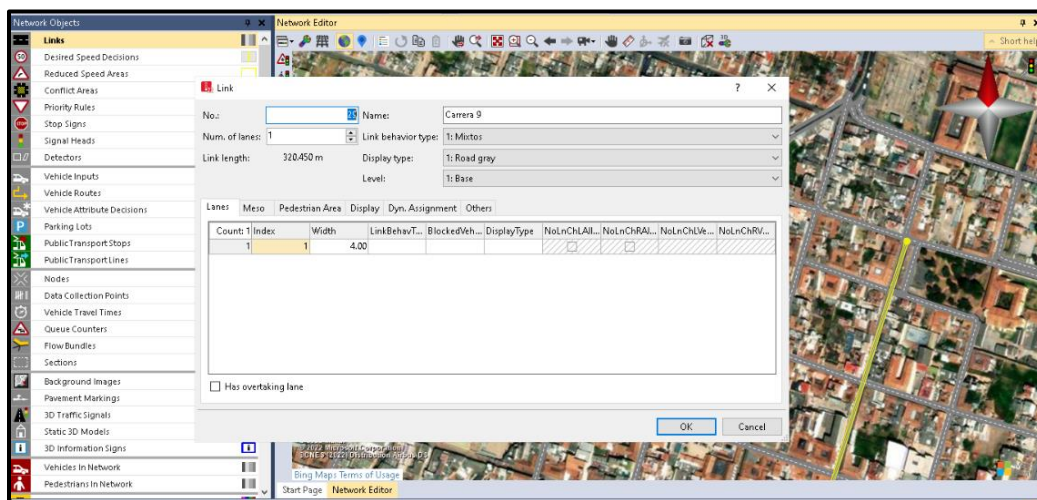
Con la información recolectada ordenada, se procedió a usar el software, iniciando con el diseño de la geometría, para este se usó el mapa del software como guía (Ilustración 7), teniendo en cuenta que no todas las calles cuentan con las mismas dimensiones, fue necesario definir para cada tramo el ancho de carril como se muestra en la Ilustración 8 para la carrera 9. Mientras se creaban los enlaces (links) se verificaba que quedaran con el sentido de circulación correcto y que las conexiones en las intersecciones fueran las reales.

Ilustración 7 Diseño de geometría en software Vissim



Fuente: PTV Vissim

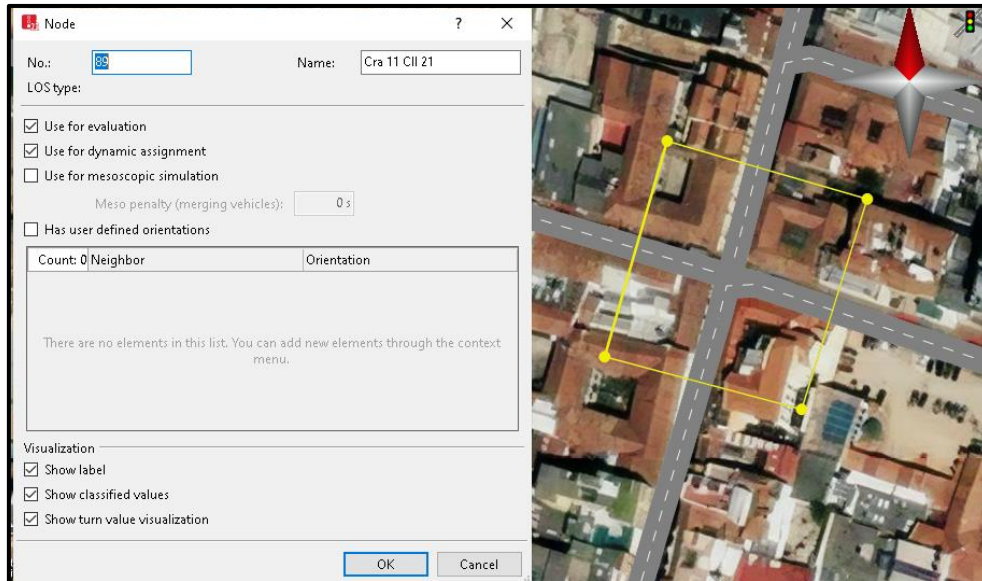
Ilustración 8 Definición de ancho de carril.



Fuente: PTV Vissim

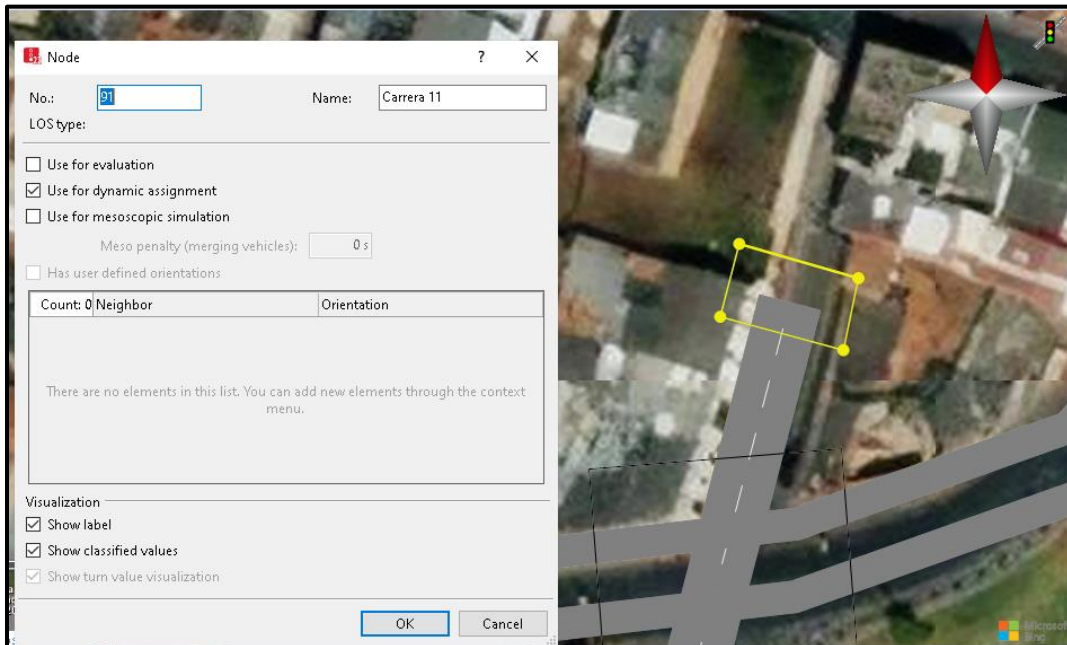
A continuación, se crearon los nodos de decisión (Ilustración 9), para lograr que los vehículos decidan su ruta en las intersecciones y nodos de zonas (Ilustración 10) que tienen como fin definir las zonas de origen y destino del modelo definidas anteriormente.

Ilustración 9 Creación de nodos de decisión.



Fuente: PTV Vissim

Ilustración 10 Creación de nodos o zonas.



Fuente: PTV Vissim.

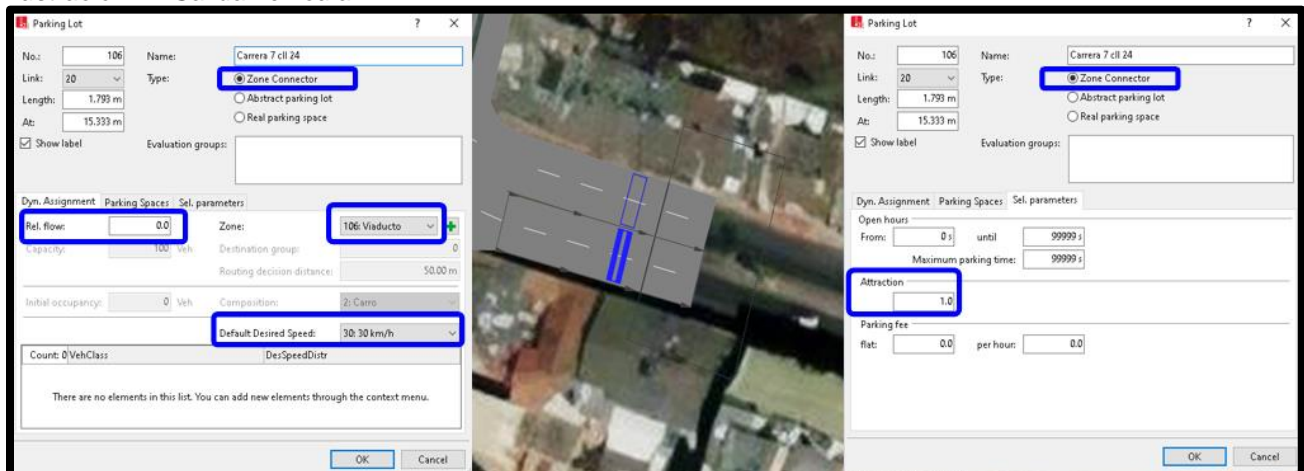
Luego se procedió a crear las entradas vehiculares donde se resaltan los parámetros más importantes a configurar que son:

- Conector de zona
- Flujo relativo =1
- Atracción =0
- Zona

En caso de se tratará de una salida vehicular (Ilustración 11) los parámetros de importancia a configurar fueron los mismos que para las entradas, pero los valores deflujo relativo y atracción se invierten

- Flujo relativo =0
- Atracción =1

Ilustración 11 Salida vehicular.



Fuente: PTV Vissim

4.3.2. Definición de vehículos

➤ Creación de vehículos

Se usaron diferentes modelos de cada tipo de vehículo con el fin de que el modelo se viera realista, en la Ilustración 12 se presenta la lista de modelos 2D/3D usados para el desarrollo de la modelación con su respectiva longitud

Ilustración 12 Modelos 2D/3D de vehículos.

Count: 42	No	Nom	Longitud
1	11	Carro - Volkswagen Jetta	4.415
2	12	Carro - Volkswagen Golf	4.211
3	13	Carro - Audi A4	4.610
4	14	Carro - Mercedes CLK	4.644
5	15	Carro - Peugeot 607	4.761
6	16	Carro - Volkswagen Bee...	4.012
7	17	Carro - Porsche Cayman	4.359
8	18	Carro - Toyota Yaris	3.749
9	19	Carro - Toyota SUV	4.629
10	21	Bus - Padron	12.515
11	22	Bus - Buseton	8.000
12	23	Bus - Buseteta	7.992
13	24	Bus - Microbus	6.392
14	25	Bus - Articulado	18.598
15	26	Bus - Biarticulado	26.443
16	31	Camión - EU 04	10.215
17	32	Camión - WB100T	11.936
18	33	Camión - Kenworth	16.817
19	41	Moto - BMW	2.281
20	42	Moto - Honda	1.969
21	43	Moto - Kawasaki	2.010
22	44	Moto - Harley	2.233
23	51	Cycle Man 02	1.775
24	52	Cycle Man 01	1.775
25	53	Cycle Woman	1.774
26	54	Cycle Carrier Man	2.040
27	55	Cycle Carrier Woman	2.040
28	56	Cycle E Man	1.777
29	57	Cycle E Woman	1.766
30	60	Peatón - Man 01	0.344
31	61	Peatón - Man 02	0.345

Count: 42	No	Nom	Longitud
12	23	Bus - Buseteta	7.992
13	24	Bus - Microbus	6.392
14	25	Bus - Articulado	18.598
15	26	Bus - Biarticulado	26.443
16	31	Camión - EU 04	10.215
17	32	Camión - WB100T	11.936
18	33	Camión - Kenworth	16.817
19	41	Moto - BMW	2.281
20	42	Moto - Honda	1.969
21	43	Moto - Kawasaki	2.010
22	44	Moto - Harley	2.233
23	51	Cycle Man 02	1.775
24	52	Cycle Man 01	1.775
25	53	Cycle Woman	1.774
26	54	Cycle Carrier Man	2.040
27	55	Cycle Carrier Woman	2.040
28	56	Cycle E Man	1.777
29	57	Cycle E Woman	1.766
30	60	Peatón - Man 01	0.344
31	61	Peatón - Man 02	0.345
32	62	Peatón - Man 03	0.348
33	63	Peatón - Man 04	0.344
34	64	Peatón - Woman 01	0.284
35	65	Peatón - Woman 02	0.342
36	66	Peatón - Woman 03	0.341
37	67	Peatón - Woman 04	0.270
38	70	Peatón - Wheelchair	1.203
39	131	Bus Tunja Rojo	8.994
40	132	Taxi Tunja Twingo	3.847
41	133	Bus Tunja Azul	8.994
42	134	Bus Tunja Verde	8.994

Fuente: PTV Vissim.

➤ Tipos de vehículo

Los anteriores modelos 3D se agrupan en diferentes tipos de vehículos, para este estudio se tuvieron en cuenta carro, camión, motocicleta, taxi y bus, para los dos últimos se contó con un diseño y dimensiones similares de los buses que brindan el transporte público en Tunja, dándole algo más de cercanía con la realidad al modeló en la Ilustración 13 se detallan los tipos de vehículos acompañados de algunas características

Ilustración 13 Tipos de vehículos usados en la modelación

Count	No	Nom	Categoría	Model2D3Distr	ColorDistr1	OccupDistr	Capacity
1	10	Carro	Car	10: Carro	10: Carros	1: Auto	5
2	20	SITP	Bus	20: SITP	20: SITP	2: Bus	80
3	21	TPC	Bus	21: TPC	21: TPC	2: Bus	50
4	25	TM	Bus	25: TM	10: Carros	2: Bus	110
5	26	TMB	Bus	26: TMB	26: TMB	2: Bus	280
6	30	Camión	HGV	30: Camión	30: Camiones		2
7	40	Moto	Bike	40: Moto	40: Motos		2
8	50	Bicicleta	Bike	50: Bike	50: Bicicletas		1
9	51	Cyclist, normal, original, man [KK_cykel_normal]	Bike	51: Cyclists, normal, man [KK_cykel_normal]	71: Shirt Man		1
10	52	Cyclist, normal, red light violation, man [KK_cykel_normal_road]	Bike	51: Cyclists, normal, man [KK_cykel_normal]	71: Shirt Man		1
11	53	Cyclist, normal, original, woman [KK_cykel_normal]	Bike	52: Cyclists, normal, woman [KK_cykel_normal]	81: Shirt Woman		1
12	54	Cyclist, normal, red light violation, woman [KK_cykel_normal_road]	Bike	52: Cyclists, normal, woman [KK_cykel_normal]	81: Shirt Woman		1
13	55	Cyclist, carrier, original, man [KK_cykel_Lad]	Bike	53: Cyclists, carrier, man [KK_cykel_Lad]	71: Shirt Man		1
14	56	Cyclist, carrier, red light violation, man [KK_cykel_Lad_road]	Bike	53: Cyclists, carrier, man [KK_cykel_Lad]	71: Shirt Man		1
15	57	Cyclist, carrier, original, woman [KK_cykel_Lad]	Bike	54: Cyclists, carrier, woman [KK_cykel_Lad]	81: Shirt Woman		11
16	58	Cyclist, carrier, red light violation, woman [KK_cykel_Lad_road]	Bike	54: Cyclists, carrier, woman [KK_cykel_Lad]	81: Shirt Woman		1
17	59	Cyclist, electric, original, man [KK_cykel_el]	Bike	55: Cyclists, electric, man [KK_cykel_el]	71: Shirt Man		1
18	60	Cyclist, electric, red light violation, man [KK_cykel_el_road]	Bike	55: Cyclists, electric, man [KK_cykel_el]	71: Shirt Man		1
19	61	Cyclist, electric, original, woman [KK_cykel_el]	Bike	56: Cyclists, electric, woman [KK_cykel_el]	81: Shirt Woman		1
20	62	Cyclist, electric, red light violation, woman [KK_cykel_el_road]	Bike	56: Cyclists, electric, woman [KK_cykel_el]	81: Shirt Woman		1
21	161	Hombre	Pedestrian	61: Hombre	71: Shirt Man		0
22	162	Mujer	Pedestrian	62: Mujer	81: Shirt Woman		0
23	164	Silla de Ruedas	Pedestrian	64: Silla de Ruedas	71: Shirt Man		0
24	165	Carro	Car	65: Carro	10: Carros	1: Auto	5
25	166	Taxi Tunja Twingo	Car	67: Taxi Tunja Twingo	10: Carros	1: Auto	5
26	175	SITP	Bus	68	20: SITP	2: Bus	80
27	320	Bus Tunja	Bus	66: Bus Tunja	10: Carros	2: Bus	20

Fuente: PTV Vissim.

➤ Clases de vehículos

Dentro de estas se agruparon los diferentes tipos de vehículos mencionados en la ilustración anterior, la lista de las que fueron usadas en la modelación se presenta a continuación

Ilustración 14 Clases de vehículos usados en la modelación

Count	No	Nom	VehTypes	UseVehTypeColor	Color
1	10	Carro	10	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0)
2	20	Bus	20,21,175	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 38, 255)
3	25	TM	25,26	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 255, 0, 0)
4	30	Camión	30	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
5	40	Moto	40	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
6	60	Bicicleta	50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,6...	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
7	100	Pedestrian	161,162,164	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
8	101	Carro	165,166	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)
9	111	Bus Tunja	320	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 38, 255)
10	112	Taxi	166	<input checked="" type="checkbox"/>	(255, 0, 0, 0)

Fuente: PTV Vissim.

4.3.3. Cargue de información al software.

➤ Volúmenes vehiculares

Los volúmenes de autos, taxis, camiones y motocicletas se cargaron mediante asignación dinámica usando matrices origen-destino, el flujo de buses de transporte público colectivo se cargaron mediante la herramienta rutas de transporte público.

Ilustración 15 Matrices Origen destino, ejemplo matriz de autos.

Nombre	Total	1 Cra 15 cil 15-15 Occidente	2 Cra 15 cil 15-15 Sur	3 5 esquinas Occidente	4 5 esquinas Norte	5 Cra 14 cil 18	6 Cra 14 cil 19	7 Cra 14 cil 20
1 Cra 15 cil 15-15 Occidente	69.09	106.55	175.51	77.69	495.44	0.00	0.00	96.70
2 Cra 15 cil 15-15 Sur	299.00	0.16	11.25	1.99	10.00	0.00	0.00	1.50
3 5 esquinas Occidente	94.09	36.29	0.46	7.77	229.32	0.00	0.00	7.50
4 5 esquinas Norte	324.35	7.53	13.17	0.02	45.98	0.00	0.00	0.72
5 Cra 14 cil 18	148.44	21.25	81.25	7.07	13.30	0.00	0.00	42.50
6 Cra 14 cil 19	0.00	7.50	5.00	3.75	8.75	0.00	0.00	1.66
7 Cra 14 cil 20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 Cra 14 cil 21	150.27	0.00	1.65	1.46	6.18	0.00	0.00	15.94
9 Cra 14 cil 22 Occ	271.01	0.37	0.76	1.49	4.25	0.00	0.00	4.86
10 Cra 14 cil 22 N	169.90	3.75	6.25	3.58	7.50	0.00	0.00	19.01
11 Av Colón Cra 13 A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12 Cra 12 Av. Colón N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13 Cra 11 Av Colón N	147.12	2.30	3.46	2.29	6.53	0.00	0.00	0.02
14 Cra 10 cil 25 Occ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15 Cra 10 cil 25 N	524.00	0.00	0.00	0.30	0.05	0.00	0.00	0.23
16 Cra 9 Cil 25 N	42.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
17 Cra 8 Cil 25 N	28.58	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07
18 Cra 7 Cil 25 N	107.53	0.00	0.03	0.04	0.12	0.00	0.00	0.11
19 Cra 7 Cil 25 On	112.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
20 Viaducto	277.51	0.02	0.06	0.07	0.02	0.00	0.00	0.11
21 Cra 7 Cil 22 On	137.32	0.01	0.01	0.06	0.17	0.00	0.00	0.03
22 Cra 7 Cil 21 On	100.17	0.01	0.02	0.02	0.07	0.00	0.00	0.04
23 Cra 7 Cil 20 On	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24 Cra 7 Cil 19 On	87.45	2.50	5.00	1.25	2.50	0.00	0.00	0.11
25 Cra 7 Cil 18 On	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26 Cra 7 Cil 17 On	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27 Cra 7 Cil 16 Sur	290.32	8.75	12.50	10.00	18.75	0.00	0.00	1.93
28 Cra 8 cil 16 Sur	116.91	5.00	7.50	3.75	8.75	0.00	0.00	0.37

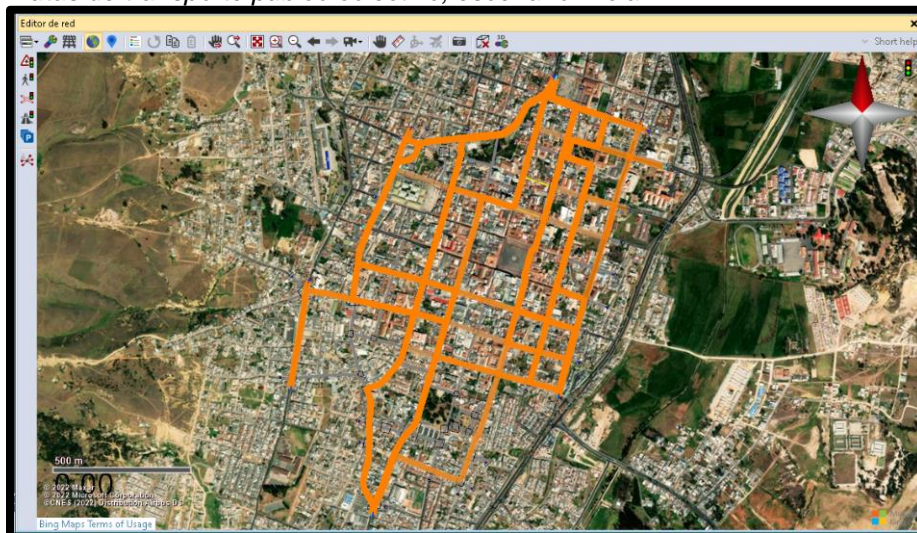
Fuente: PTV Vissim

- Rutas de transporte público

Para el caso de las rutas de transporte público colectivo, es necesario determinar las rutas una por una dentro del software incluyendo su itinerario, para este estudio se usó como promedio 8 minutos para cada ruta, en la

Ilustración 16 se presentan gráficamente las rutas de transporte público en el modelo.

Ilustración 16 Rutas de transporte público colectivo, escenario inicial.

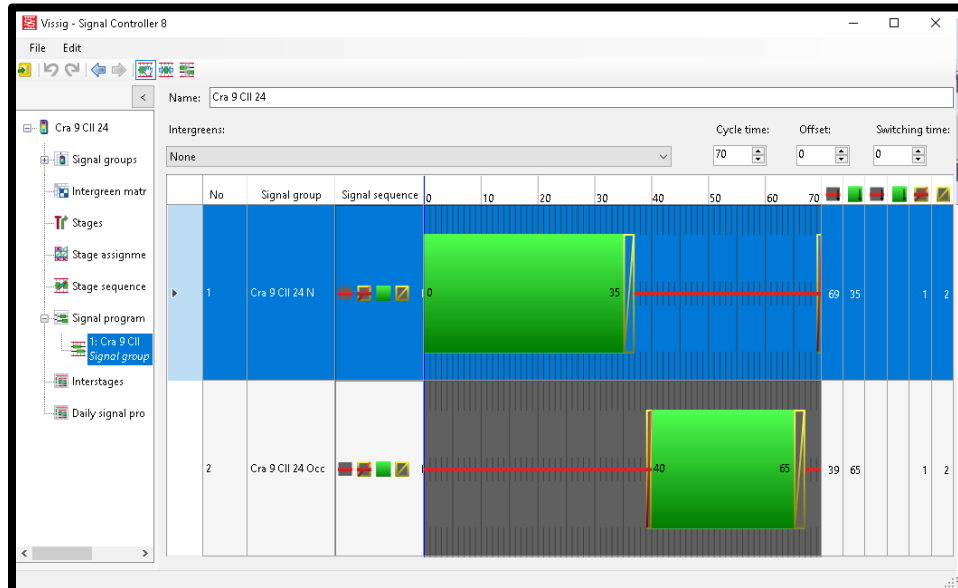


Fuente: Autor en base a PTV Vissim.

➤ Semáforos

Fue necesario establecer primero las fases semafóricas en el software para luego ubicar en las intersecciones correspondientes los semáforos, en la Ilustración 17 se muestra como ejemplo la creación de la fase semafórica para la carrera 9 con calle 24

Ilustración 17 Creación de fases semafóricas en el software.



Fuente: Autor en base a PTV Vissim.

4.3.4. Definición de parámetros en el software

Inicialmente es necesario establecer en las matrices la hora de inicio y final del modelo que para este caso es de 17:30 a 18:30 pm, dado que se quiso realizar un calentamiento de 15 minutos con el fin de que se cuándo se inicie a tomar datos la red este cargada, se colocó como tiempo de la simulación de las 17:15 a 18:30 pm (Ilustración 18) y se incrementaron en 25% los volúmenes de las matrices.

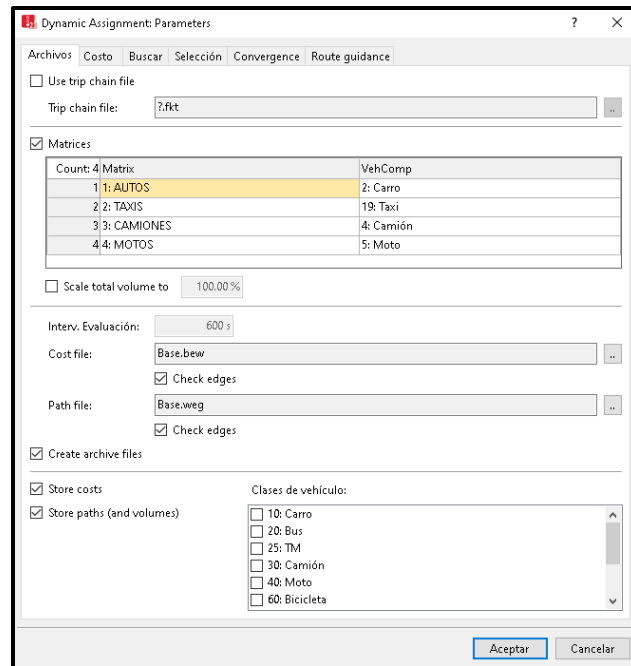
Ilustración 18 Matrices cargadas a la modelación.

Count	No	Nom	FromTime	ToTime
1	1	AUTOS	17:15:00	18:30:00
2	2	TAXIS	17:15:00	18:30:00
3	3	CAMIONES	17:15:00	18:30:00
4	4	MOTOS	17:15:00	18:30:00

Fuente: PTV Vissim.

Se configuraron también los parámetros de asignación dinámica (Ilustración 19) donde es necesario incluir las matrices ya cargadas al software, seleccionando para cada una la composición vehicular correspondiente

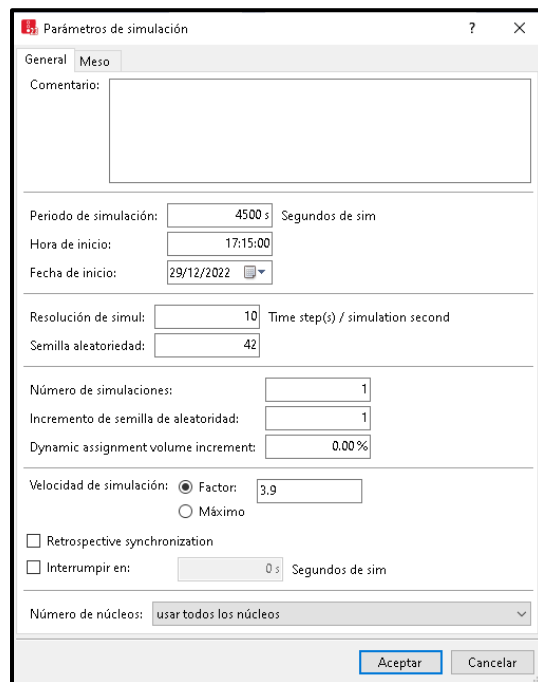
Ilustración 19 Parámetros de asignación dinámica



Fuente: PTV Vissim.

Para lograr que la simulación corra se definieron también los parámetros de la simulación (Ilustración 20), donde es necesario tener en cuenta el tiempo de la simulación, hora, fecha de inicio y número de simulaciones a realizar.

Ilustración 20 Parámetros de la simulación.



Fuente: PTV Vissim

4.4. CALIBRACIÓN DEL MODELO

Para poder establecer la confiabilidad del modelo se realizó la calibración, para lo cual se colocaron algunos puntos de recolección de datos en el centro de la zona de influencia del modelo, en todas las entradas y salidas del modelo que se presentan en la

Tabla 11, esto con el fin de que el modelo sea lo más cercano posible a la realidad.

Tabla 11 Puntos de recolección de datos en el modelo

ENTRADAS VEHICULARES	SALIDAS VEHICULARES	PUNTOS CENTRO HISTORICO	
1: Cra 15 Cll 15 S	30: Cra 15 cll 15 Sur S	90: Cra 9 cll 16 Sur	152: cra 7 entre cll 16-17 S-N
2: Cra 15 Cll 15 Occ	31: Cra 15 cll 15 Occ S	91: Cra 9 cll 16 Norte	155: cra 9 entre cll 25-24
3: Cra 15 Cll 17 Occ	32: cra 15 cll 17 Occ S	Cll 18 entre cra 11-10	156: cll 20 entre cra 7-8
4: Cra 15 Cll 17 N	33: cra 15 cll 17 N S	96: Cra 11 cll 17 N	156: cll 20 entre cra 7-8
5: Cra 14 Cll 18 E	34: cra 14 cll 19 S	97: cra 9 PB	160: cll 17 entre cra 13-14
6: Cra 14 cll 21 Occ E	35: cra 14 cll 20 S	98: cll 18 cra 8 occ	161: cra 9 cll 16 ORI sal
7: Cra 14 Cll 22 Occ	36: cra 14 cll 22 Occ S	99: cra 11 cll 21-18	162: cll 18 cra 12-13
8: Cra 14 Cll 22 N	37: cra 14 cll 22 N S	100: Cra 12 cll 18-21	163: cll 18 cra 13-14
11: Av Colón Cra 11 N	38: Av. Colón cra 13 A N s	129: cll 16 entre 10-11	164: cll 25 entre cra 9-10
12: Cra 10 Cll 25 N	39: Av. Colón cra 12 N s	130: cra 10 entre 22-23	165: Av Colon cll 19-18
13: Cra 9 Cll 25 N	40: cra 10 cll 25 occ s	131: cll 24 entre cra 8-9	166: cra 14 cll 22-cll 21 N-S
14: Cra 8 Cll 25 N	41: cra 10 cll 25 N s	132: cll 18 cra 12 -11	167: CLL 21 entre cra 10-11
15: Cra 7 Cll 25 N	42: cra 9 cll 25 N s	134: cll 17 entre cra 10-11	168: cra 11 cll 21A-21
16: Cra 7 Cll 25 E	43: cra 8 cll 25 N s	135: cra 8 entre cll 19-20	169: cra 11 av colon cll 22
17: Cra 7 Cll 24 Or	44: cra 7 cll 25 N s	136: cra 7 entre cll 24-22 N-S	170: cra 9 entre cll 17 -18
18: Cra 7 Cll 22 Ori	45: cra 7 cll 24 ori s	137: cra 7 entre cll 24-22 S-N	171: cll 17 cra 9 occ
19: Cra 7 Cll 21 Ori	46: cra 7 cll 22 ori s	138: cll 21 entre cra 10-11	
20: Cra 7 Cll 19 Ori	47: cra 7 cll 20 ori s	139: cll 22 entre cra 9-10	
21: Cra 7 Cll 16 S	48: cra 7 cll 18 ori s	140: Cll 22 cra 8A- 9	
22: Cra 8 Cll 16 Ori	49: cra 7 cll 17 ori s	141: cra 9 cll 22-23	
23: Cra 9 Cll 15 Ori	50: cra 7 cll 16 sur s	142: cll 21 entre cra 9-10	
24: Cra 9 Cll 12 Ori	51: cra 8 cll 16 sur s	143: cra 9 cll 25 N	
25: Cra 9 Cll 12 Sur	52: cra 9 cll 15 Ori s	144: cra 9 cll 21-22	
26: Cra 10 Cll 12 Sur	53: cra 9 cll 12 Sur s	146: cll 17 entre cra 7-8	
27: Cra 11 Cll 11 Sur	54: cra 10 cll 12 Sur s	147: cll 24 entre cra 9-10	
28: Av. Colón (S) Cll 12	55: cra 11 cll 11 Ori s	148: cra 8 entre cll 16-17	
29: Av. Colón (S) Cll 13	57: cra 11 cll 11Sur s	149: cra 9 entre cll 23-24	
	58: Av. Colón cll 12 Sur occ	150: cra 14 entre cll 18-17	
	59: Av. Colón cll 13 Sur occ	151: cll 21 entre cra 8-9	

Fuente: Autor.

Se usó el parámetro GEH para calibrar el modelo, llevando el 85% de los datos a tener un valor de GEH inferior a 5, con lo que se establece la confiabilidad del modelo, en la Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14 se presentan para los datos el valor observado en campo (OBS), modelado (MOD) y el parámetro GEH obtenido.

Tabla 12 Calibración GEH, entradas vehiculares

UBICACIÓN	ENTRADAS VEHICULARES																	
	VEH TODOS			AUTOS			CAMION			MOTO			BUS			TAXI		
	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH
1: Cra 15 Cll 15 S	106	108	0.19	51	34	2.61	5	4	0.47	45	45	0.00	12	16	1.07	5	9	1.51
2: Cra 15 Cll 15 Occ	365	320	2.43	232	137	6.99	11	18	1.84	70	95	2.75	0	0	0.00	52	70	2.30
3: Cra 15 Cll 17 Occ	120	149	2.50	64	75	1.32	5	4	0.47	21	24	0.63	0	0	0.00	30	46	2.60
4: Cra 15 Cll 17 N	487	522	1.56	273	271	0.12	17	13	1.03	88	99	1.14	16	24	1.79	93	115	2.16
5: Cra 14 Cll 18 E	173	177	0.30	111	117	0.56	9	7	0.71	28	30	0.37	0	0	0.00	25	23	0.41
6: Cra 14 cll 21 Occ E	163	166	0.23	151	145	0.49	0	0	0.00	6	6	0.00	0	0	0.00	6	15	2.78
7: Cra 14 Cll 22 Occ	367	396	1.48	221	231	0.67	17	14	0.76	57	67	1.27	0	8	4.00	72	76	0.46
8: Cra 14 Cll 22 N	263	303	2.38	135	145	0.85	12	12	0.00	57	72	1.87	20	24	0.85	39	50	1.65
11: Av Colón Cra 11 N	320	337	0.94	142	147	0.42	7	9	0.71	70	77	0.82	0	0	0.00	101	104	0.30
12: Cra 10 Cll 25 N	867	904	1.24	462	444	0.85	6	6	0.00	184	176	0.60	84	136	4.96	131	142	0.94
13: Cra 9 Cll 25 N	58	65	0.89	30	33	0.53	2	1	0.82	16	15	0.25	0	0	0.00	10	16	1.66
14: Cra 8 Cll 25 N	34	35	0.17	22	24	0.42	2	2	0.00	10	9	0.32	0	0	0.00	0	0	0.00
15: Cra 7 Cll 25 N	98	112	1.37	85	94	0.95	2	0	2.00	9	8	0.34	0	8	4.00	2	2	0.00
16: Cra 7 Cll 25 E	121	138	1.49	85	84	0.11	7	8	0.37	14	15	0.26	8	17	2.55	15	14	0.26
17: Cra 7 Cll 24 Or	422	441	0.91	223	210	0.88	5	6	0.43	99	102	0.30	0	0	0.00	95	123	2.68
18: Cra 7 Cll 22 Ori	222	223	0.07	107	105	0.19	3	0	2.45	58	61	0.39	12	8	1.26	54	49	0.70
19: Cra 7 Cll 21 Ori	146	137	0.76	96	102	0.60	1	0	1.41	17	4	4.01	0	0	0.00	32	29	0.54
20: Cra 7 Cll 19 Ori	76	78	0.23	62	69	0.86	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	14	9	1.47
21: Cra 7 Cll 16 S	527	532	0.22	235	216	1.27	11	0	4.69	115	127	1.09	69	64	0.61	97	125	2.66
22: Cra 8 Cll 16 Ori	85	103	1.86	56	71	1.88	5	4	0.47	13	13	0.00	0	0	0.00	11	15	1.11
23: Cra 9 Cll 15 Ori	45	43	0.30	45	43	0.30	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
24: Cra 9 Cll 12 Ori	50	66	2.10	23	31	1.54	4	7	1.28	12	11	0.29	0	0	0.00	11	17	1.60
25: Cra 9 Cll 12 Sur	161	172	0.85	84	87	0.32	3	3	0.00	51	56	0.68	0	0	0.00	23	26	0.61
26: Cra 10 Cll 12 Sur	161	155	0.48	84	80	0.44	5	5	0.00	8	9	0.34	0	0	0.00	64	61	0.38
27: Cra 11 Cll 11 Sur	601	543	2.43	251	256	0.31	11	14	0.85	114	95	1.86	99	72	2.92	97	106	0.89
28: Av. Colón (S) Cll 12	47	40	1.06	34	30	0.71	1	0	1.41	9	9	0.00	0	0	0.00	3	1	1.41
29: Av. Colón (S) Cll 13	52	45	1.01	42	33	1.47	3	2	0.63	2	3	0.63	0	0	0.00	5	7	0.82

Fuente: Autor en base a software PTV Vissim.

Tabla 13 Calibración GEH, salidas vehiculares

UBICACIÓN	SALIDAS VEHICULARES																	
	VEH TODOS			AUTOS			CAMION			MOTO			BUS			TAXI		
	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH
30: Cra 15 cll 15 Sur S	121	170	4.06	63	86	2.66	2	4	1.15	50	48	0.29	12	16	1.07	6	16	3.02
31: Cra 15 cll 15 Occ S	387	360	1.40	224	254	1.94	7	11	1.33	95	77	1.94	0	0	0.00	61	18	6.84
32: cra 15 cll 17 Occ S	80.14	91	1.17	51.14	58	0.93	9	4	1.96	12	19	1.78	0	0	0.00	8	10	0.67
33: cra 15 cll 17 N S	620	599	0.85	364	381	0.88	29	21	1.60	119	91	2.73	0	0	0.00	108	106	0.19
34: cra 14 cll 19 S	109	153	3.84	77	105	2.94	7	6	0.39	16	12	1.07	8	15	2.06	9	15	1.73
35: cra 14 cll 20 S	66	71	0.60	40	50	1.49	5	1	2.31	12	14	0.55	0	0	0.00	9	6	1.10
36: cra 14 cll 22 Occ S	302	268	2.01	175	108	5.63	17	7	2.89	77	79	0.23	23	35	2.23	33	39	1.00
37: cra 14 cll 22 N S	69	99	3.27	44	68	3.21	5	4	0.47	10	9	0.32	0	0	0.00	10	18	2.14
38: Av. Colón cra 13 A N s	40	46	0.91	31	40	1.51	0	0	0.00	4	3	0.53	0	0	0.00	5	3	1.00
39: Av. Colón cra 12 N s	197	207	0.70	81	86	0.55	2	0	2.00	54	62	1.05	0	0	0.00	60	59	0.13
40: cra 10 cll 25 occ s	137	136	0.09	83	95	1.27	6	1	2.67	20	12	2.00	0	0	0.00	28	28	0.00
41: cra 10 cll 25 N s	729	761	1.17	350	424	3.76	26	20	1.25	126	132	0.53	161	114	4.01	66	71	0.60
42: cra 9 cll 25 N s	22	36	2.60	13	23	2.36	2	4	1.15	4	3	0.53	0	0	0.00	3	6	1.41
43: cra 8 cll 25 N s	49	83	4.19	34	58	3.54	3	1	1.41	12	24	2.83	0	0	0.00	0	0	0.00
44: cra 7 cll 25 N s	54	68	1.79	37	45	1.25	3	1	1.41	11	17	1.60	0	0	0.00	3	5	1.00
45: cra 7 cll 24 ori s	448	442	0.28	299	246	3.21	1	0	1.41	87	88	0.11	11	14	0.85	61	94	3.75
46: cra 7 cll 22 ori s	318	325	0.39	123	144	1.82	6	7	0.39	84	73	1.24	0	0	0.00	105	101	0.39
47: cra 7 cll 20 ori s	70	66	0.49	47	39	1.22	0	0	0.00	17	8	2.55	0	0	0.00	6	19	3.68
48: cra 7 cll 18 ori s	243	280	2.29	189	189	0.00	8	1	3.30	20	42	3.95	0	0	0.00	26	48	3.62
49: cra 7 cll 17 ori s	69	94	2.77	46	50	0.58	0	0	0.00	8	26	4.37	0	0	0.00	15	18	0.74
50: cra 7 cll 16 sur s	353	409	2.87	157	197	3.01	9	3	2.45	84	69	1.71	65	57	1.02	103	83	2.07
51: cra 8 cll 16 sur s	83	109	2.65	49	59	1.36	3	0	2.45	21	33	2.31	0	0	0.00	10	17	1.91
52: cra 9 cll 15 Ori s	96	104	0.80	54	41	1.89	1	3	1.41	9	18	2.45	0	0	0.00	32	42	1.64
53: cra 9 cll 12 Sur s	257	209	3.14	133	105	2.57	3	5	1.00	24	20	0.85	0	0	0.00	97	79	1.92
54: cra 10 cll 12 Sur s	312	246	3.95	144	117	2.36	7	3	1.79	57	38	2.76	0	0	0.00	104	88	1.63
55: cra 11 cll 11 Ori s	135	186	4.03	74	106	3.37	1	0	1.41	30	36	1.04	0	0	0.00	30	44	2.30
57: cra 11 cll 11 Sur s	392	507	5.42	211	271	3.86	13	9	1.21	88	122	3.32	99	90	0.93	80	105	2.60
58: Av. Colón cll 12 Sur occ	43	34	1.45	41	33	1.32	2	0	2.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	1	1.41
59: Av. Colón cll 13 Sur occ	82	68	1.62	57	44	1.83	4	4	0.00	17	13	1.03	0	0	0.00	4	7	1.28

Fuente: Autor en base a software PTV Vissim

Tabla 14 Calibración GEH, puntos centro histórico

UBICACIÓN	PUNTOS CENTRO HISTORICO																	
	VEH TODOS			AUTOS			CAMION			MOTO			BUS			TAXI		
	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH
90: Cra 9 cll 16 Sur	332	377	2.39	201	240	2.63	10	7	1.03	70	57	1.63	20	24	0.85	51	73	2.79
91: Cra 9 cll 16 Norte	159	280	8.17	101	190	7.38	7	2	2.36	32	29	0.54	16	15	0.25	19	59	6.41
ClI 18 entre cra 11-10	248	261	0.81	129	164	2.89	16	1	5.14	36	32	0.69	34	0	8.25	67	64	0.37
96: Cra 11 cll 17 N	355	534	8.49	179	244	4.47	7	8	0.37	73	88	1.67	18	43	4.53	96	194	8.14
97: cra 9 PB	510	361	7.14	318	235	4.99	8	1	3.30	59	37	3.18	20	63	6.67	125	88	3.59
98: cll 18 cra 8 occ	327	162	10.55	177	104	6.16	5	0	3.16	36	13	4.65	37	37	0.00	109	45	7.29
99: cra 11 cll 21-18	262	461	10.47	113	180	5.54	9	5	1.51	50	88	4.57	28	15	2.80	90	188	8.31
100: Cra 12 cll 18-21	423	429	0.29	318	299	1.08	8	0	4.00	47	51	0.57	56	81	3.02	50	79	3.61
129: cll 16 entre 10-11	363	520	7.47	177	340	10.14	5	6	0.43	95	63	3.60	24	22	0.42	86	111	2.52
130: cra 10 entre 22-23	112	78	3.49	39	58	2.73	9	0	4.24	27	12	3.40	0	32	8.00	37	8	6.11
131: cll 24 entre cra 8-9	331	394	3.31	173	233	4.21	10	2	3.27	57	77	2.44	136	77	5.72	91	82	0.97
132: cll 18 cra 12 -11	213	327	6.94	88	226	11.01	17	4	4.01	35	34	0.17	21	29	1.60	73	63	1.21
134: cll 17 entre cra 10-11	272	273	0.06	157	135	1.82	0	2	2.00	27	43	2.70	11	15	1.11	88	93	0.53
135: cra 8 entre cll 19-20	498	617	5.04	332	382	2.65	7	3	1.79	54	86	3.82	83	69	1.61	105	146	3.66
136: cra 7 entre cll 24-22 N-S	500	460	1.83	250	242	0.51	5	8	1.18	132	75	5.60	17	16	0.25	113	135	1.98
137: cra 7 entre cll 24-22 S-N	315	289	1.50	210	186	1.71	6	0	3.46	35	37	0.33	0	0	0.00	64	66	0.25
138: cll 21 entre cra 10-11	284	223	3.83	147	91	5.13	9	1	3.58	48	38	1.52	58	38	2.89	80	93	1.40
139: cll 22 entre cra 9-10	137	57	8.12	50	36	2.13	10	1	3.84	18	7	3.11	0	7	3.74	59	13	7.67
140: ClI 22 cra 8A- 9	272	173	6.64	133	84	4.70	6	2	2.00	61	50	1.48	57	77	2.44	72	37	4.74
141: cra 9 cll 22-23	345	378	1.74	192	211	1.34	9	2	2.98	48	62	1.89	87	55	3.80	96	103	0.70
142: cll 21 entre cra 9-10	127	192	5.15	91	67	2.70	4	1	1.90	18	33	2.97	0	8	4.00	14	91	10.63
143: cra 9 cll 25 N	466	352	5.64	314	244	4.19	1	8	3.30	65	46	2.55	48	69	2.75	86	54	3.82
144: cra 9 cll 21-22	470	440	1.41	298	233	3.99	7	2	2.36	40	64	3.33	85	63	2.56	125	141	1.39
146: cll 17 entre cra 7-8	264	221	2.76	129	108	1.93	13	1	4.54	37	42	0.80	25	22	0.62	85	70	1.70
147: cll 24 entre cra 9-10	191	213	1.55	113	144	2.73	8	2	2.68	45	28	2.81	0	8	4.00	25	39	2.47
148: cra 8 entre cll 16-17	320	396	4.02	201	234	2.24	10	5	1.83	67	59	1.01	20	21	0.22	42	98	6.69
149: cra 9 entre cll 23-24	316	294	1.26	167	165	0.16	6	0	3.46	50	48	0.29	68	55	1.66	93	81	1.29
150: cra 14 entre cll 18-17	542	297	11.96	356	207	8.88	25	9	3.88	80	40	5.16	59	44	2.09	81	41	5.12
151: cll 21 entre cra 8-9	168	111	4.83	111	67	4.66	12	0	4.90	22	6	4.28	0	8	4.00	23	38	2.72
152: cra 7 entre cll 16-17 S-N	151	169	1.42	59	69	1.25	10	0	4.47	50	60	1.35	73	56	2.12	32	40	1.33
155: cra 9 entre cll 25-24	297	373	4.15	109	207	7.80	4	0	2.83	97	59	4.30	59	48	1.50	87	107	2.03
156: cll 20 entre cra 7-8	305	350	2.49	227	228	0.07	6	1	2.67	60	51	1.21	0	0	0.00	12	70	9.06
156: cll 20 entre cra 7-8	94	478	22.71	43	314	20.28	1	3	1.41	38	57	2.76	17	21	0.92	12	104	12.08
160: cll 17 entre cra 13-14	368	302	3.61	224	203	1.44	14	0	5.29	80	25	7.59	72	67	0.60	50	74	3.05
161: cra 9 cll 16 ORI sal	213	303	5.60	142	182	3.14	1	5	2.31	38	49	1.67	20	24	0.85	32	67	4.97
162: cll 18 cra 12-13	268	301	1.96	225	208	1.16	2	3	0.63	13	31	3.84	42	37	0.80	28	59	4.70
163: cll 18 cra 13-14	193	244	3.45	115	170	4.61	6	3	1.41	50	27	3.71	42	37	0.80	22	44	3.83
164: cll 25 entre cra 9-10	300	329	1.64	213	218	0.34	5	5	0.00	27	49	3.57	55	58	0.40	55	57	0.27
165: Av Colon cll 19-18	466	364	5.01	360	260	5.68	8	5	1.18	20	37	3.18	95	81	1.49	78	62	1.91
166: cra 14 cll 22-cll 21 N-S	347	123	14.61	213	67	12.34	9	9	0.00	57	23	5.38	30	32	0.36	68	24	6.49
167: CLL 21 entre cra 10-11	323	275	2.78	147	164	1.36	24	6	4.65	72	52	2.54	42	30	2.00	80	53	3.31
168: cra 11 cll 21A-21	418	509	4.23	244	252	0.51	13	10	0.88	59	101	4.70	5	7	0.82	102	146	3.95
169: cra 11 av colon cll 22	248	302	3.26	138	135	0.26	9	9	0.00	48	64	2.14	0	0	0.00	53	94	4.78
170: cra 9 entre cll 17 -18	347	350	0.16	244	236	0.52	10	2	3.27	36	37	0.17	34	22	2.27	57	75	2.22
171: cll 17 cra 9 occ	354	243	6.42	233	135	7.22	6	1	2.67	78	42	4.65	21	15	1.41	37	65	3.92

Fuente: Autor en base a software PTV Vissim

En la Tabla 15 se presenta el resumen de la calibración del modelo, donde se evidencia que todas las clases de vehículos obtuvieron una calibración superior al 85% y que los vehículos que quedaron mejor calibrados, fueron los camiones, motos y buses.

Tabla 15 Resumen de calibración del modelo.

PORCENTAJE	VEHICULOS	AUTOS	CAMION	MOTO	BUS	TAXI
85%	88	89	100	101	97	89

Fuente: Autor.

4.5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Luego de lograr la calibración del modelo se establecieron algunos indicadores para cada clase de vehículo con el fin de determinar el estado de la red vial de la zona de estudio, que son:

- Demoras promedio
- Paradas promedio
- Velocidades promedio
- Tiempo medio de parada por vehículo
- Distancia total
- Tiempo total de viaje
- Demora total
- Retraso total
- Tiempo total de parada
- Número total de vehículos en la red al final de la simulación.
- Número total de vehículos que ya han llegado a su destino y han sido retirados de la red antes de finalizar la simulación.

Tabla 16 Resultados de la red en general por clase de vehículo.

SIMULACIÓN	CLASE VEH	DEMORA PROMEDIO (Seg)	PROMEDIO PARADAS/VEH	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)	TIEMPO MEDIO DE PARADA/VEH	DISTANCIA TOTAL (m)	TIEMPO TOTAL DE VIAJE (Seg)	DEMORA TOTAL (Seg)	NÚMERO DE PARADAS TOTALES	TIEMPO TOTAL DE PARADA	VEH ACT	VEH ARR
1	ALL	51	2	23	40	7489080	1190230	340178	11431	267492	330	6323
1	Auto	51	2	23	41	4102463	651389	185751	6270	146335	173	3434
1	Camión	32	1	24	23	107799	16407	4267	123	3146	4	130
1	Moto	40	1	23	32	1177327	183949	50296	1628	39947	50	1214
1	Bus	99	4	20	76	621566	109289	38374	1362	29406	45	342
1	Taxi	49	2	23	39	1479925	229197	61491	2048	48659	58	1203
2	ALL	47	2	23	37	7359342	1144370	311008	10352	246208	355	6220
2	Auto	47	2	23	38	4062520	629392	169657	5687	134344	186	3389
2	Camión	30	1	24	22	99290	15158	3954	113	2946	5	126
2	Moto	37	1	24	30	1181067	180771	47244	1518	37796	55	1214
2	Bus	93	3	21	72	621095	107004	36122	1283	27990	44	345
2	Taxi	45	1	24	36	1395370	212044	54031	1751	43132	65	1146
3	ALL	46	2	23	37	7399950	1142401	303667	10026	240386	379	6172
3	Auto	47	2	23	37	4070543	630292	168872	5546	134255	194	3389
3	Camión	30	1	24	22	112698	16718	3967	121	2901	5	129
3	Moto	35	1	24	28	1198340	179769	44408	1452	35049	69	1190
3	Bus	86	3	21	67	620857	104171	33208	1192	25619	44	341
3	Taxi	45	1	24	36	1397513	211451	53211	1715	42562	67	1123
4	ALL	46	2	23	36	7421444	1140028	299015	9856	236786	345	6222
4	Auto	45	1	24	35	4030989	616071	159272	5285	126373	189	3384
4	Camión	33	1	23	25	104942	16510	4728	127	3584	8	134
4	Moto	37	1	24	29	1212749	183189	45869	1472	36354	42	1213
4	Bus	83	3	22	63	622333	102788	31799	1165	24319	43	340
4	Taxi	47	1	24	38	1450430	221468	57346	1807	46155	63	1151
5	ALL	46	2	23	37	7364963	1137786	303597	10005	240598	330	6248
5	Auto	46	2	23	37	4049837	625584	166842	5503	132605	173	3422
5	Camión	35	1	23	26	112329	17728	5124	145	3831	7	139
5	Moto	37	1	24	29	1180894	179207	46062	1476	36518	43	1216
5	Bus	87	3	21	67	623307	104707	33610	1191	25970	44	344
5	Taxi	44	1	24	35	1398596	210559	51959	1690.0	41675	63	1127

Fuente: Autor en base a resultados PTV Vissim.

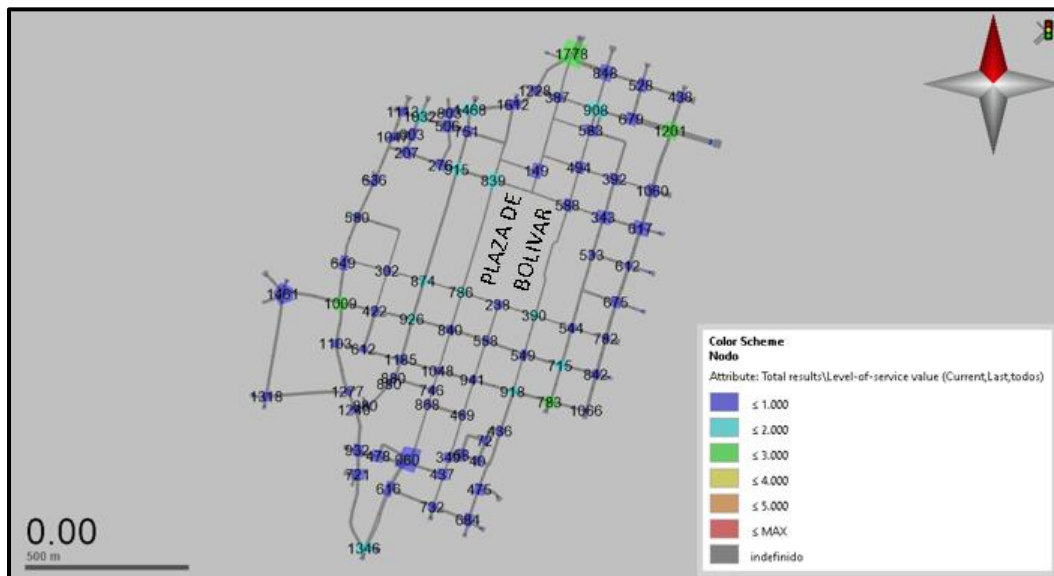
Tabla 17 Resultados generales promedio, desviación estándar, mínimo y máximo.

SIMULACIÓN	CLASE VEH	DEMORA PROMEDIO (Seg)	PROMEDIO PARADAS/VEH	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)	TIEMPO MEDIO DE PARADA/VEH	DISTANCIA TOTAL (m)	TIEMPO TOTAL DE VIAJE (Seg)	DEMORA TOTAL (Seg)	NÚMERO DE PARADAS TOTALES	TIEMPO TOTAL DE PARADA	VEH ACT	VEH ARR
AVERAGE	ALL	47.29	1.57	23.17	37.40	7406956	1150962.9	311492.9	10334.0	246294.00	347.80	6237
AVERAGE	Auto	47.41	1.58	23.20	37.57	4063270	630545.9	170079.0	5658.2	134782.30	183.00	3404
AVERAGE	Camión	32.00	0.91	23.44	23.82	107412	16504.2	4407.9	125.8	3281.74	5.80	132
AVERAGE	Moto	37.09	1.20	23.62	29.44	1190076	181377.16	46775.75	1509.20	37132.83	51.80	1209
AVERAGE	Bus	89.58	3.21	21.21	68.98	621832	105591.74	34622.64	1238.60	26660.61	44.00	342
AVERAGE	Taxi	45.80	1.48	23.64	36.60	1424367	216943.92	55607.62	1802.20	44436.51	63.20	1150
STAND DEVEST	ALL	2.24	0.09	0.31	1.65	52521	22090.38	16601.06	639.40	12319.71	20.41	55
STAND DEVEST	Auto	2.54	0.10	0.32	1.89	26514	12941.81	9676.19	371.17	7235.29	9.57	23
STAND DEVEST	Camión	2.25	0.05	0.60	1.90	5575	917.06	508.78	11.88	409.20	1.64	5
STAND DEVEST	Moto	1.67	0.05	0.37	1.39	15086	2095.47	2210.47	70.62	1849.43	10.99	11
STAND DEVEST	Bus	6.43	0.20	0.52	4.95	999	2565.30	2613.44	82.24	2021.59	0.71	2
STAND DEVEST	Taxi	2.12	0.08	0.25	1.59	38704	8147.75	3846.4	144.27	2899.27	3.35	32
MIN	ALL	45.53	1.50	22.65	36.06	7359342	1137785.7	299014.6	9856	236785.58	330.00	6172
MIN	Auto	44.58	1.48	22.67	35.37	4030989	616071.5	159272.0	5285	126372.92	173.00	3384
MIN	Camión	29.61	0.86	22.81	21.65	99290	15158.3	3953.9	113	2901.03	4.00	126
MIN	Moto	35.27	1.15	23.04	27.84	1177327	179206.7	44408.3	1452	35049.48	42.00	1190
MIN	Bus	83.03	3.04	20.47	63.50	620857	102788.2	31799.1	1165	24318.87	43.00	340
MIN	Taxi	43.66	1.42	23.25	35.02	1395370	210559.3	51959.1	1690	41674.64	58.00	1123
MAX	ALL	51.13	1.72	23.44	40.21	7489080	1190230.5	340178.2	11431	267491.75	379.00	6323
MAX	Auto	51.50	1.74	23.55	40.57	4102463	651389.2	185751.1	6270	146335.11	194.00	3434
MAX	Camión	35.10	0.99	24.27	26.24	112698	17727.80	5123.9	145	3831.36	8.00	139
MAX	Moto	39.79	1.29	24.00	31.60	1212749	183949.30	50295.50	1628	39946.58	69.00	1216
MAX	Bus	99.16	3.52	21.80	75.98	623307	109288.70	38373.90	1362	29405.71	45.00	345
MAX	Taxi	48.76	1.62	23.91	38.59	1479925	229196.80	61491.15	2048	48658.64	67.00	1203

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

El programa PTV Vissim clasifica los niveles de servicio de 1 a 6, los que se correlacionan con las letras de A, B, C, D, E y F, disminuyendo su eficiencia en ese mismo orden. En la zona de estudio para las intersecciones se observaron niveles de servicio entre A, B, C; en la Ilustración 21, se señalan de forma gráfica las intersecciones con sus respectivos niveles de servicio y flujo vehicular, la determinación del nivel de servicio del software es según la HCM 2010, la cual los determina en función de las demoras máximas.

Ilustración 21 Niveles de servicio de intersecciones



Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

Para las intersecciones con niveles de servicio más deficientes, se presenta en la Tabla 18 la información más detallada, incluyendo la demora, demora por paradas y paradas

teniendo en cuenta el valor promedio de todos los vehículos, para el resto de intersecciones se presentan los resultados en el anexo 1

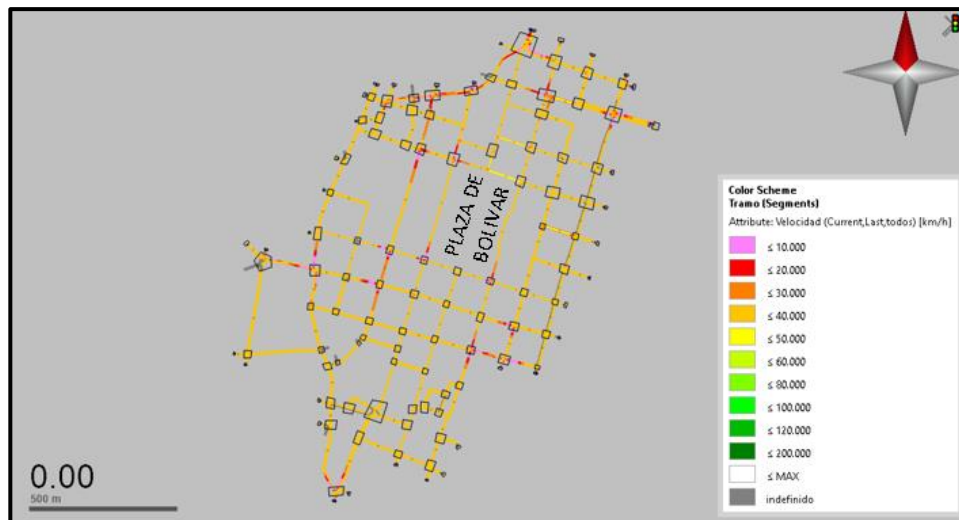
Tabla 18 Intersecciones con niveles de servicio más deficientes

SIMULACIÓN	INTERVALO DE TIEMPO	CLASE DE VEH	INTERSECCION	VEH	DEMORA SEG/ VEH	NIVEL SERVICIO	TIEMPO DE PARADA VEH	PARADAS
Promedio	900-4500	Todos	40: cra 11 cll 11	1260	20.31	C	17.43	0.55
Promedio	900-4500	Todos	52: cra 8 cll 16	848	21.32	C	17.55	0.60
Promedio	900-4500	Todos	53: cra 9 cll 16	990	19.52	B	16.07	0.62
Promedio	900-4500	Todos	68: cra 14 cll 17	897	31.48	C	26.74	0.82
Promedio	900-4500	Todos	70: cra 12 cll 17	814	12.77	B	9.70	0.52
Promedio	900-4500	Todos	74: cra 8 cll 17	719	10.81	B	8.30	0.44
Promedio	900-4500	Todos	79: cra 11 cll 18	825	15.20	C	11.91	0.59
Promedio	900-4500	Todos	81: cra 9 cll 18	558	19.24	B	14.82	0.77
Promedio	900-4500	Todos	88: cra 12 cll 21	811	16.00	B	11.97	0.65
Promedio	900-4500	Todos	89: cra 11 cll 21	776	13.28	B	10.53	0.49
Promedio	900-4500	Todos	102: Av. Colón Cra 13 A	991	11.94	B	10.36	0.30
Promedio	900-4500	Todos	106: viaducto	1135	27.97	C	23.97	0.74
Promedio	900-4500	Todos	111: Cll 25 con Cra 10	1820	29.36	C	22.93	1.03
Promedio	900-4500	Todos	118: carrera 12 con Av. Colón	1369	13.34	B	10.46	0.45

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

En cuanto a velocidad, en la zona de influencia del estudio se presentan velocidades de máximo 40 km/h, siendo en la cercanía a algunas intersecciones incluso menor a 10 km/h, como se muestra en la Ilustración 22

Ilustración 22 Velocidades alcanzadas en la zona de estudio en Km/h



Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

Los valores de los parámetros de cola máxima, longitud promedio de cola longitud de cola máxima, suma distancias, suma demoras, suma paradas y suma velocidades para las intersecciones con comportamientos más críticos en la Tabla 19.

Tabla 19 Resultados generales de colas, suma de distancias, demoras, paradas y velocidades.

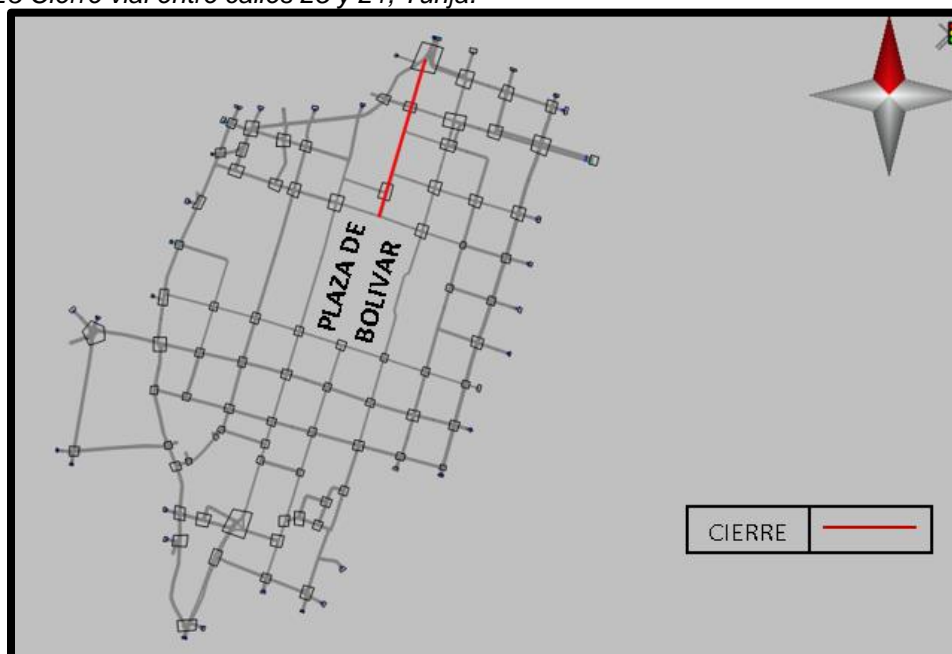
INTERVALO DE TIEMPO	INTERSECCION	LONGITUD PROMEDIO DE COLA	LONGITUD DE COLA MAXIMA	SUMA DISTANCIAS	SUMA DEMORAS	SUMA PARADAS	SUMA VELOCIDADES
PROMEDIO	40: cra 11 dcl 11	11.95	83.26	178594.42	25594.10	690.20	11382.75
PROMEDIO	52: cra 8 dcl 16	5.08	74.59	92233.65	18060.34	512.20	7653.03
PROMEDIO	53: cra 9 dcl 16	6.47	77.67	113431.98	19339.95	616.00	8941.12
PROMEDIO	67: cra 15 dcl 15	1.01	56.98	192136.99	4019.04	107.60	12012.85
PROMEDIO	68: cra 14 dcl 17	12.83	82.91	124278.31	28260.24	734.80	8102.71
PROMEDIO	70: cra 12 dcl 17	9.33	96.67	100957.66	10389.27	419.40	7348.73
PROMEDIO	74: cra 8 dcl 17	3.77	56.74	85416.29	7775.01	319.20	6496.55
PROMEDIO	78: cra 12 dcl 18	2.67	100.78	103179.49	5735.04	277.40	7807.18
PROMEDIO	79: cra 11 dcl 18	7.61	73.47	148714.26	12540.07	485.80	7442.22
PROMEDIO	81: cra 9 dcl 18	6.19	79.72	108098.47	10748.06	429.80	5033.30
PROMEDIO	88: cra 12 dcl 21	5.12	104.22	151693.47	12972.52	529.20	7313.54
PROMEDIO	89: cra 11 dcl 21	4.69	69.08	142797.03	10309.22	381.00	7001.14
PROMEDIO	102: Av. Colón Cra 13 A	4.81	99.58	74116.53	11828.51	294.00	8937.28
PROMEDIO	104: cra 12 dcl 22	0.18	35.44	64928.60	630.51	30.60	5536.26
PROMEDIO	106: viaducto	6.41	63.41	168004.11	31740.83	837.00	10238.36
PROMEDIO	108: cra 9 dcl 24	2.58	57.24	90025.14	7802.74	349.40	7540.23
PROMEDIO	111: Cll 25 con Cra 10	19.17	127.24	233568.83	53514.73	1886.60	16413.44
PROMEDIO	114: cra 7 dcl 25	0.06	28.36	27661.09	103.52	3.00	3847.45
PROMEDIO	18: carrera 12 con Av. Coló	6.89	93.75	125181.91	18258.22	614.00	12342.80
PROMEDIO	119: Av. Colón con Cra 11	5.15	124.79	146159.36	14300.44	571.40	13450.03

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

4.6. SEGUNDO ESCENARIO

En un segundo escenario se cierra el paso por la carrera 10 entre calles 25 y 21 (Ilustración 23), este cierre no afecta a la calle 24 la cual sigue manteniendo su sentido de flujo occidente-oriente y el resto de calles solo se permitirá la entrada de vehículos para acceder a parqueaderos.

Ilustración 23 Cierre vial entre calles 25 y 21, Tunja.



Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

Tabla 20 Resultados red general con cierre de carrera 10.

SIMULACIÓN	CLASE VEH	DEMORA PROMEDIO (Seg)	PROMEDIO PARADAS POR VEH	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)	TIEMPO MEDIO DE PARADA/VEH	DISTANCIA TOTAL (m)	TIEMPO TOTAL DE VIAJE (Seg)	DEMORA TOTAL (Seg)	NÚMERO DE PARADAS TOTALES	TIEMPO TOTAL DE PARADA	VEH ACT	VEH ARR
1	Todo	47.15	1.55	23.21	37.24	7518212.62	1166354.20	313179.55	10317	247340	329	6313
1	Auto	48.11	1.59	23.18	38.10	4152372.06	644921.20	173631.82	5738	137486	175	3434
1	Camión	28.47	0.81	24.32	20.62	107919.74	15976.10	3814.73	108	2763	4	130
1	Moto	37.19	1.18	23.48	29.67	1177921.76	180577.00	46974.72	1487	37471	50	1213
1	Bus	83.05	3.00	21.50	63.06	588082.43	98462.80	31228.46	1127	23710	41	335
1	Taxi	45.66	1.47	23.72	36.44	1491916.63	226417.10	57529.83	1857	45910	59	1201
2	Todo	46.08	1.53	23.33	36.37	7346129.60	1133563.40	301983.47	10010	238360	349	6205
2	Auto	46.68	1.54	23.38	36.91	4079117.52	628139.10	166823.81	5501	131931	184	3390
2	Camión	29.48	0.84	23.82	21.63	99853.26	15093.40	3832.84	109	2813	5	125
2	Moto	36.27	1.16	23.72	28.93	1187160.48	180194.30	45917.71	1474	36631	56	1210
2	Bus	86.22	3.24	21.17	65.78	580421.56	98700.10	32334.32	1214	24667	43	332
2	Taxi	43.90	1.42	23.83	35.00	1399576.77	211436.50	53074.79	1712	42319	61	1148
3	Todo	46.02	1.53	23.37	36.24	7385977.61	1137861.50	300922.65	10006	236978	376	6163
3	Auto	47.53	1.57	23.23	37.61	4090432.22	633795.00	170154.44	5612	134652	193	3387
3	Camión	28.87	0.91	24.42	20.89	112490.81	16581.00	3868.89	122	2799	5	129
3	Moto	35.08	1.14	24.00	27.59	1195337.77	179274.50	44271.85	1442	34821	69	1193
3	Bus	81.56	3.05	21.68	61.80	582879.13	96808.00	30259.32	1130	22929	42	329
3	Taxi	43.93	1.43	23.92	35.05	1404837.68	211403.00	52368.15	1700	41777	67	1125
4	Todo	45.55	1.51	23.43	35.95	7400687.03	1137275.90	298807.73	9903	235847	343	6217
4	Auto	44.68	1.49	23.57	35.29	4050971.28	618733.80	159866.10	5325	126274	184	3394
4	Camión	33.90	0.94	22.70	25.44	105107.02	16667.70	4848.27	134	3638	8	135
4	Moto	37.56	1.19	23.67	29.91	1211178.21	184185.50	47097.04	1493	37509	44	1210
4	Bus	82.50	3.10	21.58	62.53	584905.10	97568.30	30771.89	1156	23323	42	331
4	Taxi	46.39	1.48	23.69	37.21	1448525.43	220120.60	56224.43	1795	45102	65	1147
5	Todo	46.72	1.53	23.26	36.99	7389169.83	1143860.50	307161.42	10068	243228	330	6245
5	Auto	47.29	1.55	23.24	37.51	4093617.74	634020.10	170498.12	5588	135222	174	3431
5	Camión	36.38	1.08	22.53	27.39	111282.60	17784.20	5311.48	158	3999	7	139
5	Moto	37.51	1.17	23.62	29.85	1190547.52	181466.40	47305.64	1481	37637	44	1217
5	Bus	84.61	3.03	21.38	65.19	586412.41	98718.20	31730.12	1137	24447	42	333
5	Taxi	44.04	1.43	23.91	35.29	1407309.55	211871.60	52316.06	1704	41923	63	1125

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

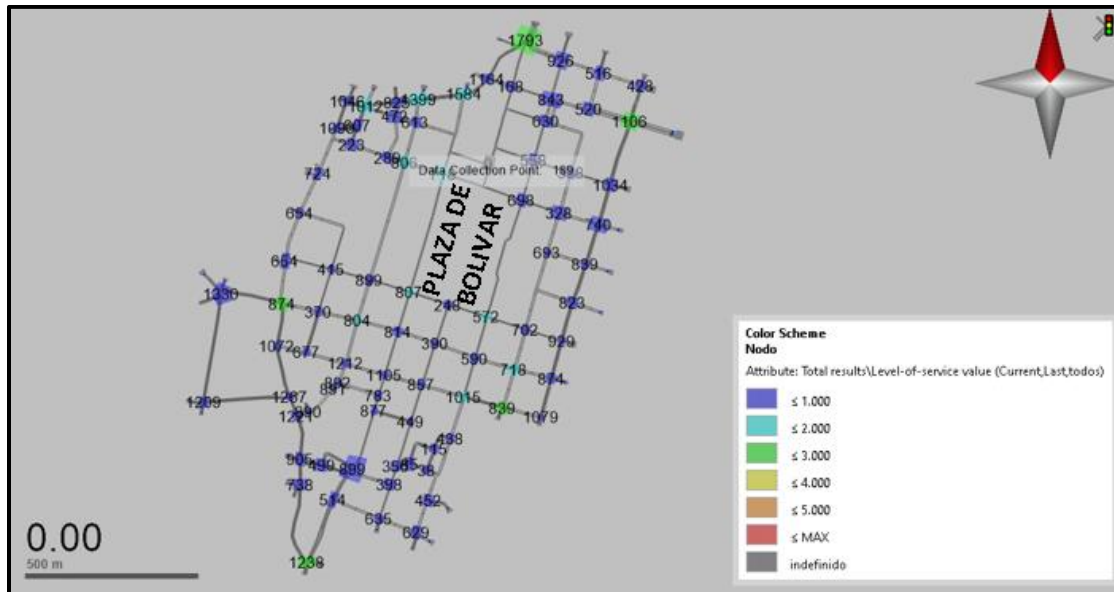
Tabla 21 Resultados generales con cierre de carrera 10 entre calles 25 y 21, promedio, desviación estándar, mínimo y máximo.

SIMULACIÓN	CLASE VEH	DEMORA PROMEDIO (Seg)	PROMEDIO PARADAS/VEH	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)	TIEMPO MEDIO DE PARADA/VEH	DISTANCIA TOTAL (m)	TIEMPO TOTAL DE VIAJE (Seg)	DEMORA TOTAL (Seg)	NÚMERO DE PARADAS TOTALES	TIEMPO TOTAL DE PARADA	VEH ACT	VEH ARR
Promedio	Todo	46.30	1.53	23.32	36.56	7408035.34	1143783.10	304410.97	10060.80	240350.55	345.40	6228.60
Promedio	Auto	46.86	1.55	23.32	37.08	4093302.16	631921.84	168194.86	5552.80	133113.16	182.00	3407.20
Promedio	Camión	31.42	0.91	23.56	23.19	107330.68	16420.48	4335.24	126.20	3202.30	5.80	131.60
Promedio	Moto	36.72	1.17	23.70	29.19	1192429.15	181139.54	46313.39	1475.40	36813.92	52.60	1208.60
Promedio	Bus	83.59	3.08	21.46	63.67	584540.13	98051.48	31264.82	1152.80	23815.07	42.00	332.00
Promedio	Taxi	44.78	1.45	23.82	35.80	1430433.21	216249.76	54302.65	1753.60	43406.10	63.00	1149.20
Desviación estandar	Todo	0.63	0.02	0.09	0.54	64938.05	13146.40	5785.98	155.06	4815.45	19.11	55.65
Desviación estandar	Auto	1.32	0.04	0.16	1.09	37049.62	9554.17	5242.93	152.99	4304.09	7.78	23.25
Desviación estandar	Camión	3.53	0.11	0.89	3.04	5085.47	988.08	699.47	20.72	577.02	1.64	5.46
Desviación estandar	Moto	1.05	0.02	0.19	0.97	12265.31	1875.70	1261.00	19.96	1182.87	10.43	9.18
Desviación estandar	Bus	1.84	0.09	0.20	1.73	2996.17	838.77	808.65	36.02	735.45	0.71	2.24
Desviación estandar	Taxi	1.16	0.03	0.11	0.98	39526.87	6785.74	2413.73	69.77	1948.44	3.16	31.07
Mínimo	Todo	45.55	1.49	23.18	35.29	4050971	618733.8	159866.1	5325	126274.47	174.00	3387
Mínimo	Auto	44.68	0.81	22.53	20.62	99853	15093.4	3814.7	108	2762.76	4.00	125
Mínimo	Camión	28.47	1.14	23.48	27.59	1177922	179274.5	44271.8	1442	34821.28	44.00	1193
Mínimo	Moto	35.08	3.00	21.17	61.80	580422	96808.0	30259.3	1127	22928.73	41.00	329
Mínimo	Bus	81.56	1.42	23.69	35.00	1399577	211403.0	52316.1	1700	41776.52	59.00	1125
Mínimo	Taxi	43.90	1.51	23.26	35.95	7346130	1133563.4	298807.7	9903	235846.77	330.00	6163
Máximo	Todo	47.15	1.59	23.57	38.10	4152372	644921.2	173631.8	5738	137486.02	193.00	3434
Máximo	Auto	48.11	1.08	24.42	27.39	112491	17784.2	5311.5	158	3998.56	8.00	139
Máximo	Camión	36.38	1.19	24.00	29.91	1211178	184185.50	47305.6	1493	37637.45	69.00	1217
Máximo	Moto	37.56	3.24	21.68	65.78	588082	98718.20	32334.32	1214	24666.71	43.00	335
Máximo	Bus	86.22	1.48	23.92	37.21	1491917	226417.10	57529.83	1857	45910.09	67.00	1201
Máximo	Taxi	46.39	1.53	23.43	36.99	7400687	1143860.50	307161.42	10068	243227.94	376.00	6245

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

El nivel de servicio de igual manera varía entre los niveles A, B y C, se observa aumento significativo en el flujo vehicular en las intersecciones de la carrera 9, calle 18 y calle 16, pero este cambio no trae repercusiones en los niveles de servicio

Ilustración 24 Niveles de servicio escenario 2.



Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

Para las intersecciones más deficientes se presenta en la Tabla 22 el número de vehículos, demora por vehículo, nivel de servicio, tiempo de parada y paradas

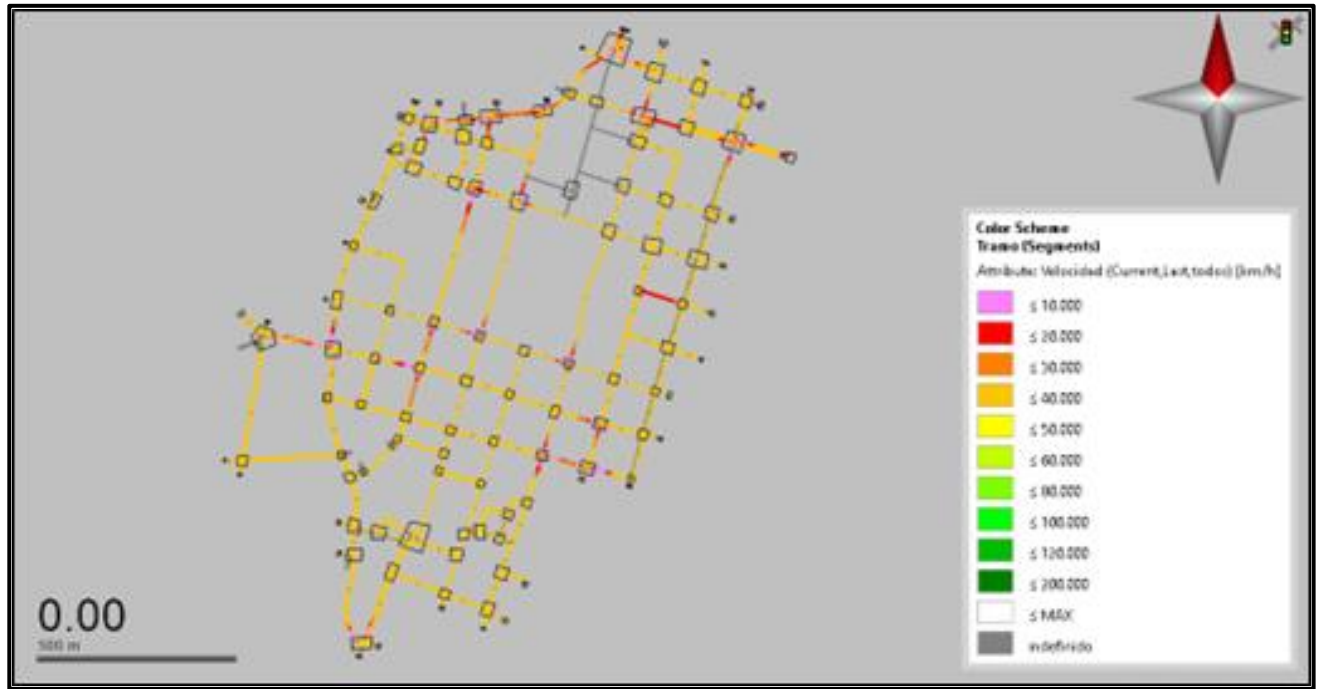
Tabla 22 Intersecciones con niveles de servicio más deficientes con el cierre de la carrera 10

SIMULACION	INTERVALO DE TIEMPO	CLASE DE VEHICULOS	INTERSECCION	VEH	DEMORA VEH	NIVEL DE SERVICIO	TIEMPO DE PARADA VEH	PARADAS
PROMEDIO	9000-4500	Todos	40: cra 11 cll 11	1243	19.96	B	17.12	0.54
PROMEDIO	9000-4500	Todos	52: cra 8 cll 16	840	21.30	C	17.53	0.60
PROMEDIO	9000-4500	Todos	53: cra 9 cll 16	1010	19.44	B	16.01	0.62
PROMEDIO	9000-4500	Todos	68: cra 14 cll 17	877	31.39	C	26.74	0.79
PROMEDIO	9000-4500	Todos	70: cra 12 cll 17	809	12.04	B	9.07	0.50
PROMEDIO	9000-4500	Todos	74: cra 8 cll 17	728	11.15	B	8.58	0.45
PROMEDIO	9000-4500	Todos	79: cra 11 cll 18	833	14.41	B	11.18	0.58
PROMEDIO	9000-4500	Todos	81: cra 9 cll 18	595	20.37	C	15.64	0.81
PROMEDIO	9000-4500	Todos	88: cra 12 cll 21	796	16.83	B	12.61	0.71
PROMEDIO	9000-4500	Todos	89: cra 11 cll 21	723	12.89	B	10.17	0.49
PROMEDIO	9000-4500	Todos	102: Av. Colón Cra 13 A	1011	11.97	B	10.43	0.29
PROMEDIO	9000-4500	Todos	106: viaducto	1120	27.97	C	23.94	0.74
PROMEDIO	9000-4500	Todos	111: Cll 25 con Cra 10	1789	26.30	C	20.52	0.92
PROMEDIO	9000-4500	Todos	118: carrera 12 con Av. Colón	1400	12.57	B	9.85	0.42

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

En cuanto a velocidades en la Ilustración 25, se muestra gráficamente las velocidades que logran los vehículos en la zona las cuales varían entre 10 y 40 km/h, siendo más bajas en inmediaciones a las intersecciones con niveles de servicio más deficientes.

Ilustración 25 Velocidades en la zona de estudio, con el escenario de cierre vial, en Km/h



Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

En la Tabla 23 se muestran de manera más detallada los valores de los parámetros de cola máxima, longitud promedio de cola longitud de cola máxima, suma distancias, suma demoras, suma paradas y suma velocidades para las intersecciones con comportamientos más críticos.

Tabla 23 Resultados generales de colas, suma de distancias, demoras, paradas y velocidades.

INTERVALO DE TIEMPO	INTERSECCION	LONGITUD PROMEDIO DE COLA	LONGITUD DE COLA MAXIMA	SUMA DISTANCIAS	SUMA DEMORAS	SUMA PARADAS	SUMA VELOCIDADES
PROMEDIO	40: cra 11 cll 11	11.3	73.8	175006.6	24805.0	670.2	11224.8
PROMEDIO	52: cra 8 cll 16	5.0	77.5	91346.0	17885.8	505.0	7582.6
PROMEDIO	53: cra 9 cll 16	6.6	76.1	115552.9	19660.6	624.0	9124.0
PROMEDIO	67: cra 15 cll 15	1.1	58.5	192516.1	4270.1	104.0	12014.7
PROMEDIO	68: cra 14 cll 17	12.4	79.3	121774.3	27549.1	695.6	7920.2
PROMEDIO	70: cra 12 cll 17	7.8	93.4	100693.1	9750.0	405.0	7307.2
PROMEDIO	74: cra 8 cll 17	4.1	57.2	86591.5	8123.3	329.6	6579.5
PROMEDIO	78: cra 12 cll 18	2.7	96.5	108550.0	5954.2	278.6	8220.5
PROMEDIO	79: cra 11 cll 18	7.3	71.0	147719.0	12016.7	482.0	7518.5
PROMEDIO	81: cra 9 cll 18	7.0	79.5	115591.1	12133.5	480.8	5370.7
PROMEDIO	88: cra 12 cll 21	5.5	113.7	152176.5	13408.5	562.4	7184.7
PROMEDIO	89: cra 11 cll 21	4.2	88.7	133294.8	9323.9	351.6	6524.2
PROMEDIO	102: Av. Colón Cra 13 A	4.9	99.5	76145.0	12113.5	292.6	9121.9
PROMEDIO	104: cra 12 cll 22	0.1	33.0	65778.7	359.6	20.0	5639.0
PROMEDIO	106: viaducto	6.3	66.7	166558.5	31344.5	829.4	10108.9
PROMEDIO	108: cra 9 cll 24	3.0	77.7	92325.3	8220.8	372.0	7759.9
PROMEDIO	111: Cll 25 con Cra 10	17.8	126.7	231644.4	47052.6	1654.6	16132.1
PROMEDIO	114: cra 7 cll 25	0.0	28.4	27959.8	97.3	2.8	3873.5
PROMEDIO	118: carrera 12 con Av. Colón	6.2	98.7	129897.9	17594.8	590.8	12623.3
PROMEDIO	119: Av. Colón con Cra 11	6.8	117.7	151510.0	15288.7	597.0	14219.5

Fuente: Autor a partir de PTV Vissim.

5. COMPARACION DE ESCENARIOS

En el primer escenario se observan como niveles de servicio más críticos B y C, con el cierre de la carrera 10 entre calles 25 y 21 (escenario 2), se observa que las intersecciones de la carrera 11 con calle 11 y carrera 11 con calle 18, mejoraron su nivel de servicio pasando de C a B, opuesto a lo sucedido con la carrera 9 con calle 18, esto debido a que el software PTV Vissim buscó la ruta más corta que reemplazara a la que brindaban las calles cerradas en este segundo escenario, esto viendo los resultados para cada intersección y teniendo en cuenta a todos los tipos de vehículos de forma general ya que detallando la zona de estudio desde la perspectiva de accesos de las intersecciones se pueden encontrar niveles de servicio D, pero en este estudio se analizan de forma general dada la amplitud de la zona.

Al abordar un análisis desde el parámetro colas se observa en el escenario 1, la longitud de cola máxima de 127 m aproximadamente, en la intersección de la carrera 10 con calle 25, en el escenario 2 la misma intersección tiene el valor más alto de longitud máxima de colas siendo de 127 m por lo que no se observó variación para esta intersección en este parámetro, donde se presentó mayor cambio, negativo fue en la intersección de la carrera 9 con calle 24, pasando de aproximadamente 57 a 77 m, aumentando de igual manera las demoras totales en 418 segundos y las paradas totales en 23 s.

En los resultados generales se dan valores de velocidad de entre 21.2 y 23.6 km/h aproximadamente siendo la más baja la de los buses de 21.2 km/h y las más altas la de taxis y motocicletas siendo de 23.6 km/h, para el escenario 1, en el segundo escenario se obtienen velocidades bastante similares siendo la más baja de 21.5 km/h y la más alta de 23.8 km/h

6. ACTIVADES DE ACOMPAÑAMIENTO A SECRETARÍA DE TRÁNSITO ADICIONALES

Además de la modelación del centro histórico, se realizaron otras actividades como visitas técnicas, diseños de señalización, modelaciones en Synchro, entre otras, a continuación, se detallarán de forma resumida.

Estas se realizaban con el fin de brindar información a la secretaria de tránsito respecto a estado y/o existencia de señalización horizontal, vertical y demarcación vial, para así la entidad pudiera responder a peticiones de los ciudadanos de manera correcta, a continuación, se presentarán las visitas realizadas y una descripción general de estas

- **Avenida Colón entre las calles 26 y 28 (Ilustración 26):** Inicialmente se hizo una visita para realizar un inventario vial, donde se encontró demarcación y señalización horizontal en estado de deterioro por el paso del tiempo, de igual manera señalización vertical deteriorada, pero está en su mayoría con daños ocasionados por ciudadanos, encontrándose tableros y soportes tachados o con pegatinas que no permiten que los usuarios de la vía puedan reconocer la señal. Además de esto se encontraron vehículos parqueados obstaculizando parte de la calzada y/o el andén.

Dado lo anterior se definió la señalización que necesitaba mantenimiento, tomando como guía el manual de señalización vial se estableció que señalización faltaba instalar, cual no estaba cumpliendo ninguna función y requería retiro. En el **ANEXO 4** se presenta el inventario de señalización de lo encontrado en la zona y de las recomendaciones respecto a la señalización faltante.

Ilustración 26 Avenida Colón entre calles 26 y 28



Fuente: Autor en base a Google Earth Pro

- **Barrio Gaitán calle 30# 13-38 (Ilustración 27):** Se realizó una visita a la callejuela ubicada en esta dirección dado que los ciudadanos con viviendas ubicadas en la parte inferior del callejón interpusieron una petición porque el ingreso y salida de vehículos sus viviendas estaban sufriendo daños, al realizar la visita se observó el estado del callejón, sus dimensiones y la señalización que existía en este, para establecer si era apropiado el tránsito de vehículos.

El callejón era estrecho con un ancho aproximado de 2.5 m, no se contaba con una infraestructura vial buena y ya existía una señal vertical de prohibido el paso de vehículos automotores SR-16, que se encontraba en estado de deterioro habiendo perdido el color del tablero y el ángulo de 90° del tablero por lo que la señal no era respetada

Ilustración 27 Calle 30# 13-38, Tunja.



Fuente: Autor.

Dado lo anterior se planteó volver a instalar la señal SR-16, para confirmar que el paso de vehículos está prohibido ya que el callejón no cumple con las condiciones para que transiten vehículos y hay antecedentes de daños a las viviendas de la zona inferior del callejón.

- **Carrera 9 entre calles 20 y 21:** Se realizó una visita a esta calle para hacer inventario de las bandas de agregado, esto para definir cuales necesitaban reconstruirse o instalarse nuevas.

Se encontró que todas estaban deterioradas e incluso algunas ya no existían por lo que ya no había una disminución de velocidad en algunos tramos, por esto se planteó reconstruirlas todas para que puedan cumplir su función de manera correcta.

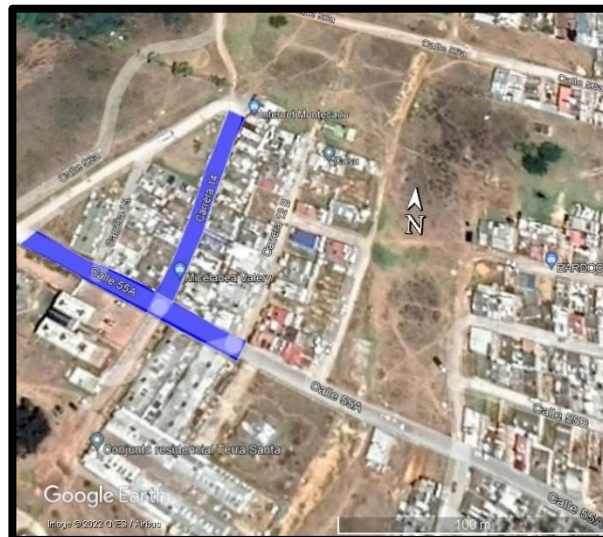
Ilustración 28 Bandas de agregado carrera 9 entre calles 19 y 20, Tunja.



Fuente: Autor.

- **Barrio Prados del Norte:** Se realizó una visita a este barrio de la calle 55A entre la carrera 12B y 15 y la carrera 14 entre calles 55A y 56, para corroborar la necesidad de instalar reductores de velocidad solicitados por la comunidad.

Ilustración 29 Prados del Norte, Tunja.



Fuente: Autor

Se observó que se trata de un barrio de carácter residencial donde el tránsito de niños y mascotas es notable, por las calles mencionadas transitan algunas rutas de transporte público colectivo y por las condiciones de topografía de las calles de la zona occidental del barrio (pendientes altas), los vehículos pueden adquirir altas velocidades con facilidad. Por lo anterior si se ve necesario la instalación de los reductores de velocidad solicitados por la comunidad. Por esto se recomienda instalar un reductor sobre la calle 55 A entre carreras 14 y 15, un reductor en la carrera 14 como se muestra en la siguiente ilustración

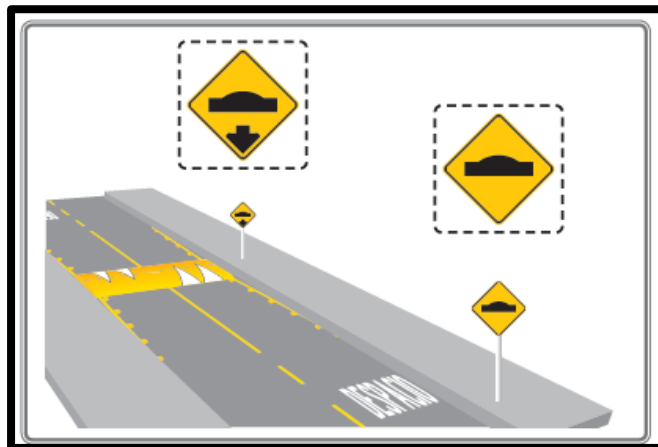
Ilustración 30 Ubicación propuesta de reductores de velocidad.



Fuente: Autor.

Se recomienda se instalen reductores de tipo parabólico, los cuales deben ir acompañados de señalización vertical preventiva de proximidad a resalto SP-25, ubicación de resalto SP-26, demarcación despacio y las tachas reflectivas a los lados como se muestra a continuación

Ilustración 31 Resalto y señalización vertical a instalar en calles de estudio.



Fuente: Manual de señalización vial 2015, pág. 660.

- **Barrio Jordán (calle 12 entre la avenida Oriental y la carrera 6, a lo largo de la transversal 5 A del barrio Jordán):** Se realizó una visita al sitio para establecer la señalización existente y su estado, es especial la que hacía referencia a reducción de velocidad. La calle tiene dos carriles los dos en sentido occidente-orienté, con una pendiente aproximada del 12%, se cuenta con andenes a ambos lados de la vía, pero estos no cuentan con las condiciones para el tránsito de todos los peatones dado que tienen escaleras Ilustración 32

Ilustración 32 Andenes Barrio Jordán.



Fuente: Autor.

En cuanto a señalización se encuentra a lo largo de la calle la referente a disminución progresiva de velocidad, demarcación, reductores parabólicos, señalización preventiva de paso de ferrocarril, y paso de peatones entre otros. En el

Anexo 5, se presenta la evidencia fotográfica y descripción de la señalización encontrada en el sector.

De acuerdo a lo encontrado se recomendó realizar mantenimiento a algunas señales, a la demarcación e instalar señalización de ubicación de resalto SP-26 que no existía y a futuro se recomienda, mejorar la infraestructura peatonal que es muy deficiente y por esto la mayoría de peatones prefieren transitar por la calzada poniéndose en riesgo al compartir la vía con los vehículos.

- **Avenida Norte entre calles 60 y 66, Tunja:** Se realizó una visita con el fin de hacer inventario de la señalización existente en el tramo, a lo largo del tramo se pudo evidenciar la existencia de señalización vertical y horizontal en estado de deterioro y en algunos tramos dinámicas de parqueo sobre andén que impiden el paso de los peatones. En el **anexo 3** se presenta la evidencia fotográfica de la visita realizada.

Ilustración 33 Avenida Norte entre calles 60 y 66, Tunja.



Fuente: Autor.

- **Barrio El Bosque:** Se realizó una visita al barrio El Bosque más exactamente a la a carrera 11B con calle 13 B, con el objetivo de observar que uso se le da al callejón ubicado allí.

El callejón solo tiene una entrada y salida vehicular, no es lo suficientemente amplio para que transiten dos vehículos por este en paralelo por lo que el parqueo de vehículos afecta la entrada y salida de vehículos, por esto se recomienda que solo se dé la entrada de vehículos para dejar o recoger pasajeros o mercancías en vehículos pequeños.

Ilustración 34 Barrio el bosque carrera 11B con calle 13B, Tunja.



Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta lo anterior como medida de solución se planteó la instalación de una señal vertical reglamentaria de prohibido parquear SR-28 al inicio de la calle, si esta no se respeta se recomienda tomar medidas más extremas como la instalación de topes vehiculares, aunque esto impediría el paso de cualquier vehículo.

- **Carrera 2A Este entre calle 63 y la entrada vehicular de la Universidad de Boyacá:** Se realizó una visita al tramo para establecer si era factible instalar reductores de velocidad que fueron solicitados por los habitantes del edificio Fontanella ubicado en la Calle 63 A #1-06 Este.

En este tramo se encuentran la fundación Itedris, conjunto residencial Fontanella, algunos pequeños comercios, bodegas y la entrada de la Universidad de Boyacá por lo que existe tránsito peatonal constante, dadas las condiciones topográficas de la zona para los vehículos es fácil adquirir altas velocidades. Aunque existe señalización tanto vertical como horizontal y demarcación que indicaba el paso peatonal y la reducción de velocidad (evidencia fotográfica que se adjunta en el **ANEXO 7**, estas señales no eran respetadas, por lo que se observó la necesidad de instalar reductores de velocidad, planteando ubicarlos como se muestra en la Ilustración 35.

Ilustración 35 Ubicación propuesta de reductores.



Fuente: Autor.

- **Carrera 5C con calle 8b, barrio Jordán:** Se realizó una visita al sector para observar el estado de la callejuela ubicada allí y si el paso de vehículos era seguro tanto como para estos como para las viviendas a los costados de la vía. Se observó que la vía es de aproximadamente 4 metros, se conforma de material arcilloso y sus costados está cubierto de material vegetal, no es posible que dos vehículos transiten de forma paralela por esta calle y el hacerlo solo da la posibilidad de que las viviendas del costado inferior sufran daños.

Ilustración 36 Carrera 5b #10-26, Tunja.



Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta que ninguna de las viviendas tiene parqueadero dentro de la callejuela, se recomienda prohibir el paso de vehículos por lo que era necesaria la instalación de la señal vertical reglamentaria de prohibido el paso de vehículos automotores SR-26, para ubicarla a ambos extremos de la calle.

- **Calle 22 entre carreras 7ª y 8ª Tunja:** Se realizó una visita a la calle para verificar el estado de la infraestructura peatonal, señalización existente y su estado (**ANEXO 8**), además se estableció mediante un pequeño aforo peatonal la cantidad de peatones que usaban esta calle.

El aforo se realizó entre las 12:00 y 12:15 pm, siendo esta la hora en que los niños salen de los colegios, dada la pendiente de la calle es casi tres veces más la cantidad de peatones que van en sentido occidente-oriente que, en el sentido opuesto, los resultados de este se presentan en la tabla

Ilustración 37 Aforo peatonal en calle 22 entre carreras 7ª y 8ª.

Movimiento	Periodo	Total, de peatones
Occidente- Oriente (3) →	12:00-12:15 pm	63
Occidente- Oriente (4) ←	12:00-12:15 pm	21

Fuente: Autor.

Mediante la toma de datos de volúmenes peatonales se estableció la necesidad de mejorar la infraestructura para estos usuarios con las dimensiones establecidas normativamente (Ilustración 38) ya que se observó que la mayoría prefieren hacer uso de la vía dado que las dimensiones de los andenes son insuficientes y la cantidad de peatones que transitan es un flujo considerable.

Ilustración 38 Dimensiones especificadas para andenes.

Franjas	Ancho mínimo (m)	Ancho Ideal (m)	Comentario
Franja de circulación Peatonal	2.0	3.50	Ancho mínimo para vías locales. El ancho ideal puede variar dependiendo de los niveles de servicio peatonal resultantes del estudio de tránsito o el análisis de capacidad para proyectos nuevos.

Fuente: *Cartilla de Andenes Bogotá D.C.*

- **Calle 18 con carrera 5 hasta la calle 18 con carrera 3A, y de la carrera 4 entre calles 18 y 19:** Se realizó una visita para realizar inventario de la señalización existente en los tramos, se encontró que la zona era de carácter residencial y tiene lotes sin construcciones que usan para pastoreo, la vía es de dos carriles uno por

sentido y a los dos costados tiene andenes con las dimensiones adecuadas para el paso de peatones, aunque para el momento de la visita uno de los andenes se encontraba obstruido por materiales de construcción (Ilustración 39). En cuanto a señalización se encuentra que el tramo esta correctamente señalizado y solo se recomendó la realización de mantenimiento a algunas señales verticales y demarcación que lo necesitaban, evidencia fotográfica de lo encontrado en la visita se presenta en el ANEXO 9.

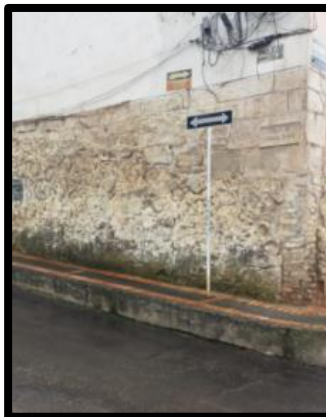
Ilustración 39 Obstrucción de andén en la calle 18 entre carrera 5 y carrera 3A.



Fuente: Autor.

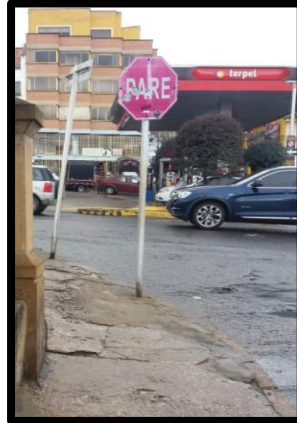
- **Calle 21 entre carreras 12 y 14:** Se realizó una visita con el fin de realizar un inventario de la señalización existente en ese tramo, este se adjunta en el **(ANEXO 10)**. Dentro de lo encontrado se destaca, la señal de doble sentido de circulación (Ilustración 40), la cual esta para retiro dado que en esta calle el sentido de circulación es oriente-occidente y la señal de pare (Ilustración 41) que está bastante deteriorada.

Ilustración 40 Calle 21 con carrera 13, SR-39 para retiro.



Fuente: Autor.

Ilustración 41 Carrera 14 con calle 21, Señal SR-01 para mantenimiento.



Fuente: Autor.

- **Remansos de la Sabana:** Este barrio cuenta con construcciones en su mayoría nuevas, es de tipo residencial y cuenta con algunos locales en cercanías a la Avenida Universitaria, el estado de sus calles es bueno y en su mayoría los andenes cuentan con las dimensiones apropiadas, pero en cuanto a señalización esta es casi nula existiendo solo una señal de prohibido girar a la izquierda SR-06 en la intersección de la calle 48 con la Avenida Universitaria (Ilustración 42).

Ilustración 42 Calle 48 con Avenida Universitaria, SR-06, Tunja.

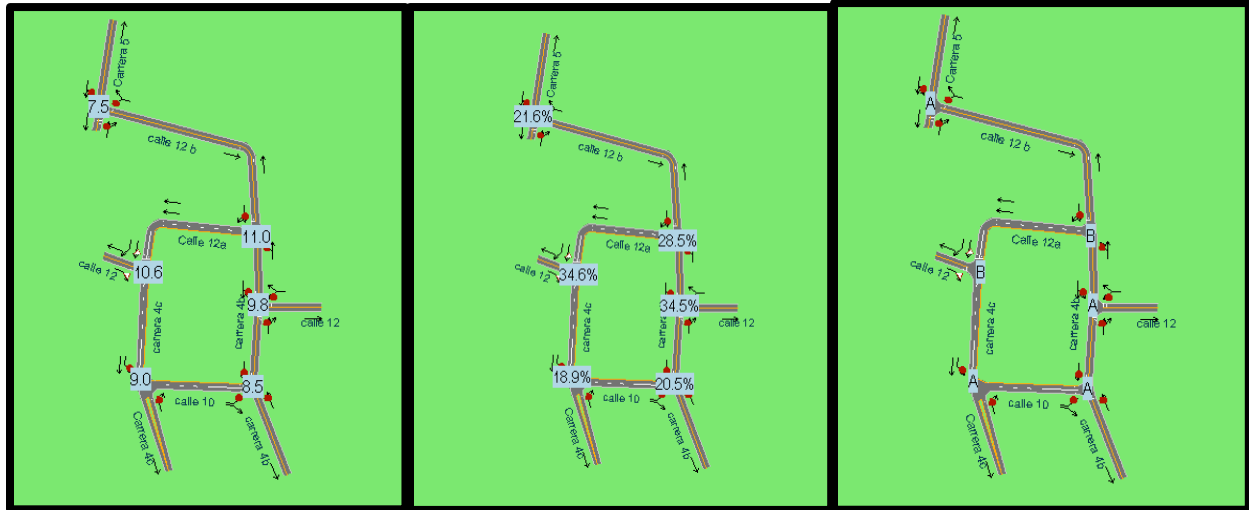


Fuente: Autor.

Por lo anterior se definió a partir de lo establecido en el manual de señalización vial 2015, la señalización necesaria a instalar en el barrio, con lo que el resultado del diseño fue el presentado en la siguiente ilustración

En la Ilustración 45, se presentan gráficamente los resultados para este escenario, se obtuvo una relación volumen/capacidad máxima del 35%, demoras entre 7.5 y 11 segundos lo que da niveles de servicio de entre A y B

Ilustración 45 Relación V/C, Demoras y nivel de servicio en escenario 2.



Fuente: Autor, en base a Synchro.

Se estableció un segundo escenario en el cual los flujos de la carrera 4c fueran solo en el sentido norte sur y los de la carrera 4b sean solo en sentido 4b sur norte, desde la calle 12, en la Ilustración 46 se presentan estas características y el volumen de cada movimiento.

Ilustración 46. Sentidos viales con segundo escenario.



Fuente: Autor, en base a Synchro.

Para este segundo escenario se obtuvo una relación volumen/capacidad máxima del 30%, las demoras varían entre 8.3 y 10.1 segundos, ofreciendo de igual manera niveles de servicio A y B

Ilustración 47 Relación V/C, Demoras y nivel de servicio en escenario 2.

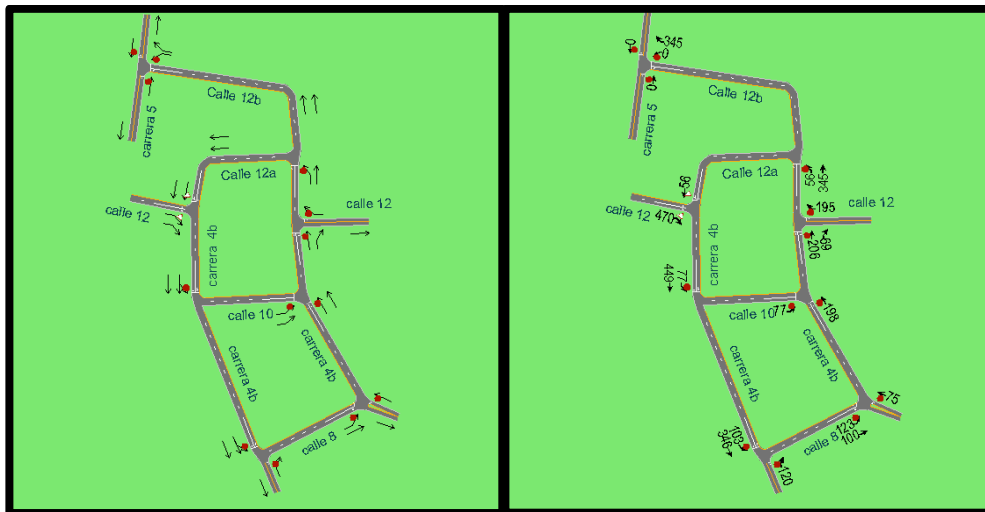


Fuente: Autor, en base a Synchro.

Se propuso un tercer escenario donde se extendía el cambio de sentido vial hasta la calle 8, en el cual los flujos de la carrera 4c fueran solo en el sentido norte sur y los de la carrera 4b sean solo en sentido 4b sur norte, desde la calle 12 hasta la calle 8 (

Ilustración 48)

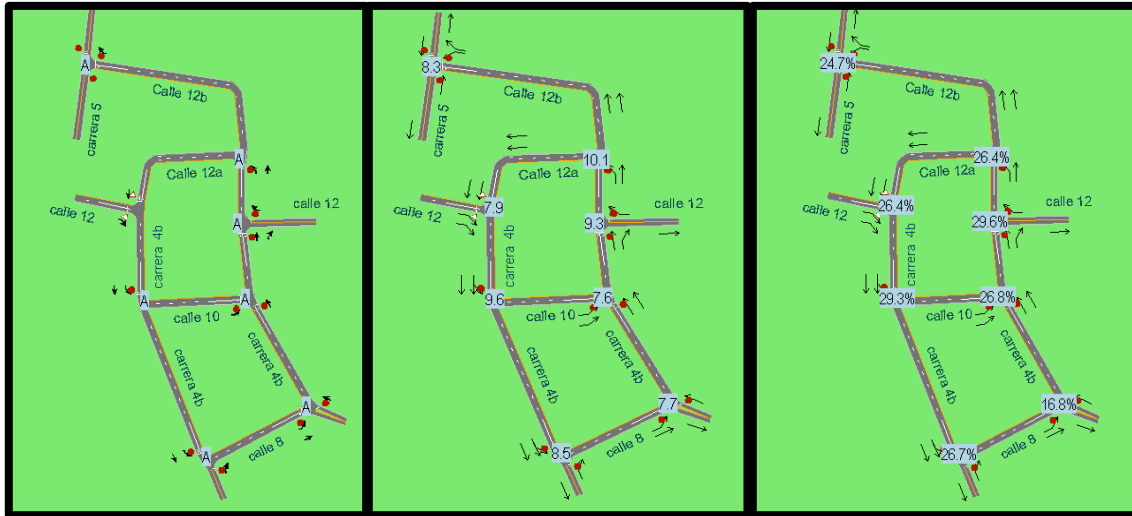
Ilustración 48 Sentidos de circulación y volúmenes de cada movimiento tercer escenario.



Fuente: Autor, en base a Synchro.

Con este tercer escenario la relación volumen/capacidad máxima fue del 30%, las demoras varían entre 7.6 y 10.1 segundos mientras que el nivel de servicio para todas las intersecciones es A.

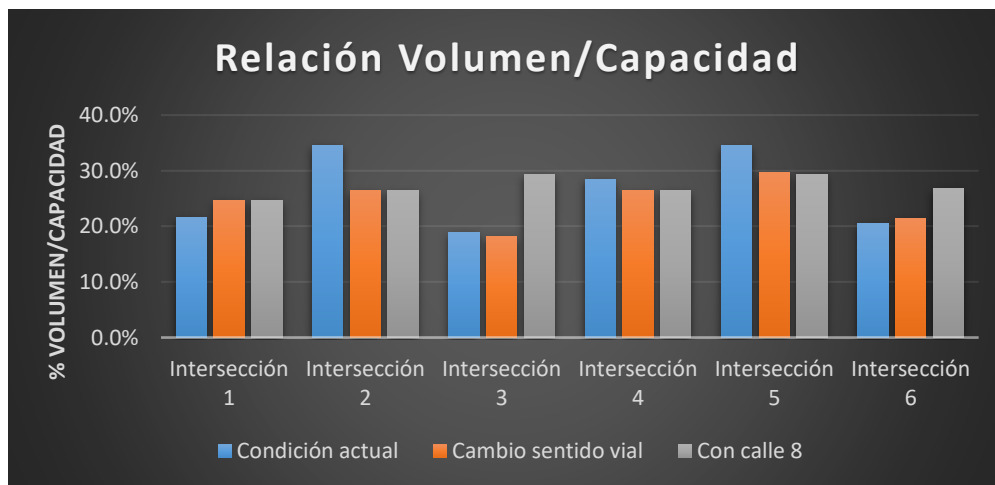
Ilustración 49 Relación V/C, Demoras y nivel de servicio en escenario 3.



Fuente: Autor, en base a Synchro.

Finalmente se realizó la comparación de los tres modelos, donde se observó que desde el punto de vista de la relación volumen-capacidad (Ilustración 50), hay cambios positivos para las intersecciones 2, 4 y 5 con la ejecución de cualquier escenario con cambio de sentido vial, mientras que para las intersecciones 1,3 y 6 hay un aumento de este parámetro especialmente llevando el cambio de sentido vial hasta la calle 8ª, pero hay que tener en cuenta que ninguna de las intersecciones llega a tener una relación volumen-capacidad superior al 30% implementando el cambio de sentido vial.

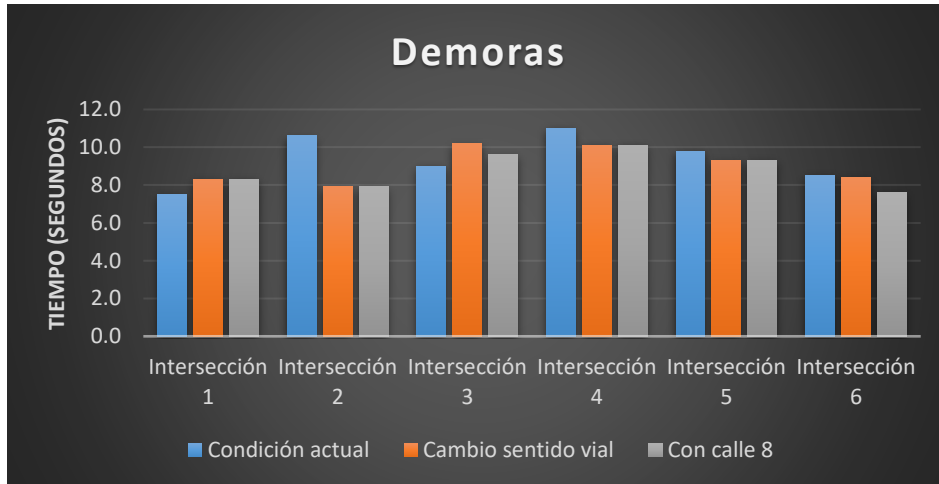
Ilustración 50. Comparación volumen capacidad.



Fuente: Autor.

Analizando las demoras solo las intersecciones 1 y 3 no presentan mejores condiciones sin realizar cambios al sentido vial, mientras que el resto de intersecciones disminuyen su demora en el rango de 1 a 2.5 segundos

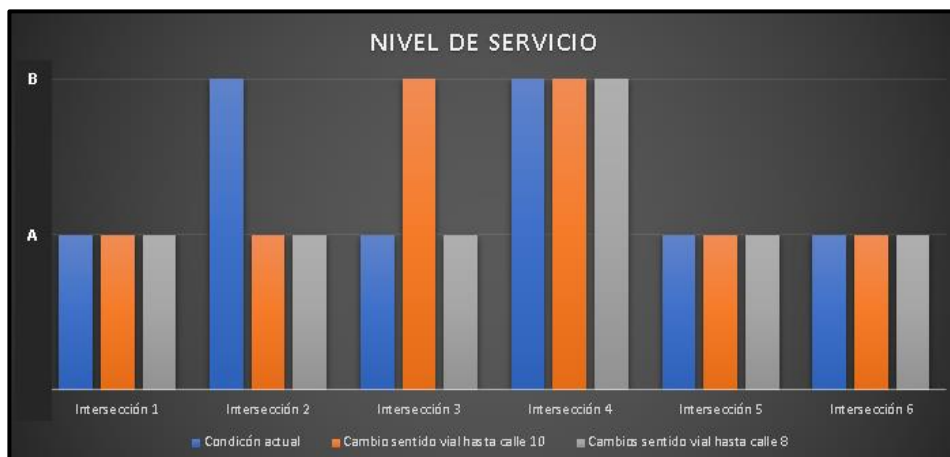
Ilustración 51. Comparación de las demoras.



Fuente: Autor.

En cuanto al nivel de servicio en el escenario actual la calle 12 con carrera 4b y con carrera 4c son quienes presentan un nivel de servicio B; cuando se realiza el cambio de sentido vial la intersección de la calle 12 con carrera 4b mantiene el nivel de servicio B y en la carrera 4c con calle 10 tiene ese mismo comportamiento y al incorporar la carrera 8 hay un mejor comportamiento dejando solo a la intersección de la calle 12 con carrera 4c, en un nivel B, mientras que el resto de las intersecciones obtienen un nivel A.

Ilustración 52. Comparación nivel de servicio



Fuente: Autor.

7. CONCLUSIONES

La práctica empresarial denominada “Acompañamiento a secretaría de tránsito en medidas de gestión de tránsito en Tunja”, permitió a la entidad contar con una base de datos de volúmenes vehiculares del centro histórico actualizada, un modelo desarrollado en el software PTV Vissim con el que se podrán crear posibles situaciones o nuevos escenarios para corroborar sus efectos tanto positivos como negativos y prever soluciones para el corto, mediano y largo plazo, dado que en este trabajo sólo se plasmaron los volúmenes vehiculares, a futuro se puede complementar con las infraestructuras y volúmenes peatonales. Además, se añadió información a las bases de datos de inventarios de señalización de diferentes zonas de la ciudad. Para la estudiante el desarrollo de estas actividades fue un primer acercamiento a la vida profesional que permitió fortalecer sus relaciones interpersonales a través del ambiente laboral brindado en la secretaría de tránsito, además de permitirle aplicar y obtener nuevos conocimientos.

Tanto en campo como en el modelo se observó que de la zona de estudio las intersecciones con un nivel de servicio más deficiente, C, son la carrera 10 con calle 25, la carrera 8 con calle 16, carrera 9 con calle 16, carrera 14 con calle 17, carrera 9 con calle 18, carrera 7 con calle 24, por lo que al momento de buscar soluciones es prudente iniciar estudiando y realizando cambios en estas intersecciones, partiendo de pequeños cambios a los que los usuarios se puedan acostumbrar fácilmente y si es completamente necesario implementar cambios drásticos estos debieran hacerse en lo posible de forma escalonada o intermitente para que no sean tomados de mala manera por los usuarios.

Se observó que la velocidad con la que circulan los vehículos que dentro del modelo se mantuvo entre los 10 y 40 km, se ve afectada por las malas condiciones de infraestructura vial y por el tránsito de peatones sobre la calzada, que se da por la infraestructura deficiente o por el no uso de los pasos peatonales.

De forma general con la realización de los inventarios de señalización se observó, que la mayoría de las señales verticales que se encontraban en deterioro se debía a comportamientos inapropiados de los ciudadanos, como colocar pegatinas y realizar anotaciones, también se observó que las señales no son del todo respetadas, aunque su ubicación y estado sean buenos, por lo que sería apropiado dar con mayor frecuencia charlas a niños, jóvenes y personas que sean encontradas infringiendo la señalización.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, H. (29 de Mayo de 2017). *SISTEMAS DE MICROSIMULACIÓN Y MMODELACIÓN DE TRÁFICO*. Obtenido de SIG Y TRANSPORTE : <https://sigytransporte.wordpress.com/2017/05/29/sistemas-de-microsimulacion-y-mmodelacion-de-traffic/>
- Administración Federal de Carreteras. (9 de Noviembre de 2022). *Federal Highway Administration*. Obtenido de https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol4/sec5.htm
- Cal, R., Espindola, M. R., & Cárdenas Grisales, J. (1994). Cap. 8, Volumen de tránsito. En *Ingeniería de Tránsito* (págs. 152-158). México: Alfaomega S.A. de C.V.
- Kutz, M. (2021). *Manual de ingeniería de transporte, volumen I: sistemas y operaciones, 2.ª edición*. Nueva York: McGraw-Hill Education.
- Llanos Muñoz , F., & Quintero Bohorquez , Y. M. (2021). *Diseño de semaforización y señalización vial en la intersección ubicada calle 5b con carrera 22 vía Puerto López y entrada a la alborada de la ciudad de Villavicencio*. Villavicencio.
- Malma Perez, I. J., Salazar Vásquez, L., & Malma Perez, E. (2019). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*.
- Ministerio de Transporte, Colombia. (2015). *Manual de Señalización Vial*. Bogotá D.C.
- PTV GROUP. (2022). *PTV Vissim 2022*. Karlsruhe, Alemania: PTV GmbH.
- Secretaría Distrital de Movilidad . (2018). *Comportamiento de Conducción (Driving Behavior)*. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2017). *Concepto Técnico No.16 (Actualización)*. Bogotá D. C.
- Smith, J. (2020). The numbers and the perception. *Journar of perception*, 78-95.
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2007). *Dispositivos de control de tráfico*.

9. ANEXOS

ANEXO 1. Base de datos de información primaria y secundaria.

Contiene la información primaria y secundaria usada para el desarrollo del modelo, volúmenes y fases semafóricas, también se encuentra en este documento Excel el procesamiento de los datos, diagramas con los volúmenes correspondientes para cada tipo de vehículo, matrices de cada tipo de vehículo y calibración GEH.

ANEXO 2. Resultados del software PTV Vissim para escenario 1.

Se adjunta en formato Excel, a continuación, se describe el contenido de cada hoja.

Nodos: Presenta los resultados por cada tipo de vehículo, para la simulación promedio de 5 simulaciones que se realizaron, dentro de los parámetros obtenidos en este ítem se tienen, intervalo de tiempo, clase de vehículo, intersección, semáforo, vehículos, demora vehículos, nivel servicio, tiempo de parada vehículos y paradas

Nodos 1: Evaluación de los nodos en base a al intervalo de tiempo de simulación, presenta resultados de, simulación no., intersección, longitud promedio de cola, longitud de cola máxima, suma distancias, suma demoras, suma paradas suma velocidades.

Colectores de datos: Presenta resultados para los colectores de datos que se establecieron con el fin de calibrar el modelo, los parámetros que se pueden evaluar aquí son, simulación no. clase de vehículo, aceleración, distancia, largo, vehículos, personas, ocupación, retraso de cola, velocidad promedio aritmética, velocidad promedio y ocupación promedio. Estos resultados están desglosados para todos os tipos de vehículos

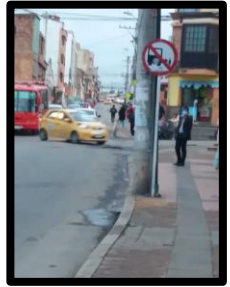
Total: Aquí se presentan los resultados generales de toda la red, para todos los vehículos, simulación, clase vehículo, demora promedio (seg), promedio paradas/veh, velocidad promedio (km/h), tiempo medio de parada/veh, distancia total (m) tiempo total de viaje (seg), demora total (seg), número de paradas totales, tiempo total de parada, vehículos activos, que ya han llegado a su destino y han sido retirados de la red antes de finalizar la simulación (veh arr).

ANEXO 3. Resultados del software PTV Vissim para escenario 1.

Archivo Excel, que presenta los mismos resultados del Anexo 2, para el escenario 2.

ANEXO 4. Inventario de señalización de avenida colon entre calles 26 y 28, Tunja.

Tabla 24. Inventario de señalización de Avenida Colón entre calles 26 y 28, Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRAFICA
<p>SR-28 Prohibido parquear</p>	<p>Señal ubicada a media cuadra entre las calles 28A y 28, cumple con los colores reglamentarios, pero en general su estado es regular ya que la pintura se ha perdido y se encuentra cubierta por rayones y pegatinas, por lo que se recomienda realizar mantenimiento a la señal.</p>	
<p>sr-41 Prohibido dejar o recoger pasajeros</p>	<p>La señal se ubica cercana a la intersección de la Avenida Colón con Calle 28A, mantiene una correcta posición, pero tiene algunas pegatinas que cubren parte de esta, por lo que se recomienda realizar mantenimiento a la pintura de la señal</p>	
<p>SP-46A, Proximidad a cruce peatonal y SR-30 Velocidad máxima permitida 30 km/h</p>	<p>Estas señales ubicadas sobre la misma estructura, cuentan con un estado bueno la señal SP-46A, y regular la señal SR-30 que tiene algunas pegatinas que opacan su pintura, por lo que es necesario realizar mantenimiento a esta última señal.</p>	
<p>Flechas direccionales</p>	<p>Esta señal horizontal que indica que en la intersección de la Avenida Colón con calle 28A carril Sur-Norte es posible girar a la derecha y continuar de frente, cuenta con un buen estado ya que aún es legible por lo que no es necesario realizar mantenimiento a esta por el momento.</p>	






Fuente: Autor.

Tabla 6. Inventario de señalización de Avenida Colón entre calles 26 y 28, Tunja.
(continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRAFICA
Rectángulo antibloqueo	La señal que se ubica donde confluye la carrera 11 en la Avenida Colón empieza a deteriorarse por el paso del tiempo, factores climáticos y polución, pero en general encuentra en buen estado siendo aún legible y clara a simple vista.	
Paso peatonal a nivel y SP-46B Ubicación de cruce peatonal	Estas señales que buscan permitir el paso seguro de los peatones sobre la Avenida Colón conectando con la carrera 11, por la realización de obras a los dos costados de la calle la señal horizontal presenta desgaste por lo que es necesario que tan pronto se terminen las obras se pinte nuevamente el paso peatonal y la señal vertical se encuentra en buen estado.	
S-17, Estacionamiento	La señal permite el estacionamiento al costado de la Avenida Colón a lo largo de parte del parque ubicado entre la Avenida Colón y la carrera 11, el estado de esta señal es bueno en cuanto a pintura por lo que no es necesario realizar mantenimiento aún.	
Flecha indicadora de dirección	La función de esta señal es expresar que la calle solo cuenta con sentido Norte-Sur, esta conserva aún la pintura en buen estado por lo que no es necesario mantenimiento por el momento.	

Fuente: Autor.



Tabla 6. Inventario de señalización de Avenida Colón entre calles 26 y 28, Tunja.
(continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRAFICA
SR-01, Señal de Pare	La señal se ubica al finalizar la calle 27A, cuenta con buen estado de pintura y ángulo por lo que no requiere mantenimiento.	
SR-06, Prohibido girar a la izquierda	La señal se ubica al finalizar la calle 27A, al costado derecho de la vía, esta tiene un estado bueno en su pintura y ángulo de ubicación por lo que en el momento no requiere de mantenimiento.	
SR-28A, Prohibido parquear o detenerse	La señal se ubica entre las calles 27A y 26, la señal en cuanto a pintura se encuentra en buen estado, pero es necesario cambiar o realizar mantenimiento a la estructura que la sostiene ya que no se encuentra perpendicular a la vía, por lo que el estado general de la señal es regular.	
Flechas direccionales horizontales	Esta señalización se encuentra entre las calles 28A y 27A, ubicada en ambos carriles ya que la sección de la vía es unidireccional en sentido Norte-Sur y el estado que presenta es bueno siendo legible a simple vista.	
Demarcación línea blanca discontinua	La demarcación se encuentra a lo largo de la Avenida Colón entre el inicio de la zona verde existente al costado derecho de la vía, hasta media cuadra entre las calles 27A y 26, esta señalización.	

Fuente: Autor.

Anexo 5. Inventario de señalización barrio Jordán, Tunja.

Tabla 25. Inventario de señalización barrio Jordán, Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Sentido único de circulación SR-38	Se ubica al inicio del tramo de estudio, la señal se encuentra un estado regular, aunque está bien ubicada y aun cumple su función, su estructura de soporte y la pintura del tablero necesitan mantenimiento ya que se encuentran deteriorados por el paso del tiempo.	
Señal velocidad máxima permitida 40 Km/h SR-30 (40)	Al inicio del tramo a ambos costados de la calzada se encuentra una señal de este tipo, el estado de ambas señales es bueno, aunque tienen pequeñas tachaduras el mensaje es claro y no presentan desgaste en el color del tablero ni deformaciones en la estructura de soporte.	
Señal velocidad máxima permitida 30 Km/h SR-30 (40) y Señal preventiva presencia de barrera SP-53	Estas señales que se encuentran instaladas en la misma estructura de soporte se encuentran en buen estado, contando con los colores reglamentarios y ubicación adecuada	
Resalto tipo parabólico o circular (1)	Se observa que cumple la función de obligar a los vehículos a disminuir su velocidad, pero ha perdido su color por el paso del tiempo y la vía tiene una fisura junto a este lo que ocasiona que pierda parte de su estructura por lo que es prudente realizar mantenimiento tanto como al resalto para mejorar su visibilidad como a la vía.	

Fuente: Autor.




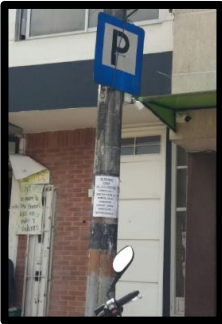
Tabla 26. Inventario de señalización barrio Jordán, Tunja (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Señal zona escolar SP-27 (1)	De esta señal el tablero se conserva en buen estado, teniendo los colores reglamentarios y siendo claro el mensaje, mientras que la estructura de soporte no es perpendicular a la vía por lo que es necesario reubicarla de forma correcta para evitar mayores daños.	
Señal velocidad máxima permitida 20 Km/h SR-30 (20) (2)	Se encuentran dos señales de este tipo una a cada costado de la vía, pasos antes del fin de cuadra, las señales cuentan con un buen estado, siendo los colores los reglamentarios y claro el mensaje, de igual manera su estructura de soporte cuenta con el color y ubicación correctos.	
Resalto tipo parabólico o circular (2)	El resalto se ubica pasos atrás del fin de cuadra, el estado de su estructura es bueno, si obliga a que los conductores reduzcan la velocidad, aunque ha perdido el color por efecto del paso del tiempo por lo que se recomienda demarcarlo para que tenga mayor visibilidad.	

Fuente: Autor.

ANEXO 6. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.

Tabla 27. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
CALZADA SUR-NORTE		
Demarcación, Línea entre carriles	La línea divisoria de carriles sobre esta calzada se encuentra en buen estado, cumpliendo con el color reglamentario y el paso del tiempo aún no ha disminuido su visibilidad.	
Flechas indicadoras del sentido del tránsito	Esta demarcación se ubica en el semáforo de la calle 63, se encuentran flecha de frente y giro en el carril interno y flecha de frente en carril externo, el estado de estas es bueno, las afectaciones que se pueden dar por clima o el paso del tiempo no han disminuido su visibilidad.	
Demarcación Cruce cebra	La demarcación se ubica en la calle 63, el estado de es bueno, aunque empieza a verse afectado por el paso del tiempo y la contaminación	
Señal vertical informativa, sitio de parqueo SI-07	La señal se encuentra pasos atrás de la intersección de la avenida norte con la calle 66, la señal no tiene soporte propio si no está adjunta a un poste de la red eléctrica, el tablero se encuentra en buen estado y la altura a la que se encuentra hace que tenga buena visibilidad.	

Fuente: Autor.

Tabla 28. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja. (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Demarcación , Flechas indicadoras del sentido del tránsito	Esta demarcación se ubica en el semáforo de la calle 66, se encuentran flecha de frente y giro en el carril interno y flecha de frente en carril externo, el estado de estas es bueno, aunque las afectaciones del paso del tiempo han disminuido su visibilidad, aún es legible a simple vista.	
Señal vertical reglamentaria prohibido circular camiones	El tablero de la señal se encuentra atado a un poste del cableado eléctrico, su estado es malo ya que se encuentra deteriorada la pintura, teniendo baja visibilidad, por lo que es necesario reemplazar esta señal o quitar si no es necesario su uso.	
Línea entre carriles	La línea divisoria de carriles sobre esta calzada se encuentra en bus estado, empieza a opacarse por el paso del tiempo y la contaminación, pero aún cumple su función.	
Paradero SR-40	La señal se encuentra en las afueras del centro comercial Nogal, en la Avenida Norte con calle 66, la señal está en un estado regular, su estructura de soporte se encuentra un poco deteriorada y el tablero tiene algunas pegatinas, pero aun cuenta con los colores reglamentarios y es legible, se recomienda realizarle mantenimiento.	

Fuente: Autor.

Tabla 29. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.
(continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Demarcación carril solo bus	La señal se encuentra en buen estado, aunque por el paso del tiempo y la contaminación empieza a perder color.	
Demarcación paradero de buses	La demarcación se encuentra en buen estado, aunque empieza a deteriorarse por el paso del tiempo, aún es clara	
Señal informativa, rutas de transporte público	La señalización que complementa a las tres últimas señales mencionadas, se encuentra en buen estado tanto en el tablero como su estructura de soporte.	
Señal prohibida parquear SR-28	La señal se encuentra a las afueras del centro comercial Nogal, su estado en general es bueno, pero presenta algunas pegatinas en el tablero y daños menores en la base de la estructura de soporte.	


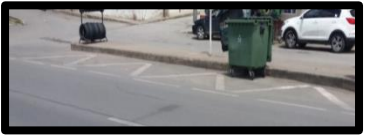


Fuente: Autor.

Tabla 30. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.
(continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Flechas indicadoras del sentido del tránsito	Esta demarcación se ubica en el semáforo de la calle 64, se encuentran flecha de frente y giro en el carril interno y flecha de frente en carril externo, el estado de estas es bueno, aunque las afectaciones del paso del tiempo han disminuido su visibilidad, aún es legible a simple vista.	
Demarcación Cruce cebra	La demarcación se ubica en la calle 64, el estado de es bueno, aunque empieza a verse afectado por el paso del tiempo y la contaminación.	
Señal vertical reglamentaria prohibido circular camiones	La señal se encuentra atada a un poste del cableado eléctrico, su estado es malo ya que se encuentra deteriorada la pintura del tablero, teniendo baja visibilidad, por lo que es necesario reemplazar esta señal.	
Sentido de circulación único SR-38	La señal se encuentra ubicada en la calle 64, su estado es regular, porque, aunque la pintura está en buen estado, la estructura de soporte se encuentra torcida, por lo que se recomienda realizarle mantenimiento dejándola en a una correcta posición.	

Fuente: Autor.

Tabla 31. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja. (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Prohibido parquear SR-28	La señal se ubica entre las calles 63 y 64 y se encuentra en perfecto estado.	
Demarcación paradero de buses	La demarcación se encuentra en la Avenida Colón entre las calles 63 y 64, está en buen estado, aunque empieza a deteriorarse por el paso del tiempo y la contaminación, aún es clara.	
Paradero SR-40	La señal se encuentra en la Avenida Norte entre las calles 63 y 64, la señal está en un estado regular, su estructura de soporte se encuentra torcida mientras que el tablero se encuentra en buen estado cuenta con los colores reglamentarios y es legible, se recomienda realizarle mantenimiento al soporte.	
Velocidad máxima permitida 20km/h, SR-30 (20)	La señal se encuentra a 52 metros de la intersección de la Avenida Norte con diagonal 59, esta se encuentra en buen estado.	

Fuente: Autor,

Tabla 32. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja.
(continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
<p>Altura libre, SP-50</p>	<p>La señal se encuentra a 30 m de la intersección de la Avenida Norte con diagonal 59, en el tablero tiene pegatinas y rayones, en cuanto a su estructura de soporte se encuentra deteriorada su pintura, pero aún cuenta con alta visibilidad por lo que en general esta señal está en buen estado.</p>	
<p>Zona escolar SP-47</p>	<p>La señal está ubicada a 11 m de la intersección de la Avenida Norte con diagonal 59, esta señal en general tiene un buen estado, cuenta con pegatinas en el tablero, pero el mensaje aún es claro.</p>	
<p>Peso máximo bruto permitido 3 ton, SR-31</p>	<p>La señal se ubica en la intersección de la Avenida Norte con diagonal 59, su estado es malo, se encuentra tachado el mensaje en el tablero y perdió su color, por lo que es necesario verificar si es necesaria esta señal o debe ser retirada.</p>	

Fuente: Autor.

Tabla 33. Inventario de señalización de Avenida Norte entre calles 60 y 66 en Tunja (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
SEPARADOR		
<p>Giro a la izquierda solamente sentido Sur-Norte, SR-05</p>	<p>La señal se encuentra entre las calles 63 y 64, su estado en general es bueno, ya que el tablero tiene los colores reglamentarios y su visibilidad es alta, aunque cuenta con daños por el paso del tiempo en la base de su estructura de soporte.</p>	
<p>Prohibido giro en U SR-10, Sentido Sur-Norte</p>	<p>La señal se ubica entre la calle 66 y el semáforo de la diagonal 66, en sentido Sur-Norte, esta señal es general está en buen estado, aunque tiene fisuras en la estructura de soporte.</p>	
<p>Barreras plásticas o maletines</p>	<p>Acompañando la señalización SR-10 se encuentran unas barreras plásticas o maletines para impedir el paso de un carril a otro en esa sección de vía.</p>	

Fuente: Autor.

ANEXO 7. Inventario de señalización en carrera 2A Este entre calle 63 y la entrada vehicular de la Universidad de Boyacá, Tunja.

Tabla 34 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
En sentido Sur-Norte		
Velocidad máxima permitida 30 km/h SR-30 (30)	Esta señal se encuentra aproximadamente a 100 m de la entrada al conjunto residencial Fontanella, la señal está en buen estado, pero se observa que muchos vehículos no la toman en cuenta y pasan por este tramo a velocidades superiores.	
Proximidad a paso peatonal SP-46ª	La señal se encuentra en buen estado, cumple con los colores reglamentarios y su ubicación es correcta.	
Demarcación flechas indicadoras del sentido del tránsito y línea de detención	Estas demarcaciones se encuentran en mal estado, debido al paso del tiempo han perdido su color y por ende su visibilidad por lo que ya no cumplen su principal función.	



Fuente: Autor.

Tabla 35 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja. (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Demarcación flechas indicadoras del sentido del tránsito	Esta demarcación se encuentra en mal estado, debido a que el pavimento se encuentra deteriorado la demarcación ha perdido su visibilidad y ya no cumple su principal función.	
Prohibido parquear SR-28	El estado de esta señal es bueno, cumple con los colores y dimensiones reglamentarios.	
Señal velocidad máxima permitida 30 km/h SR-30 (30)	La señal se encuentra a las afueras de la universidad de Boyacá, se encuentra en buen estado, cumpliendo con los colores reglamentarios y tiene correcta ubicación.	
Señal zona de peatones SP-46	La señal se ubica a las afueras de la Universidad de Boyacá, su estado es regular, ya que el tablero ha perdido su color y se encuentra con manchas que opacan el mensaje del tablero.	

Fuente: Autor.

Tabla 36 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja. (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
<p>Señal velocidad máxima permitida 30 km/h SR-30(30)</p>	<p>La señal se encuentra en buen estado, pero su visibilidad a larga distancia se ve afectada por las ramas de un árbol que salen hacia el andén y la calle, por lo que es recomendable podar el árbol para aumentar la distancia de visibilidad de la señal.</p>	
<p>Proximidad a paso peatonal SP-46A</p>	<p>La señal se encuentra en buen estado, cumple con los colores reglamentarios pero su ubicación sobre el andén impide el paso libre de peatones ya que este es angosto y además a su costado hay arbustos que empiezan a sobresalir también ocupando parte del andén.</p>	
<p>Demarcación flechas indicadoras del sentido del tránsito</p>	<p>Esta demarcación se encuentra en mal estado, debido a que el pavimento se encuentra deteriorado la demarcación ha perdido su visibilidad y ya no cumple su principal función.</p>	
<p>Demarcación de paso peatonal y Señalización vertical de ubicación de paso peatonal</p>	<p>La demarcación está en un estado regular empezando a perder su color por el paso del tiempo y las condiciones climáticas, en cuanto a la señal vertical esta se encuentra en buen estado y es legible a simple vista.</p>	

Fuente: Autor.

Tabla 37 Inventario de señalización en carrera 2ª Este, Tunja. (continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
<p>Señalización vertical tránsito en ambos sentidos SR-39</p>	<p>La señalización se encuentra en buen estado y es legible a simple vista.</p>	
<p>Zona exclusiva de paradero SR-40</p>	<p>La señal se encuentra en buenas condiciones, se ubica a las afueras del conjunto residencial Fontanella.</p>	

Fuente: Autor.

ANEXO 8. Inventario de señalización en calle 22 entre carreras 7ª y 8ª Tunja.





Tabla 38. Inventario de señalización en calle 22 entre carreras 7ª y 8ª Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Infraestructura peatonal (1)	El andén del costado izquierdo de la ilustración, no está completo por lo que los peatones prefieren caminar por la calzada.	
Infraestructura peatonal (2)	El andén tiene continuidad a lo largo de la calle, pero está conformado en su mayoría por escalones, por lo que peatones con discapacidad para caminar o madres con coches tienen que transitar entre los vehículos.	
Señal reglamentaria Prohibido parquear SR-28	La señal se encuentra cercana a la intersección de la calle 22 con la carrera 8ª, se encuentra en buen estado, pero ubicada en este punto no cumple ninguna función ya que se encuentra muy al extremo de la calle y no es percibida en toda la calle por la fuerte pendiente.	
Señal reglamentaria prohibido girar a la derecha SR-08.	La señal se encuentra apoyada sobre el muro de una edificación y se encuentra en buen estado, aunque tiene algunas manchas de suciedad por el paso del tiempo aún es legible.	

Fuente: Autor.





ANEXO 9. Inventario de señalización en calle 18, Tunja.

Tabla 39. Inventario de señalización en calle 18, Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Calle 18 entre carrera 5 y carrera 4		
Líneas de borde de pavimento	La vía tiene a ambos costados esta demarcación en color blanco como lo establece el manual y se encuentra en buen estado.	
Línea central de calzada	Esta línea es continua, aunque ha perdido un poco su visibilidad por el paso del tiempo en algunos tramos aun es legible, pero se recomienda realizarle mantenimiento	
Señalización de obra Maquinaria en la vía (SPO-02)	La señal se encuentra ubicada metros antes de finalizar la cuadra y se encuentra en buen estado	
Señal de obra en vía Auxiliar de Tránsito (SPO-03)	Esta señal se encuentra aproximadamente 3 metros antes de finalizar la cuadra y su estado es bueno	

Fuente: Autor.

Tabla 40. Inventario de señalización en calle 18, Tunja. (Continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Señal obra en vía, Inicio de obra	La señal se encuentra finalizando esta cuadra, el tablero se encuentra en buen estado, pero el soporte a perdido su firmeza estando declinado, por lo que se recomienda reubicarlo	
Reductor de velocidad tipo portátil	Este reductor se encuentra finalizando la cuadra, aunque se evidencia desgaste también se observa que este dispositivo cumple la función de obligar a los vehículos a disminuir la velocidad.	
Carrera 4 entre calles 18 y 19		
Se encuentra entrada y salida de volquetas, maquinaria en la vía (SPO-02), Auxiliar de Tránsito (SPO-03)	La señalización que se encuentra en buen estado	
Calle 18 entre carreras 4 y 3A	En esta cuadra inicia la obra en vía, la cual se realiza al costado derecho en sentido Occidente-Oriente, ocupado parte del carril y el andén por un tramo, por lo que los peatones deben desplazarse por el andén opuesto.	

Fuente: Autor.

Tabla 41. Inventario de señalización en calle 18, Tunja. (Continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Líneas de borde de pavimento	En este tramo se observa una línea de borde deteriorada en los costados de la vía donde no se está realizando obra, por lo que se recomienda que cuando finalicen las obras se haga mantenimiento y se demarque nuevamente en la zona donde fue intervenida la vía	
Línea central continua	Esta línea no es continua en todo el tramo, donde está presente es visible, pero empieza a deteriorarse por el paso del tiempo, por lo que es necesario realizarle mantenimiento y darle continuidad	
Señal preventiva puente angosto (SP-36)	La señal se ubica fuera de la vía y del andén por lo que no interfiere en el paso de los peatones, el tablero se encuentra en buen estado, pero el soporte se observa algo desgastado y no está totalmente perpendicular a la vía, por lo que se recomienda realizarle mantenimiento.	
Señal deteriorada	La señal perdió su color en el tablero y ya no se reconoce que señal es, además su soporte no está perpendicular a la vía, por lo que se recomienda desinstalarla ya que no está cumpliendo ninguna función.	

Fuente: Autor.



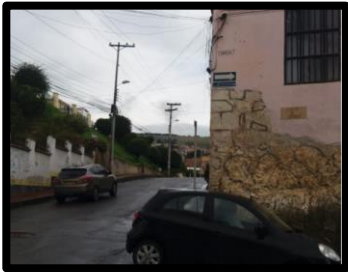
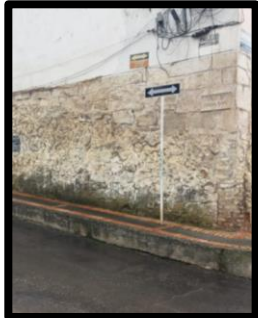
Tabla 42. Inventario de señalización en calle 18, Tunja. (Continuación)

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
Señal precaución obra en construcción	El tablero de esta señal se encuentra en buen estado, siendo visible y teniendo colores reglamentarios, pero el soporte a perdido color.	
Señal de obra en vía, disminuya su velocidad	La señal se encuentra en estado regular teniendo algunas manchas en el tablero, que no opacan además de presentar deterioro como se muestra a continuación	
Señal inicio de obra	esta se encuentra al finalizar la cuadra y se encuentra en buen estado, pero su estructura de soporte es muy baja y ocupa espacio del andén.	

Fuente: Autor.

ANEXO 10. Inventario calle 21 entre carreras 12 y 14, Tunja.

Tabla 43 Inventario de señalización de la calle 21 entre carreras 12 y 14, Tunja.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
<p>Señal vertical Prohibido parquear SR-28.</p>	<p>La señal se ubica al final de la cuadra de la carrera 14 con calle 12, se encuentra con el mensaje en esta cuadra, el estado de la señal es bueno, pero la señal no es respeta como se muestra en la siguiente ilustración, por lo que se recomienda realizar controles en especial en horas pico por parte de agentes de tránsito para evitar que se incumpla la señal y se generen trancones.</p>	
<p>Señal vertical reglamentaria sentido único de circulación, SR-38 (1)</p>	<p>La señal se ubica en el costado izquierdo de la calle en la intersección de la calle 21 con carrera 13, la señal se encuentra en buen estado y por su ubicación es clara y visible para los vehículos que circulan por la calle 21.</p>	
<p>Señal vertical reglamentaria sentido único de circulación, SR-38 (2).</p>	<p>La señal se ubica en la intersección de la carrera 13 con calle 21, e indica el único sentido de circulación hacia la carrera 13, esta señal no cuenta con soporte propio, si no que se encuentra adherida al muro de una edificación, el estado es bueno, siendo legible para los conductores.</p>	
<p>Señales verticales reglamentarias sentido de circulación doble, SR-39 (2).</p>	<p>Se encuentran dos señales de este tipo en la intersección de la carrera 13 con calle 21, una con soporte y otra adherida a una edificación, indicando que el sentido de circulación entre la carrera 13 y 13A es doble, dado que esto no es así estas señales deben ser retiradas, ya que puede provocar confusión entre los conductores y por ende conflictos vehiculares.</p>	

Fuente: Autor.

Tabla 44. Inventario de señalización de la calle 21 entre carreras 12 y 14, Tunja. (continuación).

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
<p>Señal reglamentaria prohibido girar a la derecha, SR-08</p>	<p>La señal se encuentra en la intersección de la calle 21 con carrera 13, en el costado izquierdo de la vía, su estado es bueno ya que cuenta con los colores reglamentarios y es visible para todos los conductores que transitan por el tramo.</p>	
<p>Señal vertical reglamentaria Pare, SR-01.</p>	<p>La señal se ubica en la intersección de la carrera 14 con calle 21 e indica la indicación de parar que deben realizar los vehículos de la calle 21 antes de girar hacia la carrera 14, el estado de la señal es regular dado que ha perdido su color y ya no se encuentra perpendicular a la vía, por lo que se recomienda brindarle mantenimiento.</p>	
<p>Señal vertical reglamentaria sentido único de circulación, SR-38 (3)</p>	<p>Esta señal se ubica a ambos costados de la carrera 14 indicando el único sentido de circulación de esta calle, la señal presente al costado izquierdo se encuentra en buen estado su tablero, pero su soporte a perdido color y ya no está perpendicular a la vía por lo que es necesario realizarle mantenimiento.</p>	
<p>Señal vertical reglamentaria sentido único de circulación, SR-38 (4)</p>	<p>La señal se encuentro en buen estado siendo legible y clara para los vehículos que se disponen a girar desde la calle 21 hacia la carrera 14.</p>	

Fuente: Autor.