

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA  
CIUDAD DE CALI CON AVENIDA LA ESPERANZA CON EL USO DEL  
PROGRAMA VISSIM.

LUISA FERNANDA CARRERA MAZUERA 505526  
EDISON NICOLAS MALDONADO ARDILA 501951

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA  
CIUDAD DE CALI CON AVENIDA LA ESPERANZA CON EL USO DEL  
PROGRAMA VISSIM.

LUISA FERNANDA CARRERA MAZUERA 505526  
EDISON NICOLAS MALDONADO ARDILA 501951

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil  
Director: Ing. Javier Valencia Sierra.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019



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

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

### Usted es libre de:



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

### Bajo las condiciones siguientes:



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



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



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

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## AGRADECIMIENTOS

### *PAGINA DEDICATORIA*

*A Dios por darnos la sabiduría para realizar este Proyecto.*

*A nuestros asesores por su conocimiento.*

*A nuestros Padres por su confianza y dedicación.*

Bogotá, abril de 2019

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCION .....	13
1 GENERALIDADES.....	14
1.1 ANTECEDENTES.....	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.3 OBJETIVOS .....	23
1.4 JUSTIFICACION .....	23
1.5 DELIMITACION .....	24
1.6 MARCO REFERENCIAL .....	24
1.7 METODOLOGIA.....	27
2. DESCRIPCION .....	29
2.1 LOCALIZACIÓN .....	29
2.2 DATOS DE AFOROS VEHICULARES.....	29
3. SOFTWARE PTV VISSIM.....	39
3.1 PROCEDIMIENTO DEL MODELO .....	39
3.2 RESULTADO.....	50
3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	52
4. PRESUPUESTO .....	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58

## LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1 Información general de la intersección .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2 Total de vehículos equivalente por cada 15 min. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3 Mayor valor de vehículos equivalentes por acceso.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4 Aforos tomados en campo de los giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 13:00, 18:30 y 6:00 .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5 Tabla Vehi equ/H de giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 13:00.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6 Vehi equ/H de giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 18:30.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7 Vehi equ/H de giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 6:00.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 13:00.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 18:30.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 10 Vehículos equivalentes por hora para la simulación. a las 6:00.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 11 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 13:00.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 12 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 18:30.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 13 Vehículos equivalentes por hora para la simulación. a las 6:00.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 14 Resultados de la modelación a las 13:00.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 15 Resultados de la modelación a las 18:30.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 16 Resultados de la modelación a las 6:00.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 17 Presupuesto del proyecto .....</i>	<i>55</i>

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1 Localización general de la Av. Ciudad de Cali. Fuente: contrato N.º 1352 DE 2017.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2 Sección Transversal la Av. Ciudad de Cali. Fuente: contrato N.º 1352 DE 2017.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3 BBVA “Situación Automotriz 2018 Colombia” Fuente: World Economic Forum 2017-2018 [2018] .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4 Accidentalidad por corredor vial. Fuente: “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5 “Accidentalidad por Localidad. Fuente: “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6 “Tipo de accidentalidad Fuente: “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7 Rango de hora de accidentalidad Fuente: “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8: Accidentalidad por periodo de días. Fuente: “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 9 Esquema base intersección en cruz “+” o equis “x” Fuente: INVIAS “Manual de diseño geométrico” .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 Localización general de la avenida Av. Ciudad de Cali (carrera 86) con Av. La Esperanza (calle 24). Fuente: Google Maps.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11 Esquema de la intersección Av. Ciudad de Cali (carrera 85) con Av. La esperanza (calle 24) en la ciudad de Bogotá. Fuente: “Monitoreo de transito AK 86 X AC 24. ....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 Composición Vehicular Horaria. Fuente: “Monitoreo de transito AK 86 X AC 24” .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14 Acceso 4) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Oriente-Occidente) Fuente: Autores. ....</i>	<i>35</i>



Figura 14 Acceso 2) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte) Fuente: Autores. ....	36
Figura 15 Acceso 7) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte). Fuente: Autores. ....	36
Figura 16 Acceso 1) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Norte-Sur) Fuente: Autores. ....	37
Figura 17 Acceso 6) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente) Fuente: Autores. ....	37
Figura 18 Acceso 3) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente) Fuente: Autores. ....	38
Figura 19 Ventana de inicio del software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	39
Figura 20 Visualización de la intersección software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	40
Figura 21 Add New Link software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	40
Figura 22 Link software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	41
Figura 23 Ajuste de la Vía software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	41
Figura 24. Conflict Areas software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	42
Figura 25 Estatus de mayor importancia software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	43
Figura 26 Vehicle inputs software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	43
Figura 27 Vehicle inputs software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	44
Figura 28 Signal Heads Signal Control - Signal Controllers software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	44
Figura 29 Signal Controllers -Add software PTV Vissim Fuente: Autores. ....	45
Figura 30 Edit Signal Control software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	45
Figura 31 Signal Groups software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	46
Figura 32 Signal Program software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	46
Figura 33 Signal Program + software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	47
Figura 34 Signal Program Tiempo del semáforo software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	48
Figura 35 Cerrar ventana "ok" software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	48
Figura 36 Add New Signal Head software PTV Vissim. Fuente: Autores. ....	49

<i>Figura 37 Especificación del grupo del semáforo software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	49
<i>Figura 38 Node software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 39 Add New Node software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 40 Generar Node software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 41 Rango de análisis software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 42 Evaluation - Configuration software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 43 Especificaciones del tipo de análisis “Node” software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 44 Evaluation – Result Lists – Node Results software PTV Vissim Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 45 Simulación Modelada. software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 46 Resultado de la modelación 13:00 software PTV Vissim Fuente: Autores.</i>	50
<i>Figura 47 Resultado de la modelación 18:30 software PTV Vissim Fuente: Autores.</i>	51
<i>Figura 48 Resultado de la modelación 6:00 software PTV Vissim. Fuente: Autores.</i>	51

## GLOSARIO

- **Alcantarilla:** Obra de drenaje perpendicular, que encuentra su razón en dar pasó rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino.
- **Acera o andén:** Parte de la vía dedicada al tránsito de peatones.
- **Autopista:** Vía especialmente diseñada para altas velocidades de funcionamiento, con su flujo aislado mediante separadores, sin intersecciones a nivel y con control total de accesos.
- **Calzada:** Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.
- **Capacidad:** Número máximo de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos por unidad de tiempo, bajo las condiciones consecuentes de vía y de tránsito.
- **Carretera:** Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad.
- **Carril:** Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.
- **Cebra:** Demarcación de zona peatonal en forma de una sucesión de líneas sobre la calzada perpendiculares a los carriles de tránsito vehicular, sirve para indicar la trayectoria que debe atravesar la vía.
- **Ciclo de semáforo:** Tiempo total que requiere una rotación completa de los intervalos de un semáforo.
- **Cruce o intersección de vías:** Área de uso público formada por la intersección de dos o más vías.
- **Intersección:** Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan.
- **Isla de tránsito:** Área restringida, ubicada entre carriles de tránsito, destinada a encauzar el movimiento de vehículos o también como refugio de peatones.
- **Semáforo:** Son dispositivos que proporcionan indicaciones visuales para el control del tránsito de vehículos y peatones en intersecciones.
- **Separador:** Espacio estrecho, distinto de una franja o línea pintada, situado longitudinalmente entre dos calzadas, para separar el tránsito de la misma o distinta dirección, dispuesto de tal forma que intimide o impida el paso de vehículos.
- **Vehículo:** Artefacto montado sobre ruedas que sirve para transportar personas, animales o cosas.
- **Vía:** Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales.

## RESUMEN

Código	Nombre	Doc. Identidad	Teléfono	E-Mail
505526	Luisa Fernanda Carrera Mazuera	1.152'202.227	3197937858	<a href="mailto:lfcarrera26@ucatolica.edu.co">lfcarrera26@ucatolica.edu.co</a>
501951	Edison Nicolas Maldonado Ardila	1.018'428.731	3219858668	<a href="mailto:enmaldonado51@ucatica.edu.co">enmaldonado51@ucatica.edu.co</a>

## RESUMEN

Actualmente la ciudad de Bogotá, tiene unos problemas de embotellamientos y trancones, que afectan la calidad de vida de los ciudadanos, no solo en su disposición de tiempo, sino también en su desarrollo económico. La Avenida Ciudad de Cali, fue el último gran proyecto vial de Bogotá, que atraviesa el occidente entre las localidades de Bosa, en el sur, y Suba, en el norte, lo que la convierte en un gran foco de interés y estudio.

En los últimos años esta Avenida ha sido objeto de estudio de factibilidad para integrar el sistema Transmilenio y por ellos se realiza el diagnóstico de situación actual de una intersección Av. Ciudad de Cali con Av. La Esperanza. El diagnóstico se genera realizando una recolección de información de volumen vehicular, dimensiones de carriles y tiempo de semaforización para así generar una modelación mediante el uso de la herramienta PTV Vissim, permitiendo conocer el estado actual de servicio la intersección, realizando comparaciones a distintas horas de tráfico.

**Palabras clave:** Vehicular, Diseño geométrico, Tránsito, Pavimento, Simulación, Diagnóstico, Vissim

## INTRODUCCION

Unos de los factores que influyen en el desarrollo de una ciudad, son las vías debido a su implementación como rutas comerciales y/o de turismo. En la actualidad uno de los principales problemas de habitabilidad está relacionados con problemas de congestión vehicular, altas tasas de accidentalidad, el estado actual de las vías y el estado del medio ambiente.

El aumento de la población y el incremento anual del parque automotor son factores significativos que hacen que las vías de la ciudad se vean día a día más congestionadas, volviéndose cada vez menos eficientes. Si a esto se añade el escaso número de opciones que tienen los usuarios para desplazarse de un destino a otro de manera ordenada, teniendo en cuenta que deben tomar rutas alternativas más largas y con mayor congestión, la infraestructura vial de la ciudad constantemente se ve sometida a condiciones de uso críticas y con un mayor riesgo de accidentalidad

Por otra parte, la falta de mantenimiento a la existente y la construcción de nueva infraestructura vial, la expansión del suelo urbano y el crecimiento socioeconómico de la ciudad de Bogotá, han generado mayores tiempos de viaje y mayor congestión en las vías existentes. Por esto se generará un diagnóstico de situación de la intersección de la Av. Ciudad de Cali con Av. La Esperanza con el uso del programa VISSIM haciendo simulaciones con el volumen de tráfico.

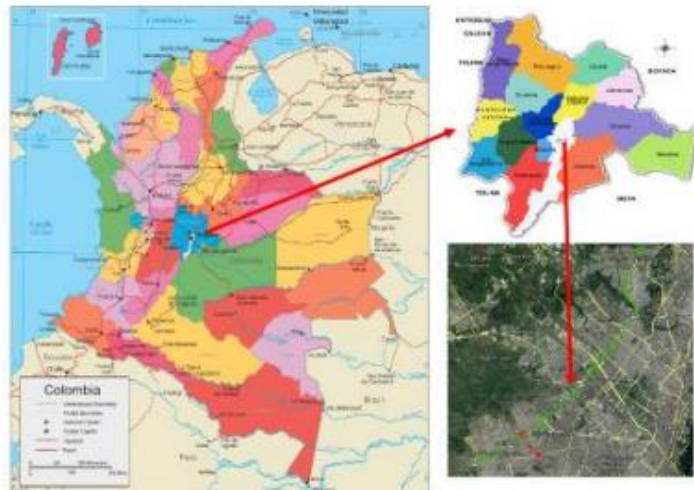
# 1 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

El consorcio TRONCALES DE BOGOTÁ en el 2018 llevo a cabo un contrato N.º 1352 DE 2017 con el título “Factibilidad Y Actualización, Complementación, Ajustes De Los Estudios Y Diseños, Y Estudios Y Diseños Para La Ampliación Y Extensión De La Avenida Ciudad De Cali Al Sistema Transmilenio, Entre La Avenida Circunvalar Del Sur Y La Avenida Calle 170 Y De Los Equipamientos Urbanos Complementarios, En Bogotá D.C”. Donde se obtuvo información geográfica para el desarrollo de factibilidad, estudios y diseños de los proyectos de infraestructura, vías urbanas y de espacio público<sup>1</sup>

La Avenida Ciudad de Cali cuenta con 23,7 kilómetros desde la calle 170 y hasta la Avenida Terreros en el límite de Soacha, entre las localidades Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá y Suba.

*Figura 1 Localización general de la Av. Ciudad de Cali.*



*Fuente: contrato N.º 1352 DE 2017*

En la factibilidad dividen las intersecciones que posee la Avenida Ciudad de Cali y entre ellas se encuentra la semaforizada con la Avenida la esperanza (Avenida Luis Carlos Sarmiento)

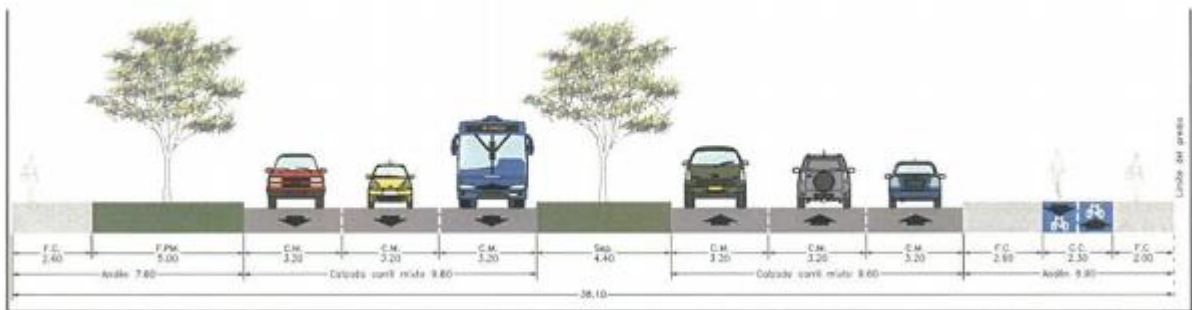
En los estudios de factibilidad se registró las características físicas de la Av. ciudad de Cali en distintos tramos, entre ellas la sección trasversal.

---

<sup>1</sup> CONSORCIO TRONCALES DE BOGOTÁ contrato N.º 1352 DE 2017 con el título “Factibilidad Y Actualización, Complementación, Ajustes De Los Estudios Y Diseños, Y Estudios Y Diseños Para La Ampliación Y Extensión De La Avenida Ciudad De Cali Al Sistema Transmilenio, Entre La Avenida Circunvalar Del Sur Y La Avenida Calle 170 Y De Los Equipamientos Urbanos Complementarios, En Bogotá D.C”. [2018]

Av. Ciudad de Cali entre la Calle 66 y la Avenida Centenario (calle 17). Este tramo presenta dos calzadas con un separador central de 4,40m. una calzada oriental cuenta con 3 carriles de 3,20m, ciclorruta de 2,30m y espacio público en ambos costados de la ciclorruta bidireccional con anchos de 2,60m y 2,00m aproximadamente. El carril occidental está constituida por 3 carriles de las mismas dimensiones, con una sección de 2,60m de espacio público aproximadamente.

Figura 1 Sección Transversal la Av. Ciudad de Cali.



Fuente: contrato N.º 1352 DE 2017

Existen varios trabajos relacionados con el diseño geométrico de carreteras, la verificación de cumplimiento de las normas y el uso de software para la simulación de los volúmenes vehiculares.

En la Universidad Católica de Colombia se ha realizado varios trabajos de diagnóstico y propuestas de diseño en la malla vial de Colombia. Entre ellos se encuentran:

“Incidencias Del Diseño Geométrico En La Accidentalidad De Intersecciones A Desnivel Casos De Estudio Avenida Boyacá Con - Calle 80 Y Calle 116” en donde se realizó una simulación de dichas intersecciones en el programa VISSIM observando que en algunos sectores de las intersecciones no cumplen con la geometría mínima estipulada en las Normas INVIAS. Y generando una alternativa de diseño.<sup>2</sup>

“Funcionamiento De Las Intersecciones Avenida Boyacá Con Américas Y Avenida Boyacá Con 1º De Mayo Enfocado En La Seguridad Y Congestión Vial.” en donde se determinó que conflictos influían en su inadecuado funcionamiento.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, CIFUENTES Estefanny y PAZ Fernando. Bogotá D.C. “Incidencias Del Diseño Geométrico En La Accidentalidad De Intersecciones A Desnivel Casos De Estudio Avenida Boyacá Con - Calle 80 Y Calle 116” [2017].

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, RICO Jonnathan Andrés y CÉSPEDES. Adriana Del Pilar, Bogotá D.C. “Funcionamiento De Las Intersecciones Avenida Boyacá Con Américas Y Avenida Boyacá Con 1º De Mayo Enfocado En La Seguridad Y Congestión Vial.” [2017].

“Diseño de rehabilitación de la avenida carrera 50 entre calle 3 y calle 4F sentido norte sur, de la ciudad de Bogotá D.C.” donde realizan una situación del estado actual de la avenida 50 entre la calle 3 y la calle 4F sentido norte-sur, por medio de la recopilación de información.<sup>4</sup>

“Diagnóstico de deslizamiento en la vía Bogotá-Girardot, variante Melgar, Tolima” donde en el kilómetro 3 se realizó diagnóstico de situación actual tales como funcionalidad, pérdida de capa vegetal y de más para el inventario de obra para la estabilización del talud.<sup>5</sup>

“Evaluación de propuesta de evolución de intersección sanforizada a glorieta” realizó una propuesta para la implementación de una glorieta en una intersección de la ciudad de Bogotá que actualmente se encuentra funcionando con semáforos.<sup>6</sup>

En la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín realizó una “Comparación De Un Enfoque Macroscópico Y Otro Microscópico Al Estimar Las Demoras Por La Congestión Urbana” En donde se realizó una comparación de enfoques macroscópico y otro microscópico usando los programas VISSIM y VISUM respectivamente. Encontrando un factor de escala para ajustar los resultados de las demoras del tránsito de vehículos en una red vial ubicada en el centro de Medellín.<sup>7</sup>

En la Escuela Superior De Administración Pública ESAP realizó una “Propuesta Para Mejorar La Movilidad En Bogotá” En donde se realizó una comparación de enfoques macroscópico y otro microscópico usando los programas VISSIM y VISUM respectivamente. Encontrando un factor de escala para ajustar los resultados de las demoras del tránsito de vehículos en una red vial ubicada en el centro de Medellín.<sup>8</sup>

En la Universidad Distrital Francisco José De Caldas realizó una “Diseño Geométrico De La Intersección Avenida Suba Con Calle 100 En La Ciudad De Bogotá Como Propuesta De Mejoramiento De Movilidad En El Sector” En donde se

---

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, GUERRA Mónica, MARTÍN Diego, Bogotá D.C. “Diseño de rehabilitación de la avenida carrera 50 entre calle 3 y calle 4F sentido norte sur, de la ciudad de Bogotá D.C.” [2014]

<sup>5</sup> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, ROA VALLARINO José Octavio, “Diagnóstico de deslizamiento en la vía Bogotá-Girardot, variante Melgar, Tolima” Bogotá D.C., [2017]

<sup>6</sup> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, CASTILLO Diego Giovanni y MONCADA Eder Yerson David, Bogotá D.C. “Evaluación de propuesta de evolución de intersección sanforizada a glorieta” [2017]

<sup>7</sup> EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN VALLADARES Alma de Jesus, Bogotá D.C. “Comparación De Un Enfoque Macroscópico Y Otro Microscópico Al Estimar Las Demoras Por La Congestión Urbana” [2016].

<sup>8</sup> ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MOLINA Victoria, Bogotá D.C. “Propuesta Para Mejorar La Movilidad En Bogotá” [2009].



realizó un diseño geométrico para estas intersecciones usando el software de AutoCAD Civil 3D.<sup>9</sup>

Jiménez Uribe, Margarita María and Sarmiento Ordosgoitia, Iván Reinaldo realizaron un “Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico de un corredor vial semaforizado” donde comprobaron que “Todo indica que por más perfeccionado que resulte el sistema, no es posible mejorar el rendimiento del flujo vehicular por unidad de tiempo, más allá de las limitaciones físicas impuestas por el diseño de la vía y sus normativas de circulación”.<sup>10</sup>

En la Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Quiceno Gutiérrez, Cristian Alberto realizaron una “Metodología para la detección de incidentes de tráfico a partir de imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial” donde se “presenta un método para la detección de incidentes a partir del cálculo del volumen y la velocidad de los vehículos de una vía” usando inteligencia artificial como la lógica difusa y la validación del estado de la velocidad.<sup>11</sup>

En la Universidad de Cartagena se realizó una “Modelación del tránsito vehicular con el software PVT VISSIM tramo Bomba el Gallo - Bomba el Amparo” donde se generó unas simulaciones con el uso del software PTV VISSIM del estado actual y con proyecciones de 5, 10, 15 y 20 años en el tramo bomba el gallo- bomba.<sup>12</sup>

En Harbin Institute of Technology se realizó un “VISSIM-Based Simulation Approach to Evaluation of Design and Operational Performance of U-turn at Intersection in China” donde se realizó una comparación del diseño simulado en VISSIM y los datos recolectados en campo donde se comprobó la precisión de la herramienta<sup>13</sup>

En Institute of Traffic Engineering, Zhejiang University se realizó “Research on Speed Limit of Highway in Vissim” donde se realizó una simulación con el uso del programa VISSIM en la ciudad de Hangzhou, China. El estudio mostro que cuando

---

<sup>9</sup> UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS CALDERON Jhon, CRUZ Sergio, GALIDNO Sandra y MARIN Jonathan, Bogotá D.C. “Diseño Geométrico De La Intersección Avenida Suba Con Calle 100 En La Ciudad De Bogotá Como Propuesta De Mejoramiento De Movilidad En El Sector” [2016]

<sup>10</sup> JIMÉNEZ URIBE, MARGARITA MARÍA AND SARMIENTO ORDOSGOITIA, IVÁN REINALDO “Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico de un corredor vial semaforizado” [2011]

<sup>11</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MEDELLÍN. QUICENO GUTIÉRREZ, CRISTIAN ALBERTO “Metodología para la detección de incidentes de tráfico a partir de imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial”. Maestría thesis, [2013]

<sup>12</sup> FONTALVO ARRIETA, KETTY GUÁRDELA VASQUEZ, PEDRO (director), Universidad de Cartagena, “Modelación del tránsito vehicular con el software PVT VISSIM tramo Bomba el Gallo - Bomba el Amparo” [2013]

<sup>13</sup> LENG JUNQIANG, ZHANG YAPING, SUN MENGQI, Harbin Institute of Technology, China. “VISSIM-Based Simulation Approach to Evaluation of Design and Operational Performance of U-turn at Intersection in China” [2008]

mayor es la velocidad promedio de todos los vehículos en la carretera son, es decir, cuanto más discretamente la velocidad distribuye, la mayor tasa de accidentes será.<sup>14</sup>

En University of science and technology, China se realizó “Traffic Influence of Road Traffic Fire based on VISSIM” donde utilizando el software VISSIM se generó una simulación del tráfico en presencia de un incendio y se comprobó que los resultados de la simulación mostraron que en accidentes de incendio traerá grandes retrasos y larga cola para flujo de tráfico aguas arriba, pero la influencia será significativamente reducido después de tomar algunas restricciones de tráfico razonables.<sup>15</sup>

En Qingdao Binhai University se realizó “Evaluation on Traffic Guidance Plan during Construction Period based on Vissim Simulation” donde su utilizo la herramienta VISSIM para la simulación de medidas de orientación. Obteniendo resultados cuantitativos para la selección de la conducta razonable para el proceso constructivo.<sup>16</sup>

En College of Transportation, Northeast Forestry University se realizó “Simulation Evaluation and Optimization of Harbin Road Intersection in Winter Based on VISSIM” donde se realizó un análisis de la carretera frente a Harbin en China en invierno usando una simulación generada por el programa VISSIM para encontrar los motivos por los cuales en la intersección de la carretera se genera atascamientos vehiculares y proponer una solución.<sup>17</sup>

En Beijin Institue of Technology, Zhuhai, China se realizó “Traffic Simulation Modeling and Analysis of BRT Based on Vissim” donde se realizó un estudio de campo de Guangzhou Bus Rapid Transit, para obtener datos a lo largo de la carretera sobre esta base se realizó el modelo para el diseño de El tránsito rápido del autobús de la ciudad de Guangzhou (BRT) Combinó los datos de simulación con la definición relevante de HCM, generando un análisis evaluativo del impacto de Guangzhou BRT.<sup>18</sup>

---

<sup>14</sup> FUJIAN WANG, XIPENG WANG. Institute of Traffic Engineering, Zhejiang University Hangzhou, China “Research on Speed Limit of Highway in Vissim” [2011]

<sup>15</sup> YAQIN HE, XINGLIN ZHOU, SHENGPING DU, MAOPING RAN, University of science and technology, China” Traffic Influence of Road Traffic Fire based on VISSIM” [2015]

<sup>16</sup> ZHENG HUIMIN, SUN ZHANXIAN, CHEN XUAN, Qingdao Binhai University, “Evaluation on Traffic Guidance Plan during Construction Period based on Vissim Simulation” [2017]

<sup>17</sup> SU QIANG-QIANG SA XING-QIANG (Correspondan autor), Collage o Transportación, Northeast Forestry University Harbin China, “Simulation Evaluation and Optimization of Harbin Road Intersection in Winter Based on VISSIM” [2010]

<sup>18</sup> WU XIAODAN, HUANG JUNHAO, Beijin Institue of Technology, China “Traffic Simulation Modeling and Analysis of BRT Based on Vissim” [2014]

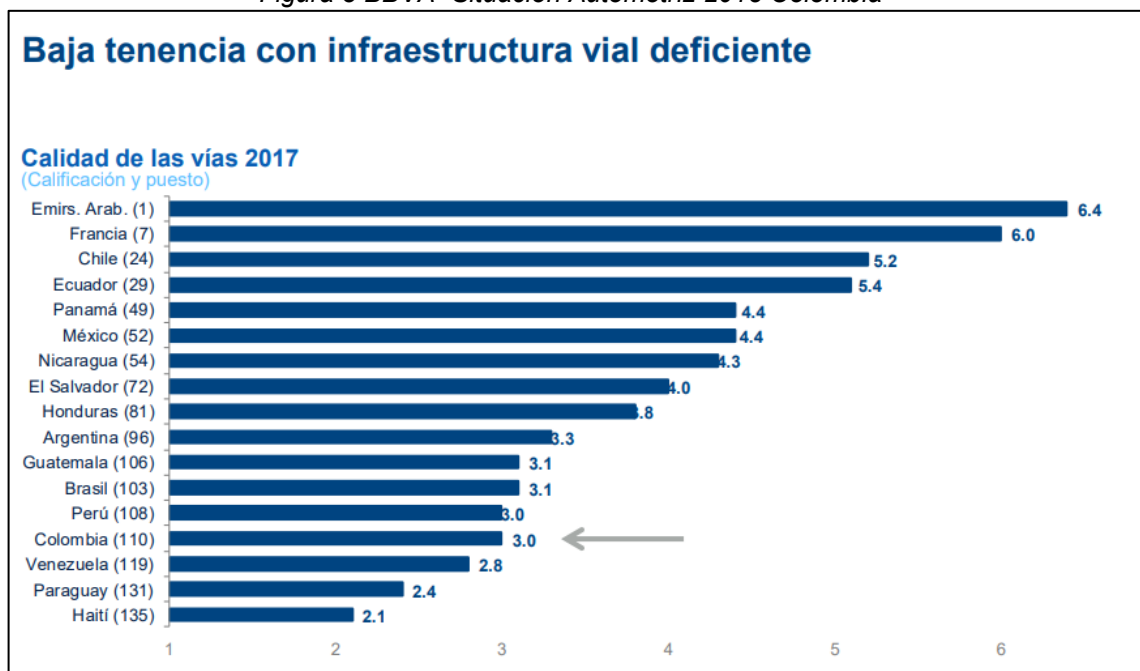
En Central University of Technology, Free State, Bloemfontein, South Africa se realizó “Diagnostic view of road projects in Malawi” en donde se generó un diagnóstico de los proyectos viables en Malawi no solo en diseño sino en presupuesto y financiamiento cronograma de actividades, plazos de ejecución.<sup>19</sup>

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En un estudio realizado por World Economic Forum 2017-2018<sup>20</sup> se revelo una calificación del estado de las vías del 1 al 7 estado Colombia con una calificación de 3.0 (ver grafica)

Figura 3 BBVA “Situación Automotriz 2018 Colombia”



Fuente: World Economic Forum 2017-2018 [2018]

Bogotá en últimos estudios de congestión realizado por la consultora internacional Inrix<sup>21</sup> ocupó el tercer lugar superado por Moscú en Rusia y Estambul en Turquía. En este reporte, que la consultora realiza anualmente, reveló que pesar de que Bogotá ocupara el tercer lugar, es la ciudad donde más tiempo se pierde en las

<sup>19</sup> FIDELIS EMUZE, SAMUEL KADANGWE Central University of Technology, Free State, Bloemfontein, South Africa “Diagnostic view of road projects in Malawi” [2013]

<sup>20</sup> BBVA “Situación Automotriz 2018 Colombia” Fuente: World Economic Forum 2017-2018 [2018]

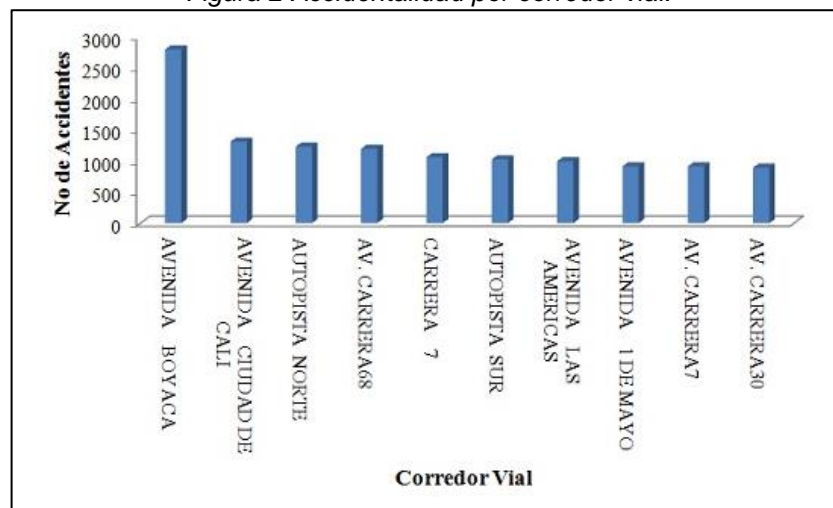
<sup>21</sup> NOTICIAS CARACOL “Bogotá, la tercera ciudad con más congestión vehicular en el mundo” [2019]

congestiones vehiculares a nivel mundial. Los bogotanos pierden aproximadamente 272 horas mientras que en Moscú se pierde 210 horas y en Estambul 157 horas.

Adicionalmente la ciudad de Bogotá se ha venido presentando un incremento en la accidentalidad del 5,24% entre el 2010 y el 2016. En este aumento los más afectados han sido los motociclistas, los peatones y los conductores. Frente a estas cifras se debe realizar un análisis de los factores que más inciden a estos porcentajes, como lo son el volumen de vehículos, diseño geométrico, el estado físico de la capa de rodadura y la velocidad del vehículo.

En el informe “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” se presenta varios datos estadísticos de accidentalidad uno de ellos es por corredor vial donde la gráfica muestra que la Avenida Ciudad de Cali se encuentra en el segundo lugar con 1500 accidentes. El documento menciona “por lo que varias de las avenidas que cruzan este corredor son probablemente intersecciones críticas.”<sup>22</sup>

Figura 2 Accidentalidad por corredor vial.

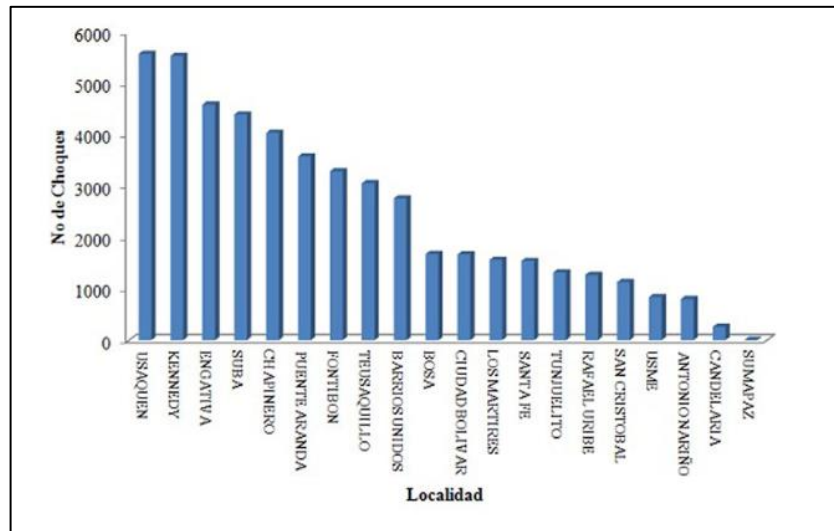


Fuente: “Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá”

También muestran otros datos como accidentalidad por Localidades. En esta Fontibón está ubicada en el puesto número 7 con más o menos 3500 accidentes.

Figura 3 “Accidentalidad por Localidad.

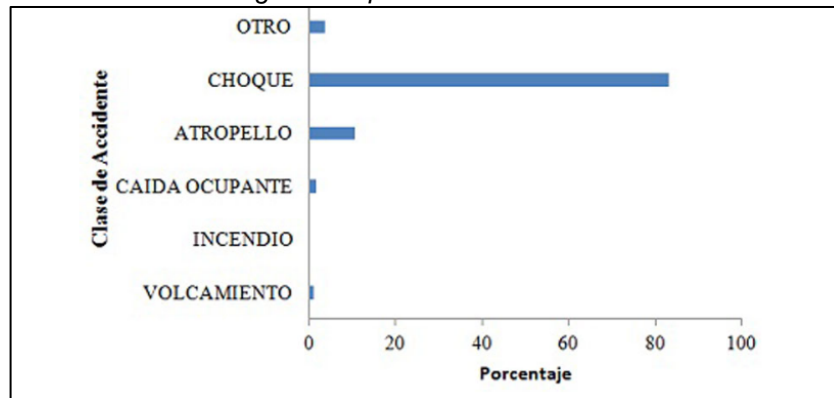
<sup>22</sup> UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, VARGAS Wilson V Bogotá D.C., Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” [2014]



Fuente: "Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá"

Tipo de accidentalidad, donde el choque destaca de las otras modalidades

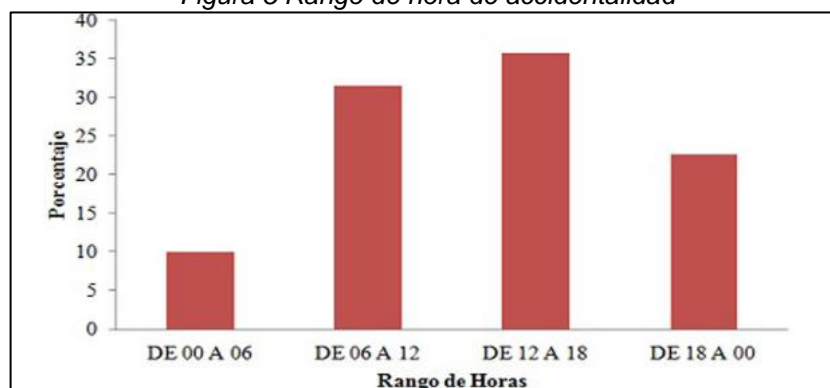
Figura 4 "Tipo de accidentalidad"



Fuente: "Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá"

Rango de hora de accidentalidad, se muestra que entre las 12 del medio día y las 6 pm se presenta mayor accidentalidad.

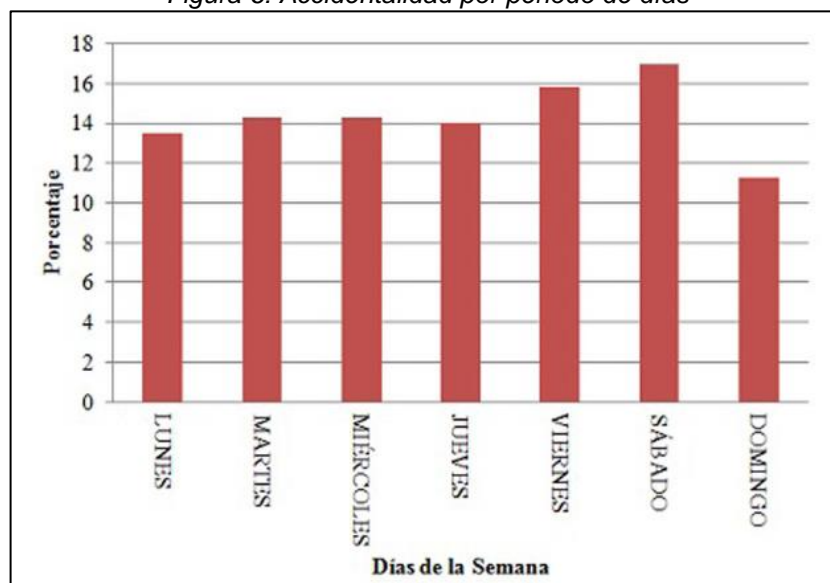
Figura 5 Rango de hora de accidentalidad



Fuente: "Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá"

Accidentalidad por periodo de días, donde el sábado es el día donde mayor accidentalidad se presenta.

Figura 6: Accidentalidad por periodo de días



Fuente: "Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá"

En Colombia existen entidades gubernamentales como INVIAS (Instituto Nacional de Vías) que disponen de "Manual de Diseño Geométrico de carreteras" para la factibilidad de las infraestructuras viales, con recomendaciones y requerimientos mínimos de diseño que permite la funcionalidad de las vías. Estos diseños se realizan a partir de la proyección del volumen de vehículos para un año de diseño y su velocidad de diseño.

## **1.2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿En qué nivel de servicio se encuentra actualmente la intersección Avenida Ciudad de Cali con Avenida la Esperanza realizando una simulación del flujo de vehicular con la herramienta PTV VISSIM?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Generar un diagnóstico de estado actual de la intersección entre Avenida Ciudad de Cali con Avenida La Esperanza, realizando una modelación con el uso del software VISSIM.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información como: normatividad vigente, estudios previos, estadísticas de accidentalidad y mortalidad, levantamiento topográfico y aforos vehiculares.
- Generar una modelación del flujo vehicular usando el software PTV VISSIM.
- Crear un informe donde se concluya el estado actual de la intersección a nivel.

## **1.4 JUSTIFICACION**

El distrito tiene proyectado realizar la troncal de Transmilenio por la Avenida Ciudad de Cali entre la calle 170 hasta la Avenida Terreros en el límite de Soacha. Dicho proyecto ya posee estudios de factibilidad con el contrato N.º 1352 DE 2017.

El diagnóstico de la situación actual de una intersección a nivel de la Avenida ciudad de Cali con la Avenida Esperanza realizado mediante una modelación usando el software VISSIM, esta permitirá conocer el comportamiento el flujo vehicular, estado de la capa de rodadura, señalizaciones tanto verticales como horizontales y una descripción del sector Socio-Económico y como varia este en función del nuevo proyecto.

## **1.5 DELIMITACION**

### **1.5.1 ESPACIO.**

El diagnóstico de situación actual se desarrolla en la intersección entre la Avenida Ciudad de Cali con la Avenida La Esperanza por lo tanto no se realizará ningún estudio externo a la intersección. Exceptuando la información de accidentalidad, esta fue tomada de toda la ciudad de Bogotá y los parámetros de INVIAS (Instituto Nacional de Vías)

### **1.5.2 TIEMPO.**

Las actividades para la ejecución del diagnóstico de situación están presentes en el cronograma previsto para el periodo académico 2019-I.

### **1.5.3 CONTENIDO.**

El diagnóstico de estado actual contendrá: descripción del sector, datos estadísticos de accidentalidad, dimensiones del lugar, volumen de vehículos que transitan por él, modelación en el software VISSIM para conocer qué puntos son críticos en la intersección.

### **1.5.4 ALCANCES.**

En el análisis generado por la modelación usando el software VISSIM y las comparaciones del levantamiento con los requerimientos mínimos de diseño para una intersección a nivel que están presentes en los manuales colombianos, permitirá identificar la relación entre el diseño geométrico y el flujo vehicular en la intersección. El análisis solo se hará en planta esto evitando las curvas horizontales de las vías.

## **1.6 MARCO REFERENCIAL**

### **1.6.1 MARCO TEÓRICO.**

En los manuales de diseño geométrico se encuentran algunos criterios generales que se debe tener en cuenta para el diseño de una intersección a nivel. Entre ellos:

- Priorización de los movimientos.

Esto con el fin de realizar un análisis de importancia para una adecuada señalización, introducción a una curva y/o reducción del ancho de vía.



- Consistencia con los volúmenes de tránsito.

El aumento de los vehículos es una variable importante para disponer del espacio necesario para cada elemento del complejo vial.

- Sencillez y claridad.

El diseño geométrico debe tener en cuenta a los conductos que la vía sea clara en señalización tanto vertical como horizontal y sencillas para la transición de un carril a otro o al ingreso a una curva.

- Separación de los movimientos.

Este análisis parte de los aforos vehiculares para conocer el flujo y a partir de los resultados de ingeniería de tránsito, se puede priorizar algunos movimientos y una señalización adecuada.

- Visibilidad.

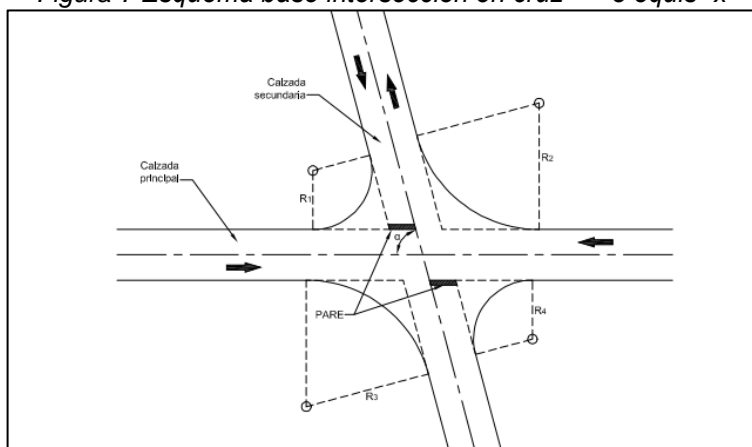
La velocidad de los vehículos al acceden a la intersección debe estar en función de la visibilidad. Esta visibilidad es cuando el conductor puede percibir el otro vehículo y que se tenga en cuenta la distancia de parada.

- Perpendicularidad de las trayectorias. Las intersecciones en ángulo recto son las que se puede evidenciar la disminución de la posibilidad de choque y facilita las maniobras del conductor ya que se visualiza mejor los movimientos de los demás.

Los criterios básicos de diseño que se debe tener en cuenta para una intersección a nivel en cruz + o equis x son:

- El ángulo de entrada ( $\alpha$ ) debe estar sesenta y noventa grados ( $60^\circ - 90^\circ$ ).
- El Radio mínimo de las curvas R1, R2, R3 y R4 debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.
- La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyan debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal.
- Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m).
- La intersección debe satisfacer la Distancia de visibilidad de cruce (DC)

Figura 7 Esquema base intersección en cruz “+” o equis “x”



Fuente: INVIAS “Manual de diseño geométrico”<sup>23</sup>

## 1.6.2 MARCO CONCEPTUAL

### Software PTV VISSIM

El software de PTV VISSIM es una herramienta que permite realizar simulaciones microscópica y multimodal del tránsito. Este fue desarrollado por la empresa PTV (Planung Transport Verkehr AG) en Karlsruhe, Alemania.

En este programa se puede realizar el análisis mediante una simulación de la operación del tránsito debido a la configuración de carriles, implementación de nuevas paradas de servicio público, un nuevo sistema de semaforización y entre otros que varíen el comportamiento del flujo vehicular.

El programa cuenta con una lista amplia de aplicaciones como:

- Desarrollo, evaluación y ajuste-detallado de lógicas de prioridad semafórica.
- Evaluación y optimización (interfaz a Signal97) de la operación del tráfico en una red que combina semáforos actuados y coordinados.
- Factibilidad y estudios de impacto al tráfico para integración de tren ligero en redes urbanas.
- Análisis de reducción de velocidad en áreas de entrecruzamiento.
- Fácil comparación de alternativas de diseño incluyendo intersecciones semaforizadas y de prioridad, glorietas e intercambios viales a desnivel.
- Análisis de capacidad y operación de trazados de estaciones complejas para sistemas de bus y tren han sido analizados con VISSIM.
- Soluciones de tratamiento preferencial para buses (p.ej. saltos de cola, extensiones de bordillo, carriles solo-bus) han sido evaluadas con VISSIM.

<sup>23</sup> INVIAS “Manual de diseño geométrico” diseño de intersección en cruz “+” o equis “x” [2008]

- Con su modelo incorporado de Asignación Dinámica, VISSIM puede responder preguntas sobre elección de ruta, tales como, los impactos deseñales de mensajes variables o el potencial de desvío de tráfico en barrios para redes de hasta el tamaño de las ciudades medianas.
- La modelación y simulación de flujos de personas - en calles y edificaciones - permite un rango amplio de nuevas aplicaciones. VISSIM puede también simular y visualizar las interacciones entre tráfico vehicular y personas.

### **1.6.3 MARCO LEGAL**

Manual de Diseño Geométrico INVIAS es una institución nacional de vías en Colombia encargada del estudio, diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación de las vías colombianas. En sus documentos técnicos poseen una serie de guías de laboratorio para la ejecución adecuada de ensayos requeridos para la realización de estudios ingenieriles.

Manual del usuario para el software PTV VISSIM generado por la compañía PTV (PlanungTransportVerkehr AG)<sup>24</sup>

## **1.7 METODOLOGIA**

La ejecución del proyecto se divide en tres fases:

### Primera fase: Recolección de información:

Esta fase se subdivide en:

- Recolección de información histórica. En ella se consulta con el IDU que contratos tiene vinculada la intersección. Se consulta con otras fuentes, estadísticas de datos de accidentalidad y mortalidad en la ciudad de Bogotá.
- Aforos Vehiculares: suministrados por la Secretaria de Movilidad. Los cuales corresponden a un monitoreo de tránsito realizado el lunes 4 de abril del 2016 en la intersección Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) con Calle 24 (Av. La esperanza) en una jornada de 6:00 a 20:00. El monitoreo se entregó en rangos 15 minutos. Nota: este aforo no tuvo en cuenta los giros a la derecha excluyendo el giro a la derecha de Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Oriente-Occidente).
- Se realiza un análisis de los rangos de 15 min en los cuales se presentó mayor número de vehículos equivalente para realizar las comparaciones.

---

<sup>24</sup> PTV VISSIM “Manuela del Usuario 5.40” [2012]

- Visita de campo: registro fotográfico de la intersección, estado de la capa de rodadura, estado de las señales de tránsito, el tiempo de los semáforos y aforos en los giros a la derecha faltantes en las horas seleccionadas.

#### Segunda Fase: Simulación:

Esta fase se subdivide en:

- Reconocimiento total del software VISSIM
- La versión utilizada es PTV Vissim 11.00-08 (Student) que posee una restricción de análisis de 600 segundos por lo cual se toman los valores de 15 minutos.
- Generar una modelación del flujo vehicular teniendo en cuenta los datos de la secretaria de movilidad como las dimensiones de calzada y aforos y los datos obtenidos en campo.

#### Tercera Fase: Análisis.

en esta fase se analizarán los modelos realizados en diferentes horarios, comparan los resultados y llegan a un diagnóstico.

#### Cuarta Fase: Conclusión:

Se presenta un informe del diagnóstico de la situación actual de la intersección analizando los datos obtenidos en la comparación las normas colombianas y la modelación en el software.

## 2. DESCRIPCION

### 2.1 LOCALIZACIÓN

El diagnostico de situación sera evaluado en la interseccion Av. Ciudad de Cali con Av. La Esperanza, esta se encuentra ubicada en el occidente de la ciudad de Bogotá, Colombia.

Figura 8 Localización general de la avenida Av. Ciudad de Cali (carrera 86) con Av. La Esperanza (calle 24)



. Fuente: Google Maps.

Tabla 1 Información general de la intersección

Av. Ciudad de Cali con Av. La Esperanza,		
Dirección	Carrera 86 con Calle 24	
Coordenadas	Latitud	4,762043
	Longitud	74,125346
Barrios	Villa Pinar Baleares Mallorca	
Localidad	9 Fontibón	

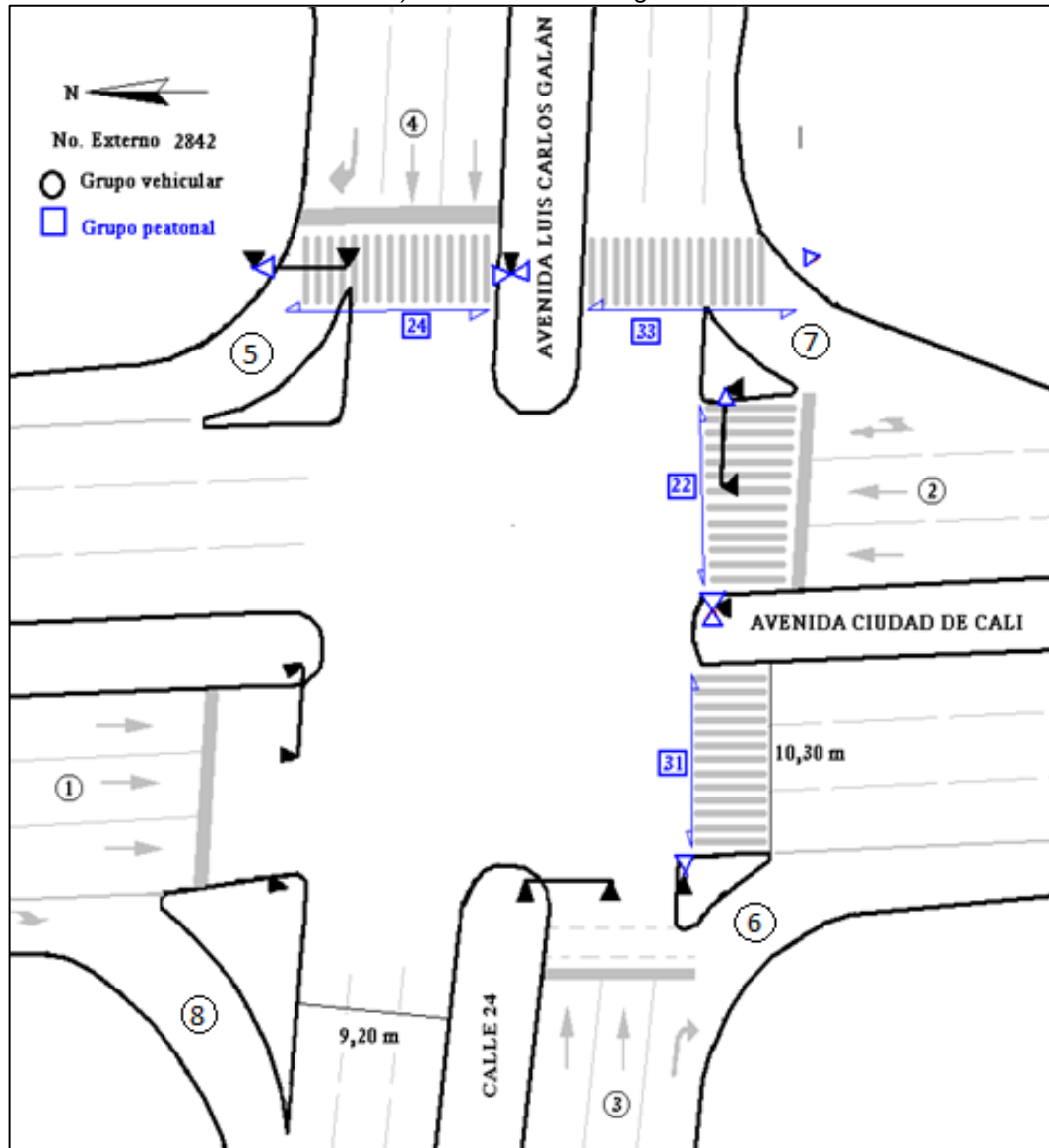
Fuente: Autores

### 2.2 DATOS DE AFOROS VEHICULARES

La secretaria de movilidad suministra un monitoreo de transito de la intersección Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) con Calle 24 (Av. La esperanza), en el cual se obtuvo:

## 2.2.1 ESQUEMA DE LA INTERSECCIÓN

Figura 9 Esquema de la intersección Av. Ciudad de Cali (carrera 85) con Av. La esperanza (calle 24) en la ciudad de Bogotá.



Fuente: "Monitoreo de tránsito AK 86 X AC 24".<sup>25</sup>

En el anterior esquema los accesos que se definen de la siguiente manera:

Accesos principales

Acceso 1) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Norte-Sur)

Acceso 2) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte)

Acceso 3) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente)

<sup>25</sup> Secretaria de movilidad "Monitoreo de tránsito AK 86 X AC 24" [2016]

- Acceso 4) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Oriente-Occidente)  
Giros a la derecha
- Acceso 5) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Oriente-Occidente)
- Acceso 6) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente)
- Acceso 7) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte)
- Acceso 8) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Norte-Sur)

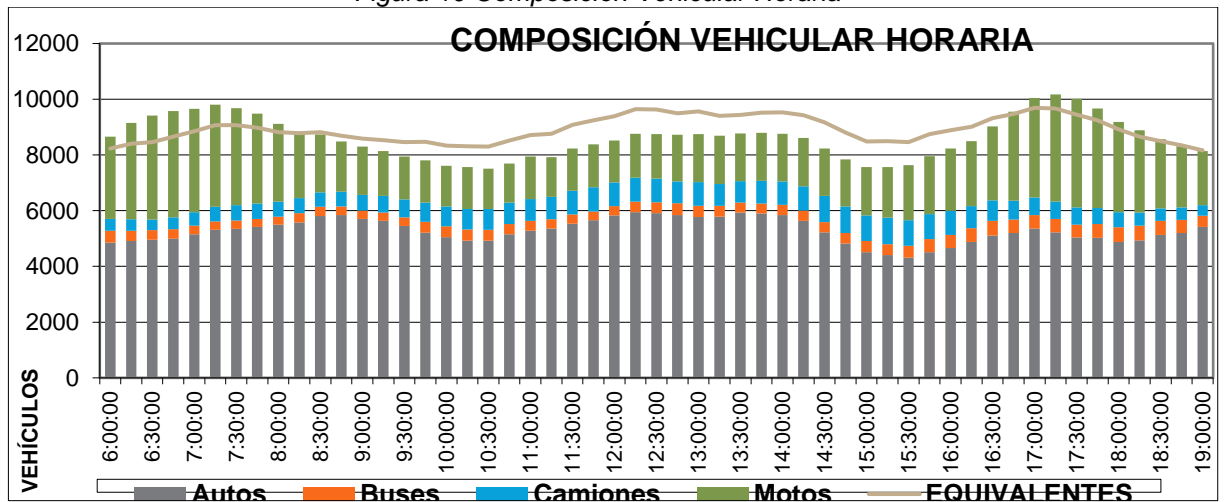
### 2.2.2. MONITOREO DEL TRANSITO

Aforos Vehiculares.

Los conteos de tránsito tienen como objetivo registrar el número de vehículos que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de una vía, clasificándolos por tipo, de acuerdo con el sentido del flujo y al movimiento (directo, giros de derecha o izquierda). El método empleado, además permite clasificar a cada vehículo de acuerdo a las siguientes categorías: Automóvil, Bus, Camión y Motos.

La secretaria de movilidad entrega un monitoreo del tránsito realizado el lunes 4 de abril del 2016 en la intersección Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) con Calle 24 (Av. La esperanza) en una jornada de 6:00 a 20:00.

Figura 10 Composición Vehicular Horaria



. Fuente: "Monitoreo de transito AK 86 X AC 24"

Para generar una comparación se selecciona las horas donde se presenta mayor congestión de vehículos de las siguientes dos maneras.

En primera se suman los vehículos equivalentes de todos los accesos y se toma el mayor. En este caso el rango en la que se presentó mayor congestión vehicular es a las 13:00.

Tabla 2 Total de vehículos equivalente por cada 15 min.

HORA	TOTAL EQUIVA. 1	TOTAL EQUIVA. 2	TOTAL EQUIVA. 3	TOTAL EQUIVA. 4	TOTAL EQUIVA. 5	TOTAL
10:30:00	699	657	390	238	80	2064
10:45:00	649	615	406	246	66	1982
11:00:00	703	774	436	198	83	2194
11:15:00	583	775	410	209	87	2064
11:30:00	737	872	354	216	95	2274
11:45:00	684	865	336	196	106	2187
12:00:00	809	827	322	189	88	2235
12:15:00	799	911	387	185	105	2387
12:30:00	778	952	409	210	82	2431
12:45:00	748	934	388	192	75	2337
13:00:00	763	968	439	217	106	2493
13:15:00	720	922	400	262	65	2369
13:30:00	703	854	394	249	99	2299
13:45:00	746	944	357	238	119	2404
14:00:00	742	866	374	244	105	2331
14:15:00	771	929	399	208	95	2402
14:30:00	773	794	459	280	75	2381

Fuente: "Monitoreo de transito AK 86 X AC 24"

En segunda se genera una evaluación individual de los accesos, verificando cual fue el rango con mayor volumen de vehículos equivalente.

Tabla 3 Mayor valor de vehículos equivalentes por acceso.

1		2		3		4	
HORA	TOTAL EQUIVALENTES	HORA	TOTAL EQUIVALENTES	HORA	TOTAL EQUIVALENTES	HORA	TOTAL EQUIVALENTES
18:30:00	927	13:00:00	968	6:00:00	537	18:30:00	340
18:00:00	916	12:30:00	952	6:45:00	503	19:15:00	320
18:45:00	907	13:45:00	944	6:30:00	493	16:45:00	300
18:15:00	903	12:45:00	934	8:00:00	463	17:30:00	293
19:00:00	892	14:15:00	929	14:30:00	459	17:00:00	292

Fuente: "Monitoreo de transito AK86XAC24"

En el acceso 2 se presentó, al igual que en el análisis general de la intersección, que el mayor volumen de vehículos equivalentes corresponde a las 13:00 y el acceso 1 y 4 presentaron el mismo rango de mayor intensidad a las 18:30 y el acceso 3 presento su mayor valor a las 6:00. Por lo tanto, se realizar el análisis de tres modelaciones teniendo en cuenta que en ellas se encuentran la mayor congestión por acceso y por toda la intersección.

En los aforos de la Secretaria de Movilidad había una ausencia de registros de los giros a la derecha en los accesos 1, 2 y 3 a pesar de ser unos giros permitidos, por lo cual se realizó conteos vehiculares el lunes 18 de marzo del 2019 en los accesos faltantes a en los rangos requerido.



Los datos fueron los siguientes.

Tabla 4 Aforos tomados en campo de los giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 13:00, 18:30 y 6:00

Lunes 18 de Marzo del 2019											
13:00			18:30			6:00					
Tipo vehiculo	Giro derecha acceso 1	Giro derecha acceso 2	Giro derecha acceso 3	tipo vehiculo	giro derecha acceso 1	giro derecha acceso 2	giro derecha acceso 3	Tipo vehiculo	Giro derecha acceso 1	Giro derecha acceso 2	Giro derecha acceso 3
A	11	19	31	A	12	12	23	A	8	9	50
B	2	6	0	B	6	5	1	B	4	5	0
M	8	8	16	M	38	7	30	M	11	9	19
C	2	2	9	C	1	1	1	C	1	1	6

Fuente: Autores.

Ya que en el software se ingresan los volúmenes en veh-eq / Hora debe aplicar un factor de equivalencia a cada tipo de vehículo como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 5 Tabla Vehi equ/H de giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 13:00

13:00											
8. Giro Acceso 1				6. Giro Acceso 2				7. Giro Acceso 3			
Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	Vehiculos Equivalentes	Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	Vehiculos Equivalentes	Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	Vehiculos Equivalentes
A	1	11	11	A	1	19	19	A	1	31	31
B	2	2	4	B	2	6	12	B	2	0	0
M	0,5	8	4	M	0,5	8	4	M	0,5	16	8
C	2,5	2	5	C	2,5	2	5	C	2,5	9	23
<b>total veh-equ</b>			24	<b>total veh-equ</b>			40	<b>total veh-equ</b>			62

Fuente: Autores.

Tabla 6 Vehi equ/H de giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 18:30

18:30											
8. Giro Acceso 1				6. Giro Acceso 2				7. Giro Acceso 3			
Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	vehiculos equivalentes	Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	vehiculos equivalentes	Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	vehiculos equivalentes
A	1	12	12	A	1	12	12	A	1	23	23
B	2	6	12	B	2	5	10	B	2	1	2
M	1	38	19	M	1	7	4	M	1	30	15
C	3	1	3	C	3	1	3	C	3	1	3
<b>total veh-eq</b>			46	<b>total veh-eq</b>			28	<b>total veh-eq</b>			43

Fuente: Autores.

Tabla 7 Vehi equ/H de giros a la derecha accesos 1, 2 y 3 a las 6:00

6:00											
8. Giro Acceso 1				6. Giro Acceso 2				7. Giro Acceso 3			
Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	vehiculos equivalentes	Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	vehiculos equivalentes	Tipo vehiculo	Fe	N. Vehiculos	vehiculos equivalentes
A	1	8	8	A	1	9	9	A	1	50	50
B	2	4	8	B	2	5	10	B	2	0	0
M	0,5	11	5,5	M	0,5	9	4,5	M	0,5	19	9,5
C	2,5	1	2,5	C	2,5	1	2,5	C	2,5	6	15
<b>total veh-eq</b>			24	<b>total veh-eq</b>			26	<b>total veh-eq</b>			75

Fuente: Autores.

Una vez reunida y complementada la información, se procede a convertir los datos que se tienen de veh-eq en intervalos de 15 minutos a veh-eq / Hora multiplicando cada valor por 4.

Tabla 8 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 13:00

	Acceso 1 Cali N_S	Giro derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Giro derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Giro derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Giro derecha Esperanza Or_Oc
13:00								
volumen 15	763	24	968	40	439	61,5	217	106
volumen 60	3052	96	3872	160	1756	246	868	424

Fuente: Autores.

Tabla 9 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 18:30

	Acceso 1 Cali N_S	Giro derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Giro derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Giro derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Giro derecha Esperanza Or_Oc
18:30								
volumen 15	927	46	621	28	261	43	344	93
volumen 60	3708	182	2484	112	1044	170	1376	372

Fuente: Autores.

Tabla 10 Vehículos equivalentes por hora para la simulación. a las 6:00

	Acceso 1 Cali N_S	Giro derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Giro derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Giro derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Giro derecha Esperanza Or_Oc
6:00								
volumen 15	608	24	512	26	537	75	108	70
volumen 60	2432	96	2048	104	2148	298	432	280

Fuente: Autores.

### 2.2.3 VISITA DE CAMPO

A través de una visita de campo se realiza una evaluación de las condiciones actuales de operación de la intersección (tiempos del grupo de semáforos, estado de la capa de rodadura, y los aforos faltantes que se mencionaron anteriormente etc.)

Figura 11 Acceso 4) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Oriente-Occidente)



Fuente: Autores.

Acceso 4) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Oriente-Occidente). Este acceso presenta buen estado. Se observa el desperfecto de la tapa de alcantarilla.

Figura 14 Acceso 2) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte)



Fuente: Autores.

Acceso 2) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte). Este acceso presenta buen estado.

Figura 12 Acceso 7) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte).



Fuente: Autores.

Acceso 7) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Sur-Norte). Este acceso es el giro a la derecha del acceso 2. Se presenta en buen estado la capa de rodadura, pero se observa un asentamiento de la tapa de alcantarilla como se muestra en la figura.

*Figura 13 Acceso 1) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Norte-Sur)*



*Fuente: Autores.*

Acceso 1) Carrera 86 (Av. Ciudad de Cali) sentido (Norte-Sur) Se presenta a la altura de la cebrá deformaciones causadas por la tapa de alcantarilla, así como fisuras, agrietamiento y pérdida parcial de la capa de rodadura

*Figura 14 Acceso 6) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente)*



*Fuente: Autores.*

Acceso 6) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente) Este acceso es el giro a la derecha del acceso 3. Se presentan fisuras y agrietamientos

*Figura 18 Acceso 3) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente)*



*Fuente: Autores.*

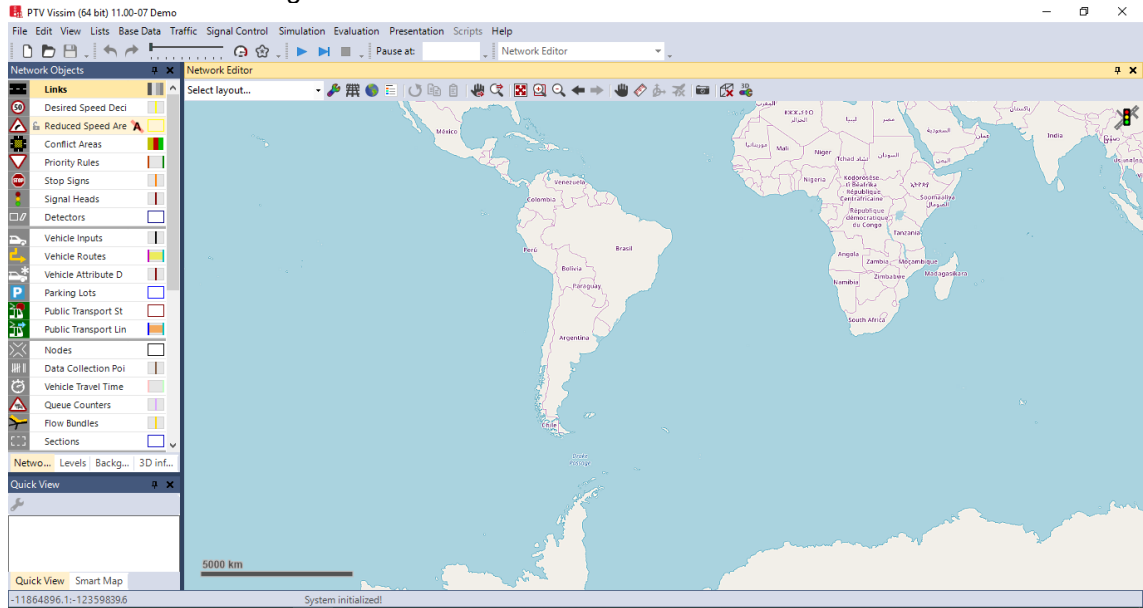
Acceso 3) Calle 24 (Av. La esperanza) sentido (Occidente-Oriente) presenta mal estado con fisuras y asentamientos.

### 3. SOFTWARE PTV VISSIM

#### 3.1 PROCEDIMIENTO DEL MODELO

##### Paso 1. Esquema de la intersección.

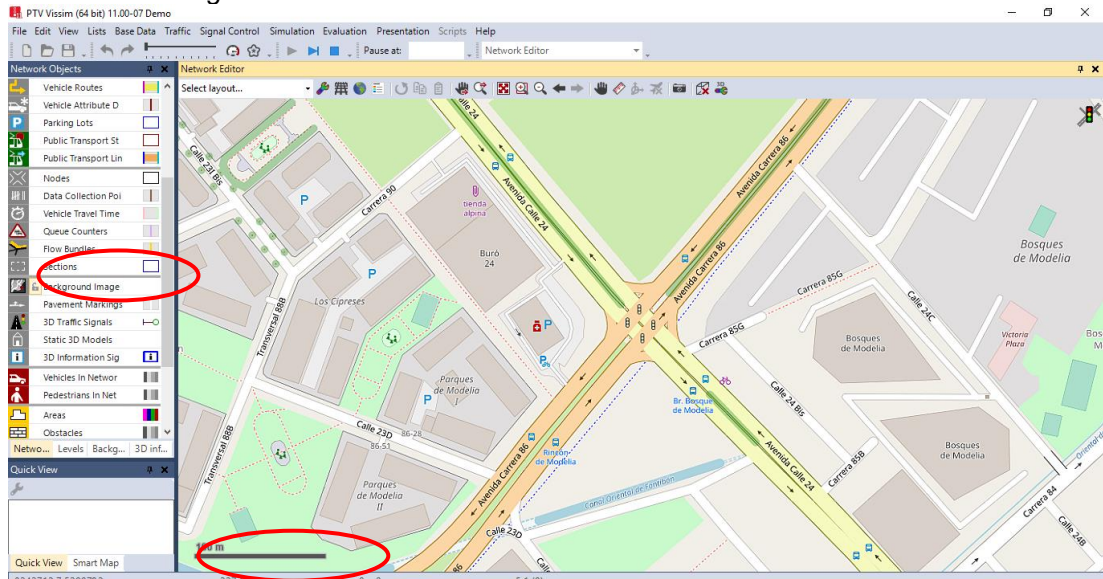
Figura 15 Ventana de inicio del software PTV Vissim



. Fuente: Autores.

Se localiza la intersección en el mapa Av. Ciudad de Cali (carrera 85) con Av. La esperanza (calle 24) en la ciudad de Bogotá. Ajustada la imagen a una escala de 1:100 verificado en la parte inferior izquierda del mapa.

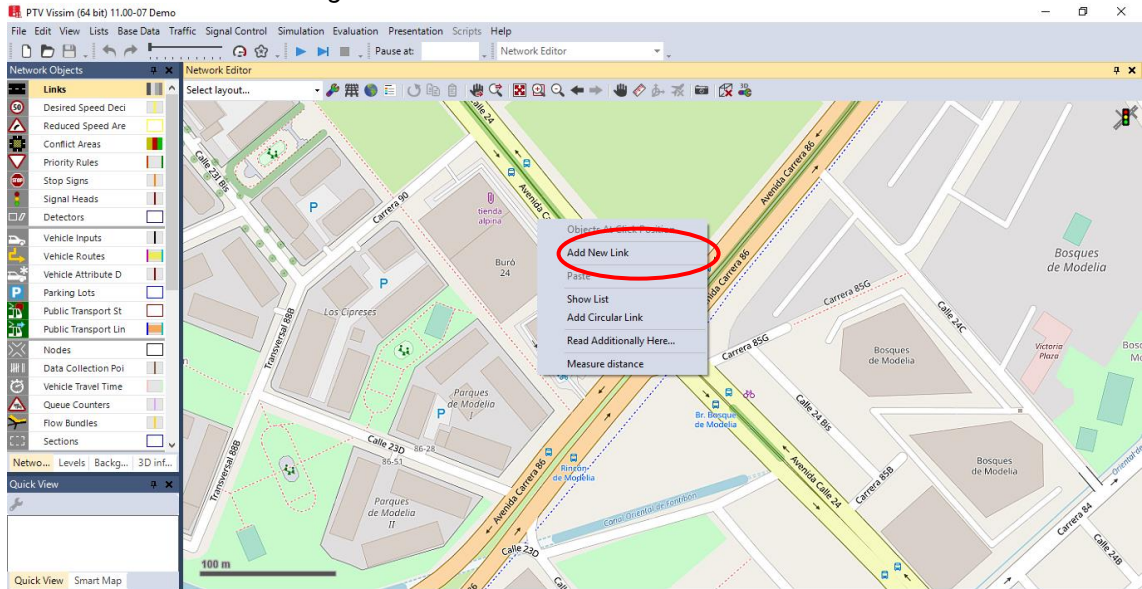
Figura 16 Visualización de la intersección software PTV Vissim



Fuente: Autores.

Haciendo clic izquierdo se abre un menú, en él se dará clic en “Add New Link”

Figura 17 Add New Link software PTV Vissim

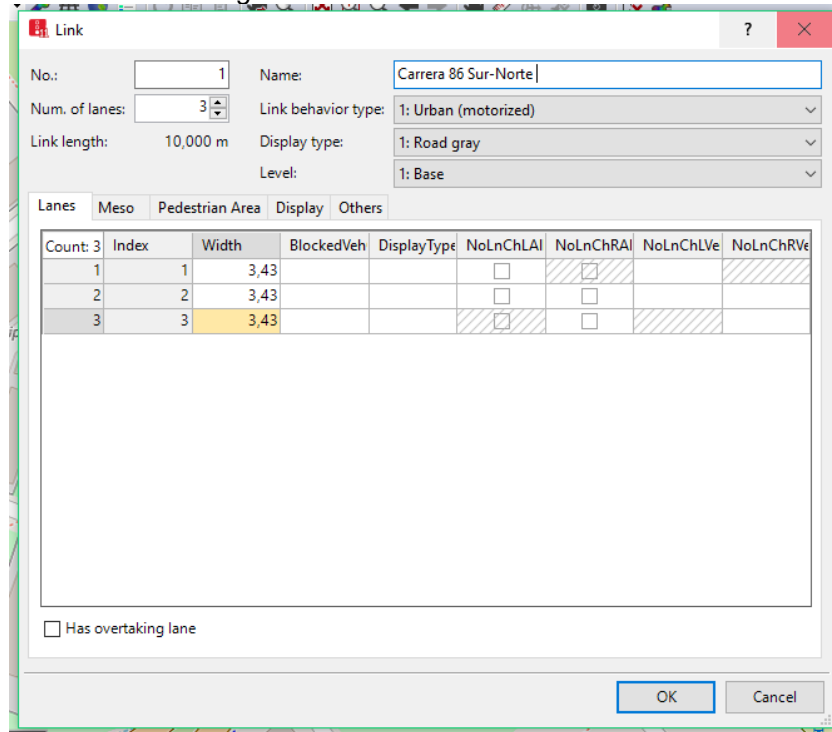


Fuente: Autores.

Se abre la siguiente pantalla, donde se requieren ingresar los datos del carril que fueron tomados del monitoreo de transito suministrado por la secretaria de movilidad.



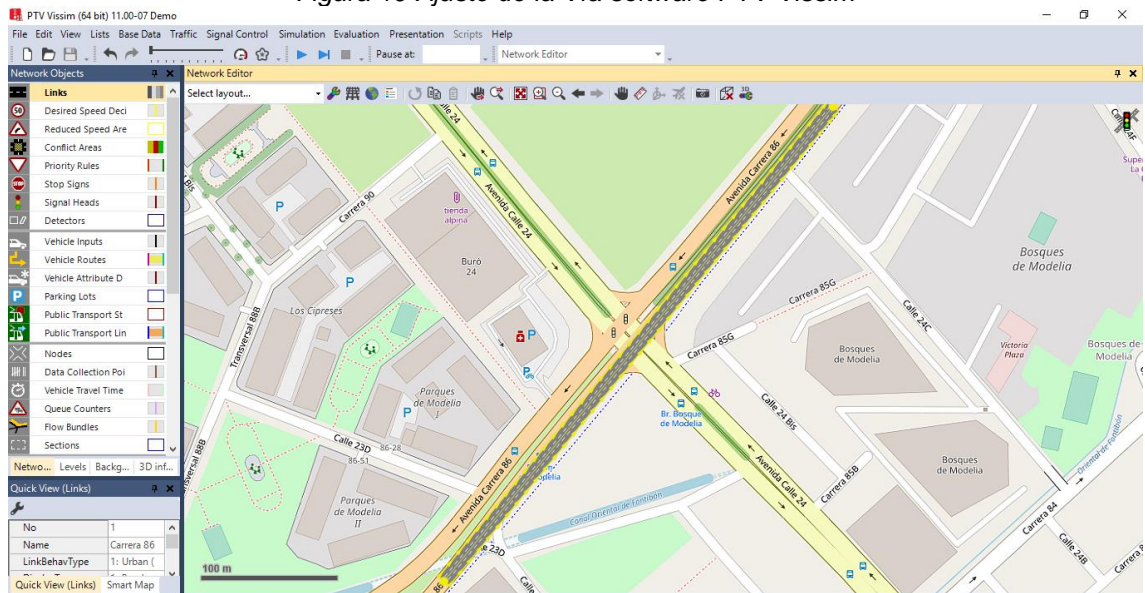
Figura 18 Link software PTV Vissim



Fuente: Autores.

Al dar “ok” se crea la vía, la cual debe ser ajustada sobre el mapa y agregando puntos se configuran la curvatura.

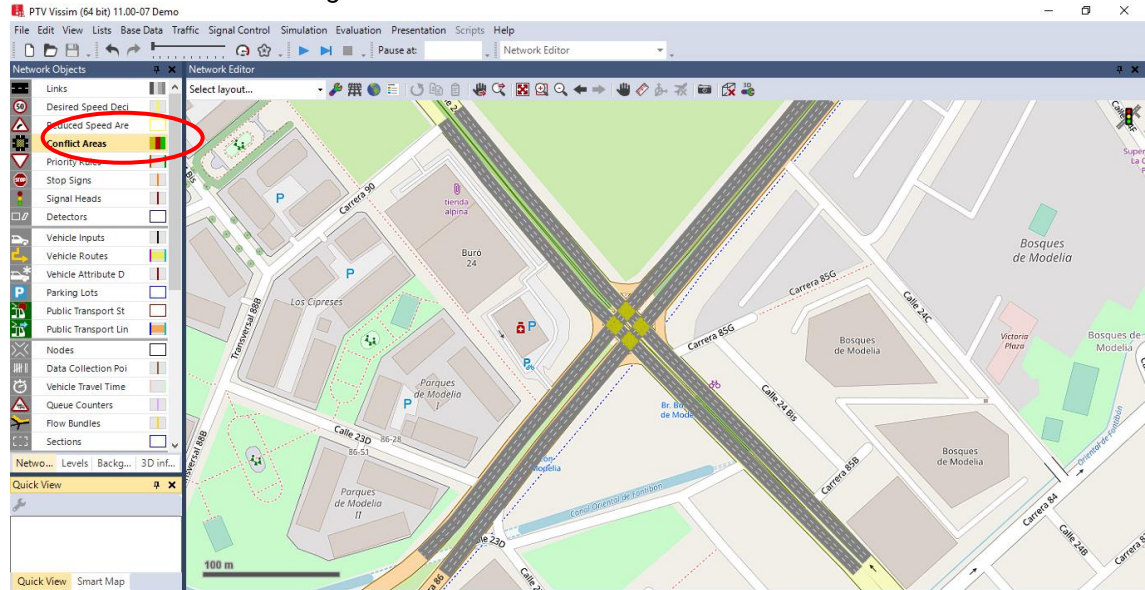
Figura 19 Ajuste de la Vía software PTV Vissim



. Fuente: Autores.

Una vez creados los carriles que pertenecen a la intersección en estudio, se selecciona la opción “Conflict Areas”.

Figura 20. Conflict Areas software PTV Vissim



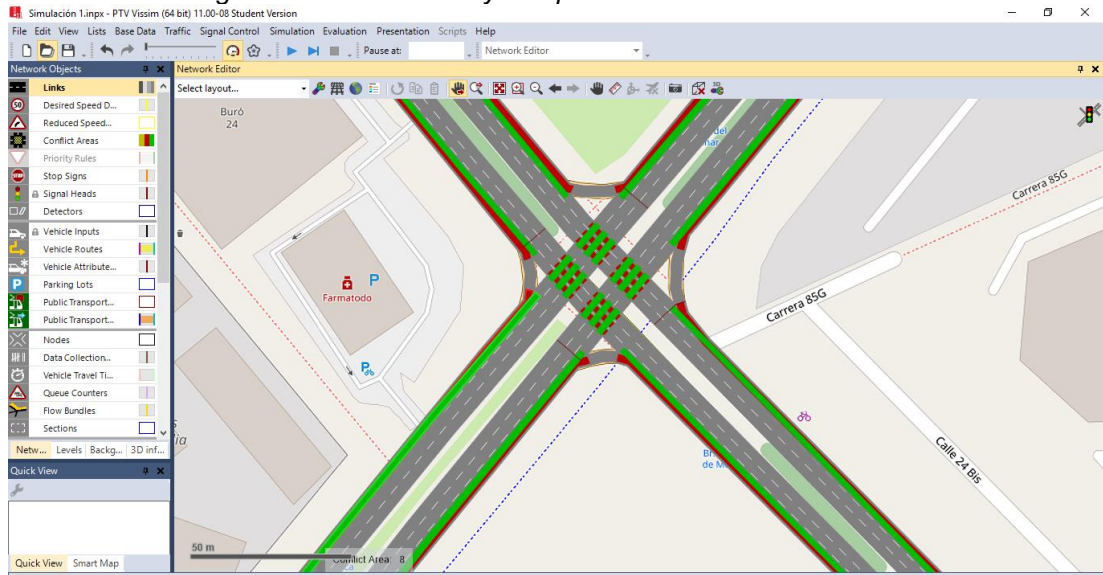
Fuente: Autores.

Esta opción permite visualizar las áreas donde se genera un conflicto de flujos vehiculares por los cual se debe seleccionar la vía que tendrá el estatus de mayor importancia en la intersección y esta se muestra de color verde.

En este caso la de mayor importancia será la Av. Ciudad de Cali (carrera 85).

Se selecciona los estatus de la vía que tiene mayor importancia en la intersección y se muestra de color verde. En este caso la de mayor importancia será la Av. Ciudad de Cali (carrera 85).

Figura 21 Estatus de mayor importancia software PTV Vissim

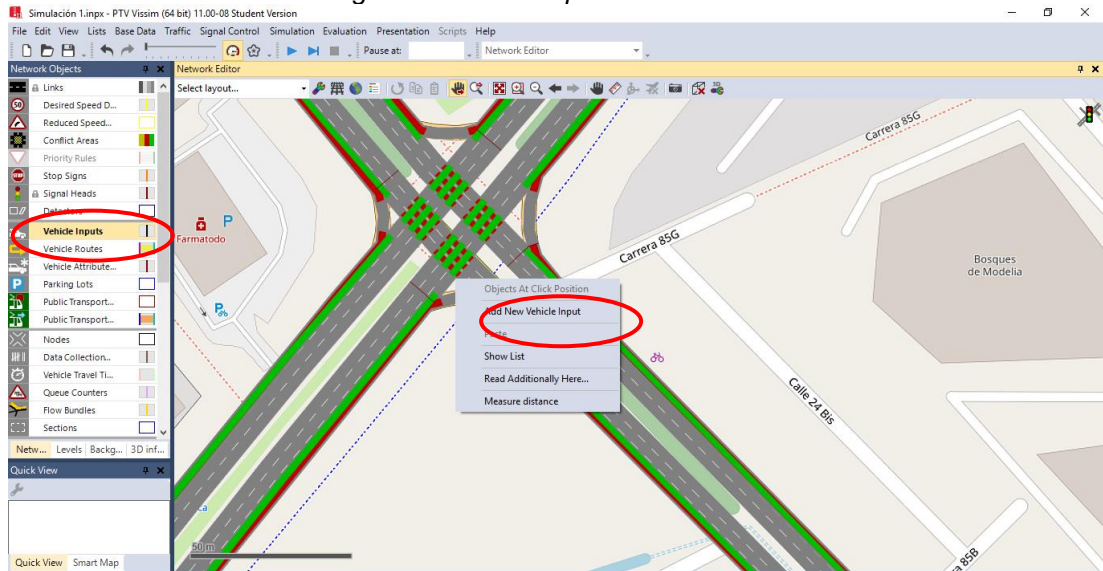


. Fuente: Autores.

## Paso 2. Volumen de vehículos.

Una vez seleccionada la opción “*Vehicle inputs*”, haciendo clic izquierdo sobre la vía a la cual se le asignará el valor del volumen de vehículos se desplegará un menú donde se elige la opción “*Add New Vehicle Input*”.

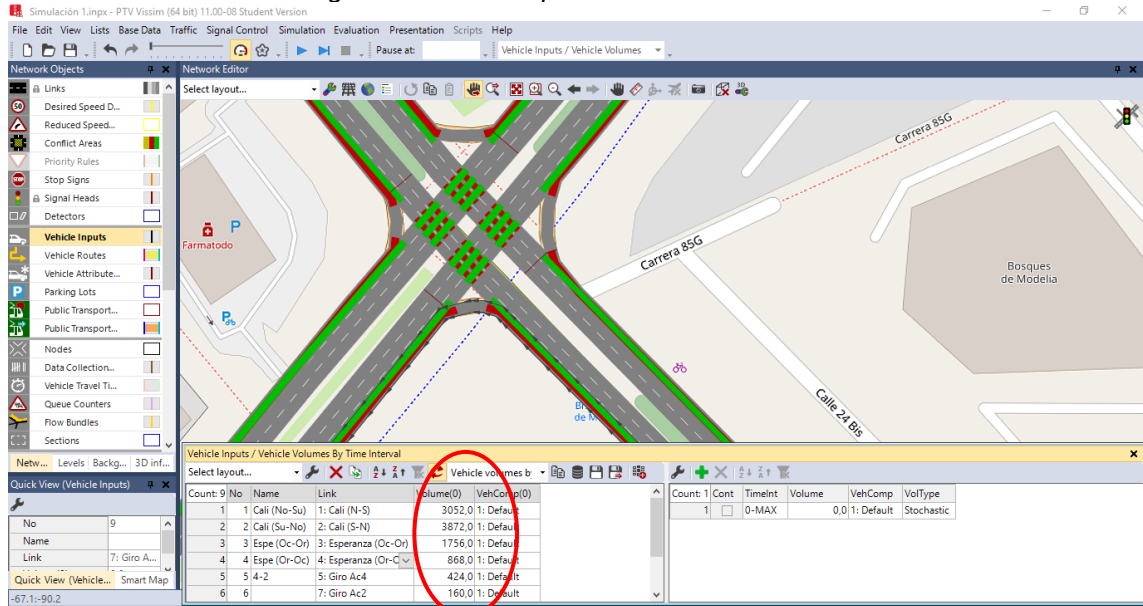
Figura 22 Vehicle inputs software PTV



Vissim Fuente: Autores.

Se ingresa el valor que corresponda a los vehículos equivalentes de cada acceso en el cuadro inferior del programa.

Figura 23 Vehicle inputs software PTV Vissim

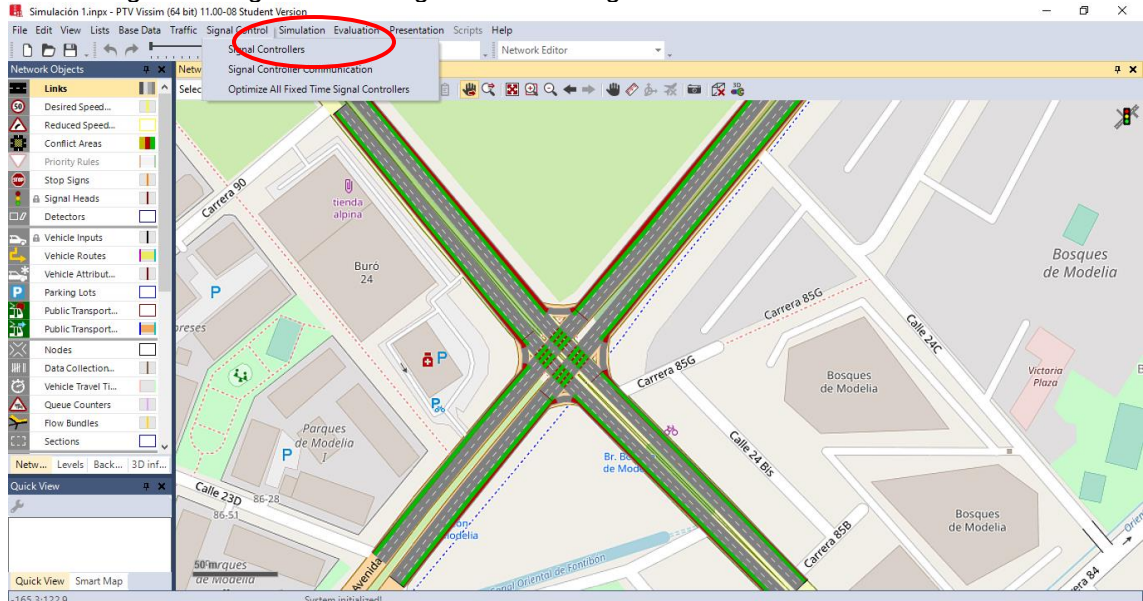


Fuente: Autores.

### Paso 3. Semáforos

Para generar los semáforos o "signal heads" es necesario agregar los controladores de señal, donde se indican los tiempos de semaforización. En la barra superior seleccionar "Signal Control - Signal Controllers"

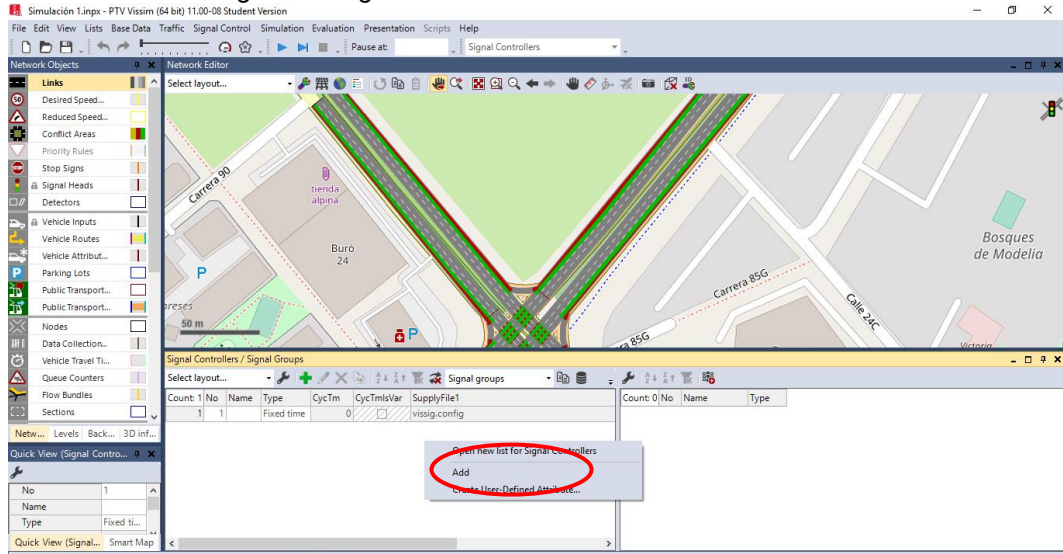
Figura 24 Signal Heads Signal Control - Signal Controllers software PTV Vissim



Fuente: Autores.

Se despliega una ventana en la parte inferior y dando click izquierdo aparece un menu donde se da click en "Add"

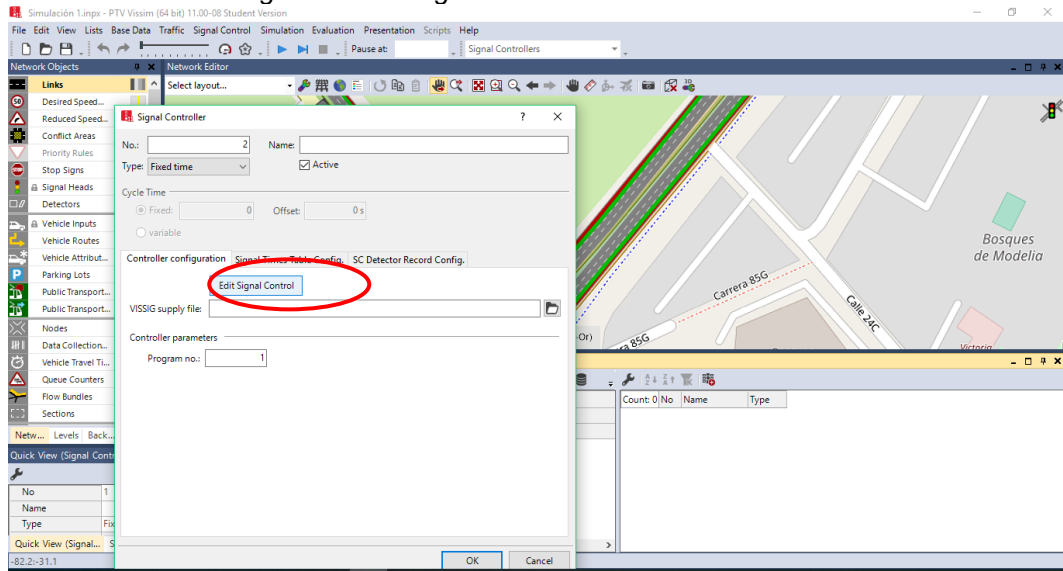
Figura 25 Signal Controllers -Add software PTV Vissim



Fuente: Autores.

Se abre una ventana a la cual se selecciona "Edit Signal Control"

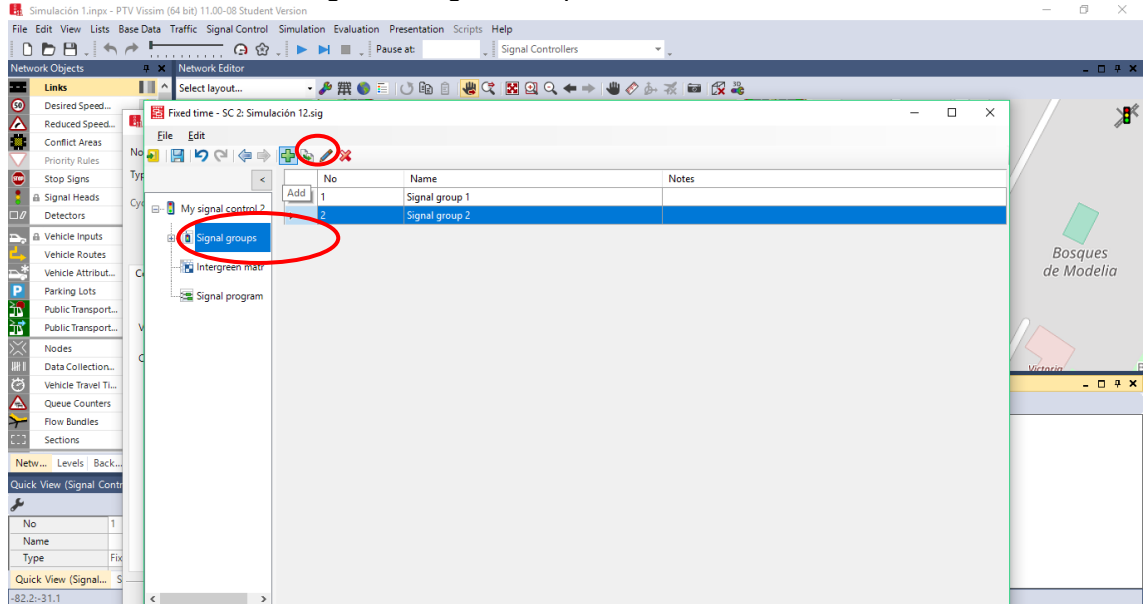
Figura 26 Edit Signal Control software PTV Vissim.



Fuente: Autores.

En esta ventana se adicionará los tiempos de control de los semáforos para estos se agregará dos comandos de grupo en “Signal Groups” ya que son cuatro semáforos con dos tiempos diferentes.

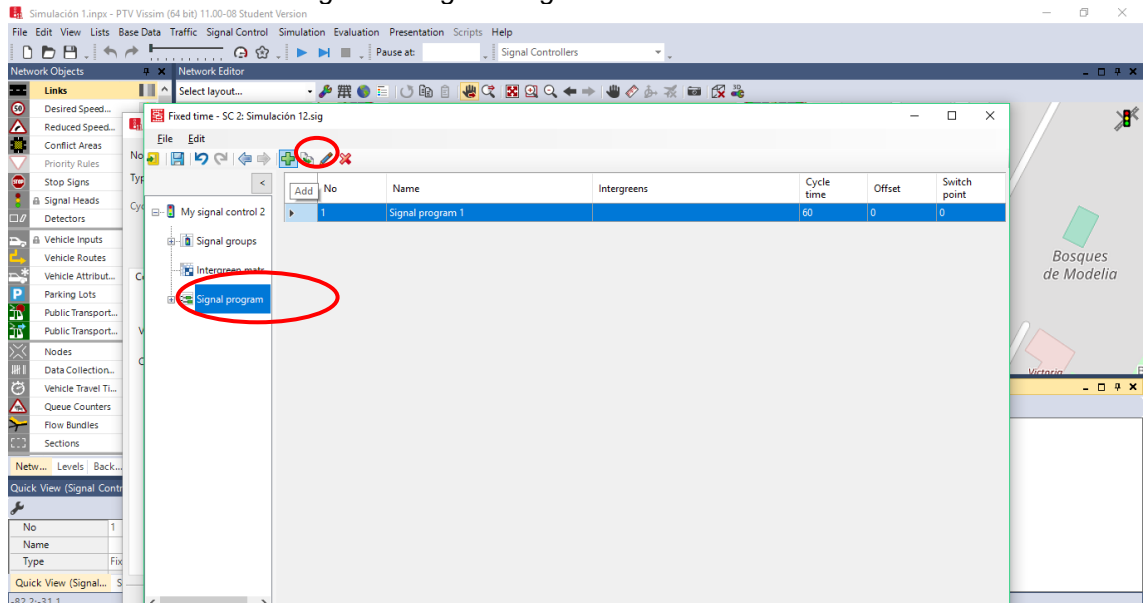
Figura 27 Signal Groups software PTV Vissim



Fuente: Autores.

Y una asignación de programa que ejecutara al mismo tiempo los comandos de grupo. “Signal Program”

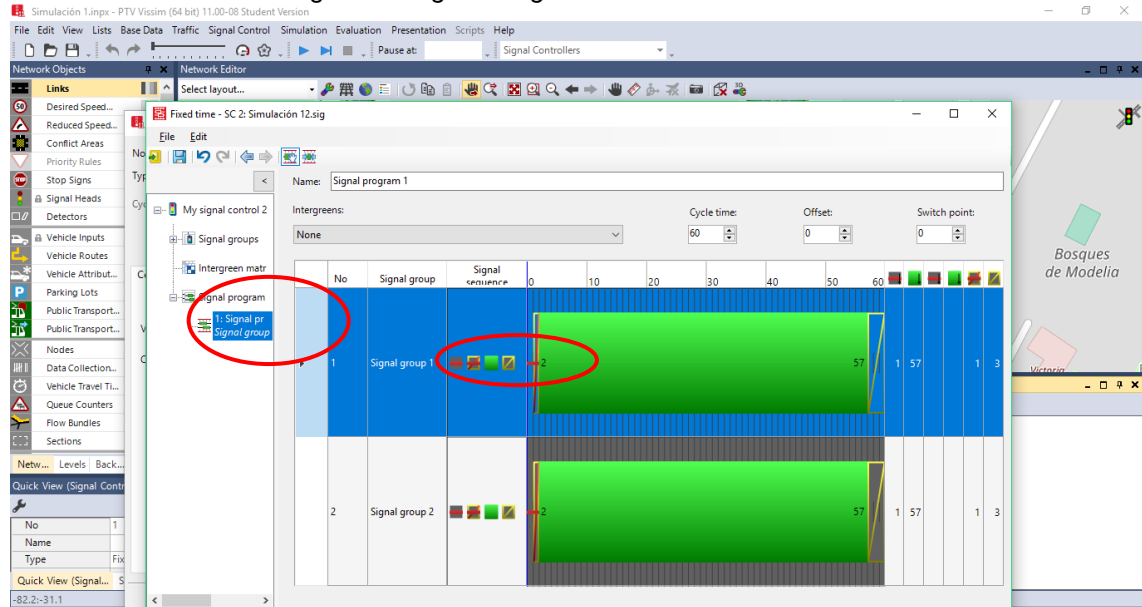
Figura 28 Signal Program software PTV Vissim



. Fuente: Autores.

Se despliega el “+” que se encuentra al lado de “Signal Program” y se modifican los comandos que para este caso es el Rojo, Amarillo y Verde.

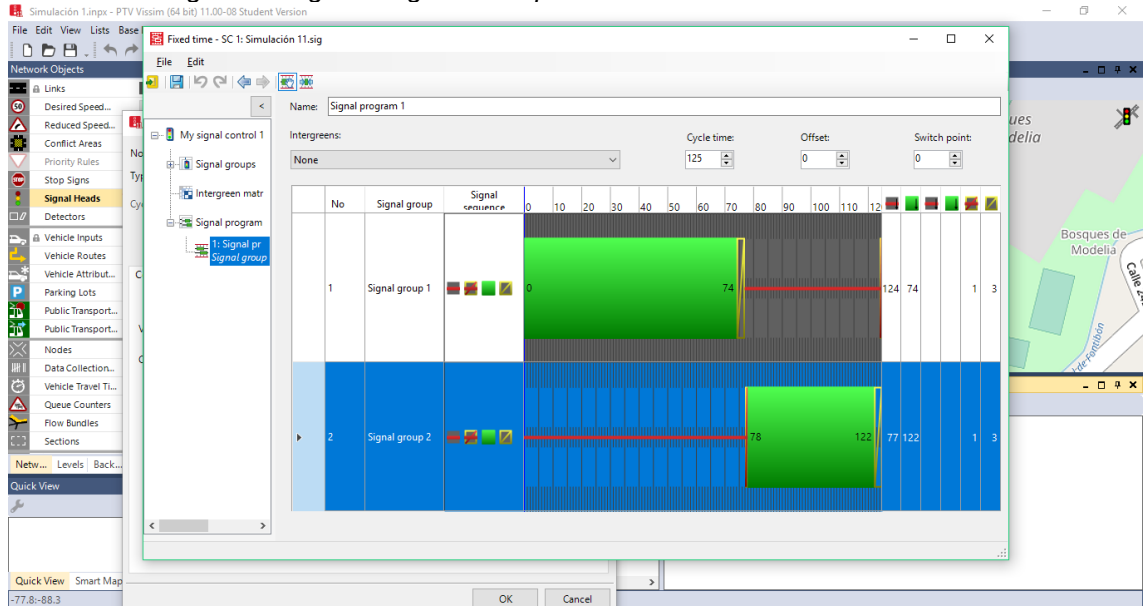
Figura 29 *Signal Program + software PTV Vissim*



. Fuente: Autores.

Se cuadran la duración del ciclo del semáforo que se establece en 125 segundos que se definen según el grupo. Para el grupo 1 que pertenece a los semáforos de la Av. Ciudad de Cali, el tiempo es de Verde (75 seg), Amarillo (3 seg) y Rojo (45 seg) y para el grupo 2 que pertenece a los semáforos de la Av. La Esperanza, el tiempo es de Verde (45 seg), Amarillo (3 seg) y Rojo (75 seg). Se cierra.

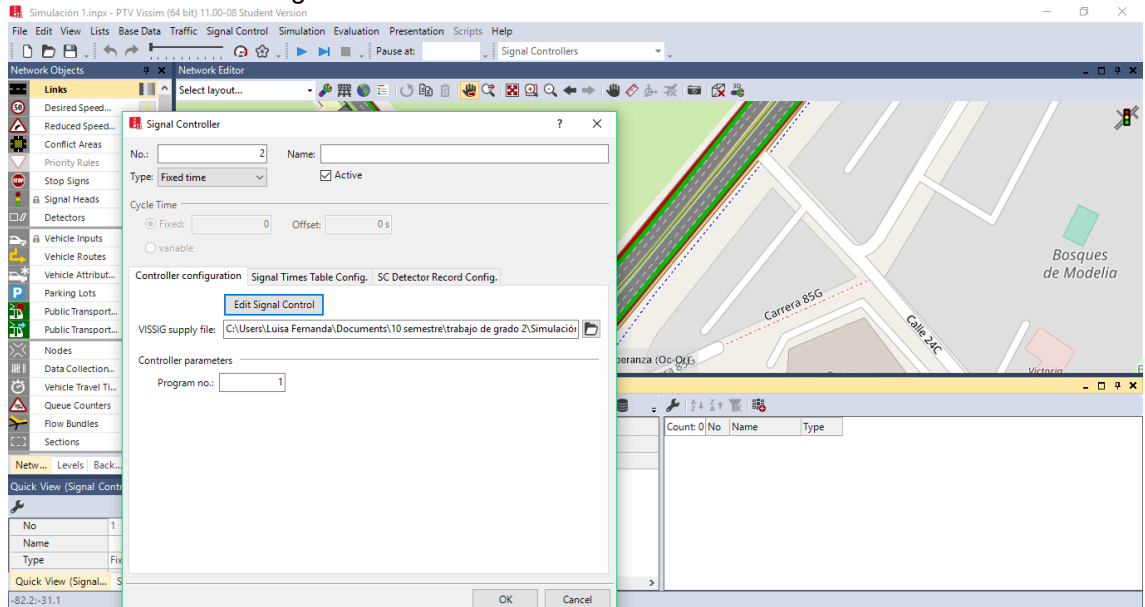
Figura 30 Signal Program Tiempo del semáforo software PTV Vissim.



Fuente: Autores.

Se vuelve a esta ventana se da clic en “Ok”

Figura 31 Cerrar ventana “ok” software PTV Vissim.

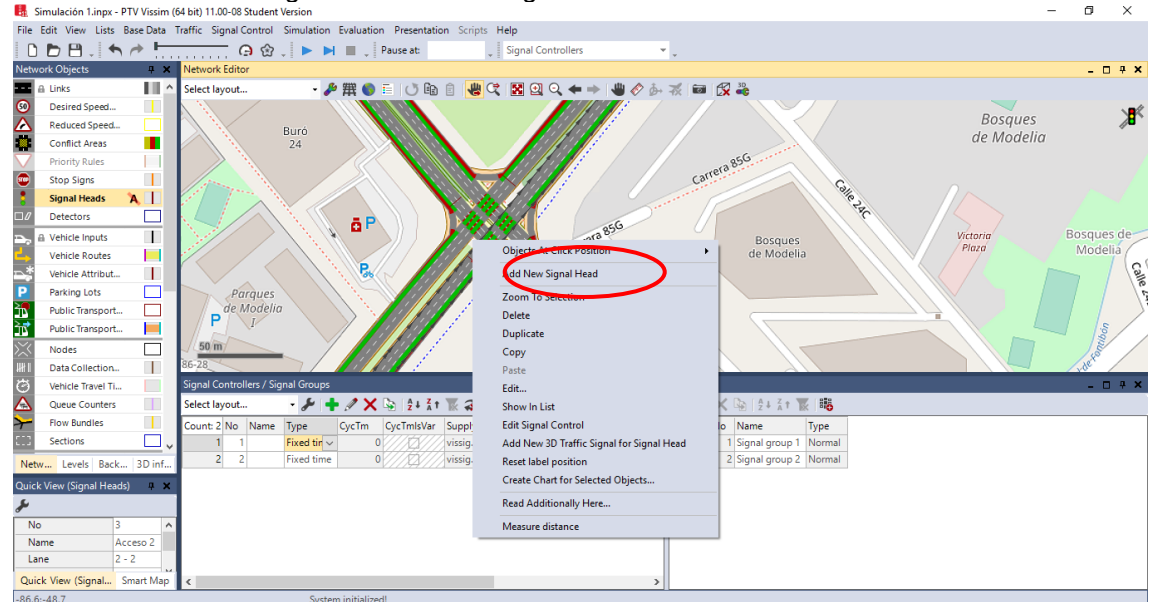


Fuente: Autores.

Clic izquierdo en la vía a la cual se desea introducir el semáforo, se despliega el menú dando la opción “Add New Signal Head”



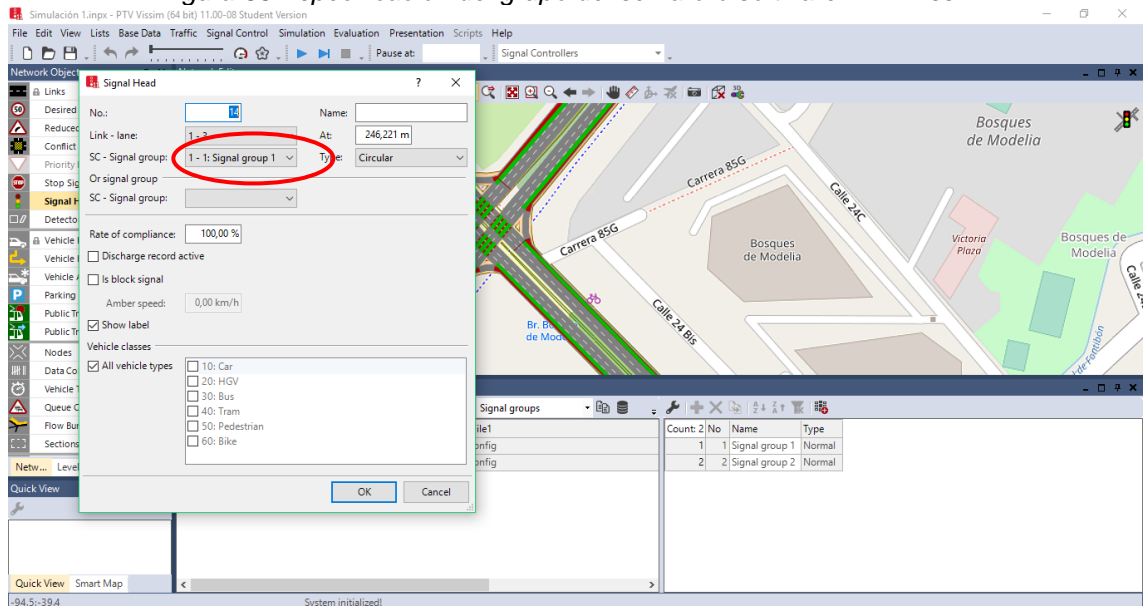
Figura 32 Add New Signal Head software PTV Vissim



. Fuente: Autores.

se especifica a que grupo pertenece cada semáforo y "ok"

Figura 33 Especificación del grupo del semáforo software PTV Vissim.



Fuente: Autores.

### 3.2 RESULTADO

Los resultados arrojados por la modelación son:

A las 13:00

Con los siguientes vehículos equivalentes

*Tabla 11 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 13:00.*

13:00	Acceso 1 Cali N_S	Giro derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Giro derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Giro derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Giro derecha Esperanza Or_Oc
volumen 15	763	24	968	40	439	61,5	217	106
volumen 60	3052	96	3872	160	1756	246	868	424

*Fuente: Autores.*

El programa mostro los siguientes resultados

*Figura 34 Resultado de la modelación 13:00 software PTV Vissim*

Count	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)	LOSVal(All)	VehDelay(All)	PersDelay(All)	StopDe
1	2	0-600	1: Inter. - 1: Cali N_S@38.9 - 1: Cali N_S@350.3	67,84	165,75	457	457	LOS_C	3	27,95	27,95	
2	2	0-600	1: Inter. - 2: Cali S_N@25.7 - 2: Cali S_N@346.1	69,50	164,63	526	526	LOS_C	3	25,41	25,41	
3	2	0-600	1: Inter. - 3: Esperanza Oc_Or@24.3 - 3: Esperanza Oc_Or@359.0	43,69	122,51	241	241	LOS_C	3	34,42	34,42	
4	2	0-600	1: Inter. - 4: Esperanza Or_Oc@33.1 - 4: Esperanza Or_Oc@343.4	15,03	56,50	126	126	LOS_C	3	26,41	26,41	
5	2	0-600	1: Inter. - 5: Acceso Esperanza Or_Oc@36.9 - 5: Acceso Esperanza Or_Oc@...	25,90	94,43	55	55	LOS_C	3	30,30	30,30	
6	2	0-600	1: Inter. - 6: Acceso Esperanza Oc_Or@29.0 - 6: Acceso Esperanza Oc_Or@...	13,34	52,17	28	28	LOS_C	3	34,98	34,98	
7	2	0-600	1: Inter. - 7: Acceso Cali S_N@28.5 - 7: Acceso Cali S_N@320.6	2,61	42,92	23	23	LOS_B	2	13,97	13,97	
8	2	0-600	1: Inter. - 8: Acceso Cali N_S@42.0 - 8: Acceso Cali N_S@297.9	2,54	25,34	17	17	LOS_B	2	16,99	16,99	
9	2	0-600	1: Inter.	30,06	165,75	1473	1473	LOS_C	3	27,85	27,85	

*Fuente: Autores.*

A las 18:30

Con los siguientes vehículos equivalentes

*Tabla 12 Vehículos equivalentes por hora para la simulación a las 18:30*

18:30	Acceso 1 Cali N_S	Giro derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Giro derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Giro derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Giro derecha Esperanza Or_Oc
volumen 15	927	46	621	28	261	43	344	93
volumen 60	3708	182	2484	112	1044	170	1376	372

*Fuente: Autores.*

El programa mostro los siguientes resultados

Figura 35 Resultado de la modelación 18:30 software PTV Vissim

Count	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)	LOSVal(All)	VehDelay(All)	PersDelay(All)	StopDe
1	3	0-600	1: Inter. - 1: Cali N_S@38.9 - 1: Cali N_S@351.5	58,95	165,84	556	556	LOS_C	3	21,76	21,76	
2	3	0-600	1: Inter. - 2: Cali S_N@25.7 - 2: Cali S_N@346.1	31,92	147,53	396	396	LOS_B	2	18,11	18,11	
3	3	0-600	1: Inter. - 3: Esperanza Oc_Or@24.0 - 3: Esperanza Oc_Or@359.0	20,89	70,23	145	145	LOS_C	3	31,87	31,87	
4	3	0-600	1: Inter. - 4: Esperanza Or_Oc@33.1 - 4: Esperanza Or_Oc@343.4	27,33	95,19	190	190	LOS_D	4	35,47	35,47	
5	3	0-600	1: Inter. - 5: Acceso Esperanza Or_Oc@36.9 - 5: Acceso Esperanza Or_Oc@...	23,91	87,51	46	46	LOS_C	3	34,89	34,89	
6	3	0-600	1: Inter. - 6: Acceso Esperanza Oc_Or@27.8 - 6: Acceso Esperanza Oc_Or@...	11,13	52,50	18	18	LOS_D	4	49,13	49,13	
7	3	0-600	1: Inter. - 7: Acceso Cali S_N@28.5 - 7: Acceso Cali S_N@320.6	1,36	18,00	17	17	LOS_B	2	11,16	11,16	
8	3	0-600	1: Inter. - 8: Acceso Cali N_S@42.0 - 8: Acceso Cali N_S@297.9	3,82	44,70	31	31	LOS_B	2	13,25	13,25	
9	3	0-600	1: Inter.	22,41	165,84	1399	1399	LOS_C	3	24,10	24,10	

Fuente: Autores.

A las 6:00

Con los siguientes vehículos equivalentes

Tabla 13 Vehículos equivalentes por hora para la simulación. a las 6:00

	Acceso 1 Cali N_S	Giro derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Giro derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Giro derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Giro derecha Esperanza Or_Oc
6:00	608	24	512	26	537	75	108	70
volumen 15	608	24	512	26	537	75	108	70
volumen 60	2432	96	2048	104	2148	298	432	280

Fuente: Autores.

El programa mostro los siguientes resultados

Figura 36 Resultado de la modelación 6:00 software PTV Vissim.

Count	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Vehs(All)	Pers(All)	LOS(All)	LOSVal(All)	VehDelay(All)	PersDelay(All)	StopDe
1	4	0-600	1: Inter. - 1: Cali N_S@38.9 - 1: Cali N_S@353.4	26,30	112,45	397	397	LOS_B	2	15,48	15,48	
2	4	0-600	1: Inter. - 2: Cali S_N@25.7 - 2: Cali S_N@346.1	17,67	99,96	327	327	LOS_B	2	13,45	13,45	
3	4	0-600	1: Inter. - 3: Esperanza Oc_Or@24.0 - 3: Esperanza Oc_Or@359.0	71,04	170,18	282	282	LOS_D	4	43,80	43,80	
4	4	0-600	1: Inter. - 4: Esperanza Or_Oc@33.1 - 4: Esperanza Or_Oc@343.4	8,35	47,29	60	60	LOS_C	3	34,99	34,99	
5	4	0-600	1: Inter. - 5: Acceso Esperanza Or_Oc@36.9 - 5: Acceso Esperanza Or_Oc@...	17,47	83,29	32	32	LOS_D	4	40,91	40,91	
6	4	0-600	1: Inter. - 6: Acceso Esperanza Oc_Or@25.9 - 6: Acceso Esperanza Oc_Or@...	20,54	87,24	38	38	LOS_D	4	39,23	39,23	
7	4	0-600	1: Inter. - 7: Acceso Cali S_N@28.5 - 7: Acceso Cali S_N@320.6	1,25	12,12	13	13	LOS_B	2	11,86	11,86	
8	4	0-600	1: Inter. - 8: Acceso Cali N_S@42.0 - 8: Acceso Cali N_S@297.9	1,20	19,27	17	17	LOS_A	1	8,83	8,83	
9	4	0-600	1: Inter.	20,48	170,18	1166	1166	LOS_C	3	24,10	24,10	

Fuente: Autores.

### 3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como etapa final del diagnóstico se evalúan, analizan y comparan los diferentes parámetros de los resultados entregados por el software para cada uno de los 3 modelos simulados.

Los parámetros relevantes para el diagnóstico de la intersección son:

- Niveles de servicio (Level Of Service “LOS”): Para este parámetro, el software se refiere a los estándares de las autopistas de los EE. UU. Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM por las siglas en inglés de “Highway Capacity Manual”) y el de Diseño Geométrico de Carreteras y Calles (“Libro Verde”) AASHTO, usando las letras (A F), siendo A (free flow) el mejor y F (forced or breakdown flow) el peor.
- Longitud Máxima de Fila (Queue Length maximum “QLenMax”): En cada paso de tiempo, se mide la longitud de la cola actual y, por lo tanto, se calcula el máximo por intervalo de tiempo.
- Demora de vehículo (Vehicle Delay “VehDelay”): Demora del vehículo. El retraso promedio de un vehículo en dejar una medición del tiempo de viaje, se obtiene restando el tiempo de viaje teórico (ideal) del tiempo de viaje real. El tiempo de viaje teórico es el tiempo de viaje que se podría lograr si no hubiera otros vehículos y / o ningún control de señal u otras razones para detenerse, pero si se tienen en cuenta las zonas de velocidad reducida. El tiempo de viaje real no incluye los tiempos de servicio (subida o bajada de pasajeros) de los vehículos de PT (transporte público) en las paradas de la línea y ningún tiempo de estacionamiento en los estacionamientos reales. La demora debida al frenado antes de una parada de PT y / o la aceleración posterior después de una parada de PT si son parte de la demora.

En la simulación correspondiente al intervalo de tiempo comprendido entre la 13:00 y la 13:15 se obtuvieron los siguientes resultados,

Tabla 14 Resultados de la modelación a las 13:00

13:00	Acceso 1 Cali N_S	Derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Derecha Esperanza Or_Oc
“LOS”	C	B	C	B	C	C	C	C
“QLenMax”	165,75	25,34	164,63	42,92	122,51	52,17	56,5	94,43
“VehDelay”	27,95	16,99	25,41	13,97	34,42	34,98	26,41	30,3

Fuente: Autores.

De los que podemos definir qué todos los accesos, incluso los giros a la derecha exceptuando el giro a la derecha de los accesos 1 y 2, operan con un "LOS" (nivel de servicio) "C" stable flow (flujo estable).

Presentando un "QLenMax" (longitudes de fila) entre los 52.17 m (en giro derecha acceso 3) y los 165.75 m (en acceso 1), con valores de "VehDelay" (demora de vehículo) entre los 25.41 segundos (en acceso 2) y los 34.98 (en giro derecha acceso 3).

Por otra parte, el giro a la derecha de los accesos 1 y 2 que en este horario operan con nivel de servicio "B" reasonably free flow (flujo razonablemente libre), demuestran longitudes de fila de 25.42 m y 42.92 m, y demora de vehículo de 16.99 segundos y 13.97 segundos respectivamente

En la simulación correspondiente al intervalo de tiempo comprendido entre la 18:30 y la 18:45 se obtienen los siguientes resultados.

*Tabla 15 Resultados de la modelación a las 18:30*

18:30	Acceso 1 Cali N_S	Derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Derecha Esperanza Or_Oc
"LOS"	C	B	B	B	C	D	D	C
"QLenMax"	165,84	44,7	147,53	18	70,23	52,5	95,19	87,51
"VehDelay"	21,76	13,25	18,11	11,16	31,87	49,13	35,47	34,89

*Fuente: Autores.*

De los que podemos definir que los accesos 1 y 3, así como el giro a la derecha del acceso 4, operan bajo "LOS" (nivel de servicio) "C" stable flow (flujo estable).

Presentando un "QLenMax" (longitudes de fila) entre los 70.23 m (en el acceso 3) y los 165.84 m (en el acceso 1) con valores de "VehDelay" (demora de vehículo) entre los 21.76 segundos (en acceso 1) y los 34.89 (en giro derecha acceso 4).

Adicionalmente se evidencia que el nivel de servicio mejora a "B" reasonably free flow (flujo razonablemente libre) tanto para el acceso 2 y su giro a la derecha como para el giro a la derecha del acceso 1, mostrando longitudes de fila entre los 18 m (en el giro a la derecha del acceso 2) y los 147.53 m (en el acceso 2) con valores de "VehDelay" (demora de vehículo) entre los 11.16 segundos (en giro derecha acceso 2) y los 18.11 segundos (en acceso 2).

Así mismo se hace evidente que tanto el giro a la derecha del acceso 3 como el acceso 4 operan con nivel de servicio "D" approaching unstable flow (acercándose al flujo inestable) con longitudes de fila de 52.5 m y 95.19 m, y demora de vehículo de 49.13 segundos y 35.47 segundos respectivamente.

En la simulación correspondiente al intervalo de tiempo comprendido entre la 06:00 y la 06:15 se obtienen los siguientes resultados.

*Tabla 16 Resultados de la modelación a las 6:00*

6:00	Acceso 1 Cali N_S	Derecha Cali N_S	Acceso 2 Cali S_N	Derecha Cali S_N	Acceso 3 Esperanza Oc_Or	Derecha Esperanza Oc_Or	Acceso 4 Esperanza Or_Oc	Derecha Esperanza Or_Oc
“LOS”	B	A	B	B	D	D	C	D
“QLenMax”	112,45	19,67	99,96	12,12	170,18	87,24	47,29	83,29
“VehDelay”	15,48	8,83	13,45	11,86	43,8	39,23	34,99	40,91

*Fuente: Autores.*

De los que podemos definir que los accesos 1 y 2, así como el giro a la derecha del acceso 2, operan bajo “LOS” (nivel de servicio) "B" reasonably free flow (flujo razonablemente libre).

Presentando “QLenMax” (longitudes de fila) entre los 12.12 m (en el giro a la derecha del acceso 2) y los 112.45 m (en el acceso 1) con valores de “VehDelay” (demora de vehículo) entre los 11,86 segundos (en giro derecha acceso 2) y los 15.48 (en acceso 1).

Adicionalmente se evidencia que el nivel de servicio mejora a "A" free flow (flujo libre) para el giro a la derecha del acceso 1, mostrando longitud de fila 19.67 y demora de vehículo de 8.83 segundos. Por otro lado, presenta nivel de servicio "C" stable flow (flujo estable) para el acceso 4, mostrando longitud de fila 47.29 m y demora de vehículo de 34.99 segundos

Así mismo se hace evidente que tanto el acceso 3 y su giro a la derecha, como el giro a la derecha del acceso 4 operan con nivel de servicio "D" approaching unstable flow (acercándose al flujo inestable) con longitudes de fila entre 83.29 m (en el giro a la derecha del acceso 4) y 170.18 m (en el acceso 3), con valores de “VehDelay” (demora de vehículo) entre los 39,23 segundos (en giro derecha acceso 3) y los 43.8 (en acceso 3).

## 4. PRESUPUESTO

Tabla 17 Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO		
Descripcion	Ingresos	Egresos
<b>Ingresos</b>		
Auxilio o patrocinio para la elaboración de	2.000.000,00	
Recurso (s) propio (s)	1.100.000,00	
<b>Egresos</b>		
Recurso Humano *		240.000,00
2 Computadores portátiles		2.400.000,00
4 Contadores manual 4 digitos**		60.000,00
Software Vissim		0
Materiales: Papelería, suministros		200.000,00
Viajes (transporte)		100.000,00
Imprevistos		100.000,00
<b>Totales</b>	<b>3.100.000,00</b>	<b>3.100.000,00</b>

Fuente: Autores

\*Honorarios 4 personas haciendo aforos vehiculares, cada uno en cada acceso desde las 06:00 h hasta las 20:00 h por \$60000 cumpliendo con normatividad laboral vigente

\*\* contador manual de 4 dígitos comprados en tienda virtual MercadoLibre

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bogotá desde hace años presenta problemas de movilidad, principalmente debido al aumento del parque automotriz y al mal estado de la capa asfáltica. En la intersección Av. Ciudad de Cali Con Av. La Esperanza con la visita de campo se pudo evidenciar el estado de la capa asfáltica que en general está en un estado aceptable, mostrando asentamientos en las tapas de alcantarilla y algunas fisuras.

El monitoreo de tránsito suministrado por la secretaria de movilidad presentó ausencia de datos en los giros a la derecha de los accesos 1, 2 y 3. Para estos casos se realizó un conteo de vehículos en los giros a la derecha faltantes a las horas en las que se definió el análisis.

El rango en el que se presenta mayor volumen de vehículos equivalentes corresponde a las 13:00h, esto puede estar relacionado con las restricciones que se presentan para los vehículos de carga pesada en la ciudad de Bogotá que genera un mayor volumen de camiones en la franja del medio día.

El programa es sencillo de usar. Los modelos matemáticos usados en él aseguran un comportamiento realista de todos los agentes introducidos al programa.

En los datos arrojados por las simulaciones la intersección presenta en general un nivel de servicio de flujo estable, sin embargo, en algunos horarios se presenta un acercamiento al flujo inestable.

En el rango de tiempo comprendido entre las 13:00h y las 13:15h mostró de manera general un flujo estable debido a que en esta hora no se presenta el mayor volumen vehicular, pero si presenta mayor paso de vehículos de carga pesada haciendo que los vehículos equivalentes sean mayores. Por lo que presenta longitudes de fila máxima superior a los 120 m en todos los accesos excepto en el Acceso 4 que presenta filas de hasta 94 m en sus giros a la derecha.

En el rango de tiempo comprendido entre la 18:30 y la 18:45 se observó que el Acceso 4 (Esperanza de Oriente a Occidente) presentó un acercamiento al flujo inestable y a pesar de eso presenta longitudes de fila de máximo 95 m.

A las 6:00 el nivel de servicio general se acerca al flujo inestable en la Av. La esperanza de Occidente a oriente. A esta hora se presenta mayor volumen de vehículos, pero al ser mayoría vehículos particulares y motos no se ve reflejado positivamente en los vehículos equivalentes, pero aun así el software evidencia en el Acceso 3 longitud de fila de hasta 170 m.

Siendo la Av. Ciudad de Cali la más concurrida de las dos vías presento un comportamiento menos desfavorable y esto se debe a los tiempos del semáforo, en esta Avenida el semáforo tiene una duración de 75 segundos en comparación a la Avenida La Esperanza que la duración del semáforo en verde es de 45 segundos.



En el contrato 1352 del 2017 se realiza la fase de factibilidad para implementarse el Transmilenio por la av. Ciudad de Cali. En ella se ve la posibilidad de usar un carril para los buses del servicio. Después de la modelación de la situación actual de la intersección se concluyó que no es muy recomendable la ejecución del Transmilenio por la av. Ciudad de Cali; Si no se garantiza: o una conservación de los 3 carriles existentes o la ampliación de la vía.

Se recomienda replantear los tiempos de semaforización con el fin de mejorar los niveles de servicio y reducir las longitudes de cola

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) CONSORCIO TRONCALES DE BOGOTÁ contrato N.º 1352 DE 2017 con el título “Factibilidad Y Actualización, Complementación, Ajustes De Los Estudios Y Diseños, Y Estudios Y Diseños Para La Ampliación Y Extensión De La Avenida Ciudad De Cali Al Sistema Transmilenio, Entre La Avenida Circunvalar Del Sur Y La Avenida Calle 170 Y De Los Equipamientos Urbanos Complementarios, En Bogotá D.C”. [2018]
- 2) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, CIFUENTES Estefanny y PAZ Fernando. Bogotá D.C. “Incidencias Del Diseño Geométrico En La Accidentalidad De Intersecciones A Desnivel Casos De Estudio Avenida Boyacá Con - Calle 80 Y Calle 116” [2017].
- 3) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, RICO Jonnathan Andrés y CÉSPEDES. Adriana Del Pilar, Bogotá D.C. “Funcionamiento De Las Intersecciones Avenida Boyacá Con Américas Y Avenida Boyacá Con 1º De Mayo Enfocado En La Seguridad Y Congestión Vial.” [2017].
- 4) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, GUERRA Mónica, MARTÍN Diego, Bogotá D.C. “Diseño de rehabilitación de la avenida carrera 50 entre calle 3 y calle 4F sentido norte sur, de la ciudad de Bogotá D.C.” [2014]
- 5) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, ROA VALLARINO José Octavio, “Diagnóstico de deslizamiento en la vía Bogotá-Girardot, variante Melgar, Tolima” Bogotá D.C., [2017]
- 6) UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, CASTILLO Diego Giovanni y MONCADA Eder Yerson David, Bogotá D.C. “Evaluación de propuesta de evolución de intersección sanforizada a glorieta” [2017]
- 7) UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN VALLADARES Alma de Jesus, Bogotá D.C. “Comparación De Un Enfoque Macroscópico Y Otro Microscópico Al Estimar Las Demoras Por La Congestión Urbana” [2016].
- 8) ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MOLINA Victoria, Bogotá D.C. “Propuesta Para Mejorar La Movilidad En Bogotá” [2009].

- 9) UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS CALDERON Jhon, CRUZ Sergio, GALIDNO Sandra y MARIN Jonathan, Bogotá D.C. "Diseño Geométrico De La Intersección Avenida Suba Con Calle 100 En La Ciudad De Bogotá Como Propuesta De Mejoramiento De Movilidad En El Sector" [2016]
- 10) JIMÉNEZ URIBE, MARGARITA MARÍA AND SARMIENTO ORDOSGOITIA, IVÁN REINALDO "Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico de un corredor vial semaforizado" [2011]
- 11) UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MEDELLÍN. QUICENO GUTIÉRREZ, CRISTIAN ALBERTO "Metodología para la detección de incidentes de tráfico a partir de imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial". Maestría thesis, [2013]
- 12) FONTALVO ARRIETA, KETTY GUÁRDELA VASQUEZ, PEDRO (director), Universidad de Cartagena, "Modelación del tránsito vehicular con el software PVT VISSIM tramo Bomba el Gallo - Bomba el Amparo" [2013]
- 13) LENG JUNQIANG, ZHANG YAPING, SUN MENGQI, Harbin Institute of Technology, China. "VISSIM-Based Simulation Approach to Evaluation of Design and Operational Performance of U-turn at Intersection in China" [2008]
- 14) FUJIAN WANG, XIPENG WANG. Institute of Traffic Engineering, Zhejiang University Hangzhou, China "Research on Speed Limit of Highway in Vissim" [2011]
- 15) YAQIN HE, XINGLIN ZHOU, SHENGPING DU, MAOPING RAN, University of science and technology, China "Traffic Influence of Road Traffic Fire based on VISSIM" [2015]
- 16) ZHENG HUIMIN, SUN ZHANXIAN, CHEN XUAN, Qingdao Binhai University, "Evaluation on Traffic Guidance Plan during Construction Period based on Vissim Simulation" [2017]
- 17) SU QIANG-QIANG SA XING-QIANG (Correspondan autor), Collage o Transportación, Northeast Forestry University Harbin China, "Simulation Evaluation and Optimization of Harbin Road Intersection in Winter Based on VISSIM" [2010]
- 18) WU XIAODAN, HUANG JUNHAO, Beijin Institue of Technology, China "Traffic Simulation Modeling and Analysis of BRT Based on Vissim" [2014]

- 19) FIDELIS EMUZE, SAMUEL KADANGWE Central University of Technology, Free State, Bloemfontein, South Africa “Diagnostic view of road projects in Malawi” [2013]
- 20) BBVA “Situación Automotriz 2018 Colombia” Fuente: World Economic Forum 2017-2018 [2018]
- 21) NOTICIAS CARACOL “Bogotá, la tercera ciudad con más congestión vehicular en el mundo” [2019]
- 22) UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, VARGAS Wilson V Bogotá D.C., Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá” [2014]
- 23) INVIAS “Manual de diseño geométrico” diseño de intersección en cruz “+” o equis “x” [2008]
- 24) PTV VISSIM “Manuela del Usuario 5.40” [2012]
- 25) SECRETARIA DE MOVILIDAD “Monitoreo de transito AK 86 X AC 24” [2016]