

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LA CONGESTIÓN
VEHICULAR EN LA AUTOPISTA SUR POR AVENIDA BOSA (BOGOTÁ-
COLOMBIA) CON AYUDA DEL SOFTWARE DE MICRO SIMULACIÓN
DE TRAFICO SYNCHRO**

SEBASTIÁN BURGOS SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2017**

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LA CONGESTIÓN
VEHICULAR EN LA AUTOPISTA SUR POR AVENIDA BOSA (BOGOTÁ-
COLOMBIA) CON AYUDA DEL SOFTWARE DE MICRO SIMULACIÓN
DE TRAFICO SYNCHRO**

SEBASTIÁN BURGOS SÁNCHEZ

**TRABAJO DE GRADO COMO OPCION PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

ING. DARÍO NARANJO TORRES

ASESOR DISCIPLINAR

LIC.LAURA MILENA CALA CRISTANCHO

ASESOR METODOLOGICO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2017

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	8
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS _____	11
3. JUSTIFICACIÓN _____	13
4. OBJETIVOS _____	15
4.1. OBJETIVO GENERAL _____	15
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: _____	15
5. MARCO REFERENCIAL _____	16
5.1. MARCO CONCEPTUAL _____	16
5.1.1. Consideraciones del tránsito _____	16
5.1.2. Tipos de vías _____	20
5.1.3. Puentes _____	21
5.1.4. Pasos a desnivel _____	21
6. DISEÑO METODOLÓGICO _____	26
6.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN _____	26
6.2. ENFOQUE INVESTIGATIVO _____	26
6.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN _____	26
6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: _____	26
6.4.1. _____	Aforos de
Intersección: _____	26
6.4.2. _____	Software:
_____	27
6.5. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES _____	27
6.6. FASES DE INVESTIGACIÓN _____	28
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS _____	29
7.1. ESTUDIO DE OFERTA EN LA ZONA A INTERVENIR _____	29
7.2. ESTUDIO DE DEMANDA EN LA ZONA A INTERVENIR _____	34
7.2.1. Volúmenes Vehiculares e interpretación de aforos _____	37
7.3. MODELACIÓN ACTUAL _____	41
7.4. MODELACIÓN Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS _____	47

7.4.1. ALTERNATIVA # 1	47
7.4.2. ALTERNATIVA # 2	51
8. CONCLUSIONES	53
9. RECOMENDACIONES	54
10. BIBLIOGRAFIA	55
ANEXOS	56

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización de la vía	23
Ilustración 2 Inventario y caracterización de la zona. Acceso este.....	29
Ilustración 3 Inventario y caracterización de la zona. Acceso Oeste.....	29
Ilustración 4 Estado actual de la vía.....	32
Ilustración 5 Estado Actual de Vía.....	33
Ilustración 6 Control de Vía por parte de Policía De transito.....	33
Ilustración 7-Representación esquemática de los movimientos de una intersección	
35	
Ilustración 8. Acceso Norte.....	36
Ilustración 9. Acceso Este.....	36
Ilustración 10. Acceso Oeste	37
Ilustración 11. Variación el volumen de tránsito en la hora de máxima demanda	39
Ilustración 12. Distribución vehicular por movimiento en periodo de tiempo.....	40
Ilustración 13. Diagrama de volúmenes por movimiento.....	40
Ilustración 14. Distribución porcentual por tipo de vehículos en intersección.....	41
Ilustración 15 Sentidos para fases de SemafORIZACIÓN	42
Ilustración 16 Representación fases de semafORIZACIÓN	42
Ilustración 17 Modelación Actual	44
Ilustración 18 Tiempo de demoras por vehículo y Nivel de servicio Simulación	
Actual.....	45
Ilustración 19 Niveles de Servicio Actualmente.	46
Ilustración 20 Alternativa #1	47
Ilustración 21 Fase de semafORIZACIÓN en Alternativa N° 1.....	47
Ilustración 22 Tiempo de demoras y Niveles de Servicio para la alternativo N°1	48
Ilustración 23 Niveles de Servicio con Alternativa N°1	50
Ilustración 24 Modelación Alternativa N°2	51
Ilustración 25 Resultados Alternativa 2	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Marco Legal.....	24
Tabla 2. Operalización de variables.....	27
Tabla 3. Señales existentes.....	30
Tabla 4. Volúmenes horarios por cuarto de hora Total Intersección	34
Tabla 5. Volumen vehicular Intersección Autopista Sur por Avenida Bosa	38
Tabla 6. N° vehículos totales en la intersección por movimiento.	39
Tabla 7 Identificación Percentil 95.....	43
Tabla 8 Resultados Modelación Actual	44
Tabla 9 Resultados Modelación Alternativa N°1 y Actual	48
Tabla 10 Comparación Tiempos de Demora y Niveles de Servicio de Situación Actual y Alternativa N°1	50

LISTA DE ANEXOS

ANEXO TITULO A- PLANOS

ANEXO TITULO B- AFOROS SECRETARIA DE MOVILIDAD

ANEXO TITULO C- AFOROS REALIZADOS PARA EL OBJETO DE ESTUDIO

ANEXO TITULO D- RESULTADOS COMPLETOS AFOROS VEHICULARES

ANEXO TITULO E- FASES SEMAFORICAS ACTUALES

ANEXO TITULO F- FASES SEMAFORICAS PARA ALTERNATIVA 1

ANEXO TITULO G- SIMULACION ACTUAL Y DE ALTERNATIVAS

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las definiciones dadas a partir del Manual de Señalización Vial acerca del concepto “*autopista*” dice que son: “Vías especialmente diseñadas para altas velocidades de operación con los sentidos de flujos aislados por medio de separadores, sin intersecciones a nivel y con control total de accesos.”¹; partiendo de esta definición y haciendo una comparación con la denominada Autopista Sur de Bogotá, se puede evidenciar que al menos en la capital del país este concepto no se cumple, especialmente al circular sobre la altura del sector de la terminal de transportes del sur donde la congestión vehicular es especialmente caótica.

Son numerosos los estudios que se han realizado hasta la fecha con el fin de dar solución a esta problemática, pero sin ningún logro concreto debido a intereses particulares, falta de planeación o un definitivo acuerdo entre el gobierno distrital y el gobierno nacional. Entre las medidas que se contemplaron cabe destacar especialmente dos:

La primera hecha por parte de una firma particular contratada por el consultor Juan Carlos Zapata a pedido del Instituto de Desarrollo Urbano (I.D.U.)² en 1999, en la que se realizaron los estudios y el diseño de un puente sobre la intersección de la avenida Bosa por autopista sur; sin embargo, debido al plan de ordenamiento territorial de la época y falta de recursos no se llevó a cabo desechando el proyecto. Así mismo cabe destacar que en este estudio no se tuvieron en cuenta la expansión de la ciudad en el sector, la construcción futura de Transmilenio y el crecimiento en el tráfico.

La segunda gran medida fue realizada en el año 2014 por iniciativa de Cemex en lo que sería una alianza pública privada para construir un viaducto elevado de 9,85 kilómetros de longitud, desde la avenida 68 hasta el municipio de Soacha y un carril adicional a lado y lado para dar mayor fluidez al tránsito³. Este proyecto contaría con peajes urbanos para recuperar los

¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. glosario: definición de autopista. Bogotá: manual de señalización, 2004. Página 618.

² ZAPATA, Juan Carlos. Pre diseño de la autopista sur con avenida Bosa: contrato 256-99. En: instituto de desarrollo urbano. Volumen 1, 1999.

³ Redacción Bogotá. Rechazan construcción de viaducto elevado en la Autopista Sur de Bogotá. En: el espectador, Bogotá (4 de jun del 2015).

recursos de su financiación y sería especialmente diseñada para el tráfico particular.

Aunque el gobierno nacional, la gobernación de Cundinamarca y la alcaldía de Soacha le dieron el visto bueno, esta propuesta se hundió debido al rechazo del gobierno distrital de Bogotá encabezado por declaraciones por parte del alcalde Gustavo Petro y el secretario de planeación Gerardo Ardila quienes alegaron en los distintos medios de comunicación consecuencias negativas en el impacto urbano del sector las cuales serían nefastas para sus habitantes; además que la construcción de este saldría muy costoso y sus beneficiados debido a los peajes solo serían usuarios especialmente de recursos altos quienes evitarían así pasar por la deprimida zona del sur occidente de la capital⁴.

Es a partir de los inconvenientes en las propuestas ya presentadas que se estableció la importancia de dar solución a esta necesidad de descongestionar la autopista sur en la intersección por la avenida Bosa cuyos problemas actuales por la semaforización indebida teniendo en cuenta que son insuficientes para el manejo del tráfico de la autopista y sus características puesto que al estar compuesta por cuatro calzadas de las cuales dos corresponden al sistema Transmilenio, un amplio flujo de transporte público intermunicipal, de carga y particular; el tránsito allí no debería ser interrumpido tal como fue demostrado en los estudios hechos en el año 1999 por el I.D.U. y en años recientes por firmas privadas como Cemex.

Para los habitantes del sector del suroccidente de Bogotá y el municipio vecino de Soacha transitar por la Autopista Sur han hecho que su vida diaria se vea alterada y vulnerada debido a los desplazamientos largos que deben realizar para llegar a sus sitios de trabajo, clínicas especializadas o simplemente trasladarse al centro de la capital.

Por otro lado, la autopista sur sirve como principal arteria de conexión entre Bogotá y el sur del país sirviendo como vía de acceso para el transporte de mercancías desde y hacia buenaventura y como paso obligado para el turismo dirigido al sur de Cundinamarca, el Tolima y el Huila. Por esta razón, se ha orientado esta investigación a modelar un posible paso a desnivel en el sector que dé solución a la represión el tráfico, que sea de impacto paisajístico allí y que se adapte a las necesidades de la intersección nombrada (auto-sur por calle 59 sur) dando una mejor calidad de vida a los habitantes del sur de la capital y en general sirva de progreso para Bogotá y la nación. Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta

⁴TORRES, Guillermo. Los viaductos están pasados de moda: Distrito. En: revista semana, Bogotá (4 de jun del 2015)

¿Cuál es la alternativa técnicamente viable que dé solución a la congestión vehicular presente en el sector de la autopista sur por calle 59 sur, modelado a través de Synchro V8.0?

2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Las principales investigaciones realizadas con el fin de mejorar el tráfico sobre este sector, vienen dadas a partir de la década de los 90's en donde ya se había establecido la necesidad de sustituir el paso semafórico como medida primordial para descongestionar el tramo de la autopista sur en la intersección con la avenida Bosa.

El fin más importante de esa investigación, fue el plantear algún tipo de estructura que permitiera atravesar y circular por la avenida Bosa y tomar la autopista sur, sin necesidad de interferir con el tráfico que se encontraba sobre las calzadas de la autopista sur; El Instituto de Desarrollo Urbano – IDU contrató con el ing. Juan Carlos Zapata los estudios a nivel de pre diseño de la intersección de la Avenida a Bosa con la Autopista para ser aplicado de tal manera y de acuerdo con el desarrollo del proyecto, así: “La intersección objeto de los pre diseños, corresponde a uno de los puntos con mayor grado de conflicto vehicular que agudiza el tráfico de Bogotá y su comunicación con otros departamentos, complementada con la deficiencia de la capacidad y estado de conservación de las vías que le dan acceso y salida al Distrito Capital”⁵.

Así pues, se generó un proyecto, con el que se evidenciara de cierta manera que el estado de salida de la autopista sur, desde tiempo atrás ha estado totalmente colapsado, no se ha generado un buen flujo de tráfico en esta vía, y se ha venido buscando solución con lo pre diseños y estudios para la ejecución de un paso elevado como un puente, que permita dar más paso a los vehículos que transitan por la Avenida Bosa.

Sin embargo, aquel diseño nunca se ejecutó y además quedó obsoleto debido a que en la actualidad por allí transita una cantidad de vehículos mucho mayor y además existen dos calzadas exclusivas para el sistema de transporte público Transmilenio.

Es de aclarar que esta solución actualmente se obtiene con el fin de evitar detener carros en una vía principal como lo explica una propuesta evaluada durante el Curso Intensivo de Evaluación Socioeconómica de Proyectos, que realizó el CEPEP en Guadalajara⁶.

⁵ ZAPATA. Op. Cit., p 2

⁶ CEPEP, “Evaluación social de la construcción del paso a desnivel Mariano Otero por Washington en la ciudad de Guadalajara, Jalisco”.

En la cual evaluaron uno de los cruces viales que al parecer tiene mayor congestión y problemas de circulación en diferentes horas del día en la ciudad de Guadalajara, “Es el que forman la calle de Mariano Otero y la avenida Washington, ya que actualmente una cantidad considerable de los vehículos que circulan por ambas vialidades cuyo destino no implica “dar vuelta” en alguna de las calles de dicho cruce, deben detenerse en el semáforo y en horas “pico” pierden una cantidad significativa de tiempo debido a la congestión”.⁷

Es así como se desarrollara una evaluación social en uno de los proyectos que ya se tenía preparado en la construcción de un paso a desnivel de dicha intersección que según conclusiones derivadas en el desarrollo de dicha investigación generara menos consumo de combustible y mayor ahorro de tiempo.

Teniendo en cuenta esto y basados en investigaciones más cercanas, se encuentra la investigación desarrollada por Rafael Fabián Sanchez Osorio⁸ en el que desarrollan a manera de diseño topográfico y geométrico vial una propuesta de turbo glorieta en la misma intersección que contiene un diseño de una glorieta de tres ramales usando como caso de estudio las intersecciones semaforizadas de la Autopista Sur con Calle 59 Sur y Calle 63 sur en la ciudad de Bogotá.

Aunque su proyecto va encaminado hacia el estudio como la geometría de las calzadas que emergen o convergen en una turbo glorieta, el tránsito que deberá soportar para un periodo de diseño de 15 años, el ancho de carril, la señalización y los radios de curvatura a utilizar en la turbo glorieta, así como el gálibo y las pendientes máximas a utilizar en el paso a desnivel, se tendrá como una referencia investigativa para el desarrollo de la investigación actual.

Adicional a esto se debe tener en cuenta que los pasos a desnivel en la ciudad por lo menos se han dado últimamente con mayor tendencia y que en la actualidad uno de los más importantes es la construcción del paso a desnivel de la calle 94 con NQS, en donde recientemente finalizó la instalación de 26.226 metros lineales de tablestacado. Con ello, garantiza los trabajos finales del interconector vial, clave para descongestionar este sector de la ciudad. “En la actualidad se realizan los trabajos de excavación para la estación de bombeo en el costado occidental de la avenida carrera 9 y en el fundido de losas en la rotonda que hará parte del deprimido en el costado oriental de la avenida 9 con calle 94. El paso a desnivel de la calle 94 con NQS está programado para ser entregado en su totalidad en la última semana de marzo de 2017.”⁹

⁷ Ibid

⁸ Rafael F. Sanchez Lady J. Ángel “Guía metodológica y modelamiento de una turbo glorieta tipo estrella y paso a desnivel en la autopista sur con calle 59 sur, Bogotá D.C”

⁹ ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. Un paso más cerca de tener el deprimido de la 94.

3. JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país que busca convertirse en una nación más competitiva y desarrollada para afrontar los nuevos retos que lleva la globalización, siendo relevante para lograr este cometido que sus vías de acceso sean las idóneas para permitir una comunicación directa entre las regiones que la componen y mucho más aquellas que sirven de puente entre la capital y el resto del país. Es de allí que surge la necesidad de convertir la denominada Auto-Sur en una verdadera Autopista o por lo menos mejorar su movilidad para hacerla mucho más cómoda, ágil y práctica para los usuarios que allí transiten; reduciendo en lo posible los tiempos de viaje para optimizar el tránsito y por ende mejorando la calidad de vida de los habitantes del sur-occidente de la ciudad y el municipio de Soacha quienes serían los principales beneficiados en la intervención de esta avenida. Es necesario entonces para lograr una mejora en la movilidad que se reemplace los semáforos presentes en la intersección de la autopista con la calle 59 sur por algún tipo de paso a desnivel, tal como fue demostrado en los estudios hechos en 1999 por el ingeniero consultor Zapata y el I.D.U;¹⁰ puesto que es allí el punto crítico de los embotellamientos, debido a la acumulación en el tránsito y a la reducción de un carril.

Se ha demostrado que si bien los pasos a desnivel no solucionan de manera total los inconvenientes en el tránsito si ayudan de manera sustancial reduciendo además la accidentalidad presente en los cruces al mantener al tráfico en movimiento constante y sin interrupciones.

Es de tener en cuenta además que una vía de tal magnitud no solo beneficia a los usuarios de la vía sino que también mejora de una manera significativa los aspectos sociales y turísticos de las comunidades aledañas y en general su calidad de vida, cuya situación actual ha llevado al sector a la marginalidad del desarrollo con el que sí ha contado otras zonas de la ciudad; también el paisaje urbanístico y los aspectos ambientales serían mejores puesto que la acumulación de gases emitidos por los vehículos estacionados a un lado de la vía hacen que se concentren únicamente en

¹⁰ZAPATA. óp. cit., pág. 12

el sector provocando a la ligera el deterioro de la calidad del aire y una cortina de humo sobre los edificios alrededor.

Por otro lado, si se interviene la intersección de la autopista sur con la calle 59 sur el comercio será más próspero alrededor de la terminal satélite, el avalúo de la finca raíz será más alto y probablemente el turismo crezca de una manera significativa haciendo del sector más competitivo económica y socialmente frente a la ciudad.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar alternativas como solución a la congestión de los embotellamientos vehiculares de la autopista sur por avenida Bosa a través de modelación en Synchro.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el volumen vehicular de máxima demanda para la intersección de la Autopista sur por Avenida Bosa.
- Realizar el inventario de infraestructura física para la intersección de la Autopista sur por Avenida Bosa.
- Analizar la situación actual de los puntos de conflicto a partir de micro simulación en el software.
- Comparar alternativas de congestión vehicular a partir de micro simulación y la situación actual.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO CONCEPTUAL

5.1.1. Consideraciones del tránsito: El tránsito es la movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada sin más limitaciones que las impuestas por la ley.¹¹

Dicho esto, los caminos y vías de cualquier grado serán funcionales cuando se tienen en consideración el factor de tránsito que soporta y la configuración del terreno allí presente¹².

Será un buen diseño el que, con un costo de transporte anual mínimo, tenga en cuenta simultáneamente ambos factores, en la medida de su importancia. En efecto, cuando el tránsito es reducido, el diseño del camino deberá estar influenciado por el primer factor, es decir, tendrá que adaptarse dentro de lo posible a la configuración del terreno.

En cambio, cuando el tránsito es intenso, las necesidades de los usuarios y las características del tránsito serán los factores que intervendrán preponderantemente en su diseño, según lo establece el INVIAS.

5.1.1.1. Volumen del tránsito: Se denomina volumen de tránsito al número de vehículos que pasa por un tramo durante un período de tiempo determinado. Este concepto está relacionado con el Tránsito Medio Diario Anual que es una medida fundamental del tránsito y se define como el volumen de tránsito total anual dividido por el número de días del año.

5.1.1.2. Composición del tránsito: en Colombia el tránsito se puede dividir en tres grupos principales:¹³

Automóviles: Se incluyen también en esta categoría a las camionetas y todo otro vehículo cuyas características de operación se asemeje a las de los automóviles.

¹¹Ministerio de transporte. Ley 769 del 2002.
[https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/Normatividad/Leyes citado 23-5-2016](https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/Normatividad/Leyes%20citado%2023-5-2016)

¹²Vialidad nacional. definiciones.

http://www.vialidad.gov.ar/division_tr%C3%A1nsito/considera_s_tr%C3%A1nsito.php. Citado 20-5-2016

¹³ibíd.; citado 21-05-2016

Ómnibus: Incluye a los "colectivos", micro-ómnibus y similares.

Camiones: Incluye a los camiones con y sin acoplado, semi-remolques, semi-remolques con acoplado y todo otro vehículo cuyas características de operación sean similares a las de los camiones.

5.1.1.3. Capacidad vial: Está definido como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle, es decir es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.¹⁴

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de Capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. Entonces, este volumen obtenido en este lapso de tiempo de 15 minutos así es convertido a tasa de flujo horaria.

Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de Capacidad, es estimar el máximo número de vehículos que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un periodo Específico.

Para determinar la capacidad de una vía según el manual de Invias, el procedimiento es partir de una capacidad ideal de la vía de más o menos (3200 automóviles por hora en ambos sentidos), la cual se ve reducida al ser multiplicada por varios factores de corrección que representan la medida aproximada en que la vía real se aleja de las condiciones ideales.

El producto de multiplicar la capacidad ideal de la vía por los diferentes factores de corrección representa la capacidad para las condiciones específicas de la vía en vehículos de todas las clases por hora.¹⁵

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

¹⁵Universidad autónoma de México. capacidad y niveles de servicio.
<<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>>
citado el 23-5-2016

Ci = 3200 automóviles/hora/ambos sentidos

$$\mathbf{C60 = 3200 * Fpe * Fd * Fcb * Fp}$$

Ecuación 1.

Dónde

C60 = Capacidad en vehículos mixtos por hora sin considerar variaciones aleatorias.

Fpe = Factor de corrección a la capacidad por pendiente

Fd = Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos

Fcb = Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma

Fp = Factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes.

5.1.1.3.1. **Nivel de servicio:** sirve de medida cualitativa para describir las condiciones operativas de un flujo de tránsito y la percepción de los usuarios.¹⁶

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que correspondan a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales; entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

Según el Invías se han definido los siguientes niveles de servicio para las carreteras del país¹⁷:

Nivel A: Representa el nivel ideal donde el flujo es libre. Es una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir

¹⁶ Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM2000). definiciones

¹⁷ Instituto nacional de vías. Manual de diseño geométrico de carreteras: niveles de servicio, 2002.

con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

Nivel B. en ellas comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reduciendo parcialmente la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

Nivel C. Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos o existir deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

Nivel D. El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

Nivel E. Representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad.

Nivel F. Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos.

5.1.2. Tipos de vías¹⁸:

5.1.2.1. Por funcionalidad:

Vías nacionales o primarias: vías que integran las principales regiones de consumo y producción; además vías que conectan con otras naciones.

Vías secundarias o departamentales: carreteras que conectan con una red primaria y que sirven para conectar cabeceras municipales entre sí.

Vías terciarias o municipales: son aquellas que conectan la cabecera municipal con las veredas y corregimientos.

5.1.2.2. Por características:

Autopistas: vías de múltiples calzadas en la cuales los vehículos pueden circular sin ningún tipo de interrupción del tránsito por entradas y salidas que obliguen a los vehículos a cambiar la velocidad o por señales de pare. Además, los ingresos y salidas se hacen a través de ramales adjuntos que permiten ganar o perder velocidad con poca interferencia sobre el resto de automóviles que por allí se desplazan.

Carreteras multicarriles: vías de dos o más carriles con control parcial de acceso y salida.

Carreteras de dos direcciones: vías de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes.

5.1.2.3. Por tipo de pavimento:

Pavimento flexible: constituidas por una capa de rodadura bituminosa, de apoyadas por capas sub rasante- sub base y base constituidas por materiales no ligados.

Pavimento rígido: son aquellas que están formadas por losas de concreto hidráulico, apoyada sobre la su rasante u otra capa de ase y su ase. Este tipo de pavimento ofrece una mayor resistencia a largo plazo.

¹⁸Instituto nacional de vías, Óp. Cit., pág. 36

5.1.3. Puentes: un puente es una estructura con el fin de superar obstáculos naturales (ríos, abismos etc.) o artificiales (vías férreas, intercepciones), con el fin de unir caminos o mantener una velocidad de tránsito constante.

La infraestructura de un puente está formada por los estribos o pilares extremos, las pilas o apoyos centrales y los cimientos, que forman la base de ambos. La superestructura consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras, constituidas por vigas, cables, o bóvedas y arcos que transmiten las cargas del tablero a las pilas y los estribos

5.1.4. Pasos a desnivel

Los pasos a desnivel y deprimidos se proyectan para facilitar el paso de tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes.

También puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.¹⁹

Un paso a desnivel se construye para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes.

Como su nombre lo indica son aquellas intersecciones que no se encuentra debido a la diferencia de alturas que tiene una con respecto a la otra estas según el manual de diseño geométrico de carreteras²⁰ depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía del sitio, a las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular.

Debido a estos factores es donde se decide el tipo de paso, ya que puede ser a desnivel inferior o deprimido que cruza por debajo de una intersección o puede ser a nivel superior.

Es importante que antes de entrar en un ramal de salida, normalmente los vehículos tienen que frenar, así como acelerar al salir de un ramal de entrada, ya que su velocidad es inferior a la de la vía principal. Para que estos cambios de velocidad no generen fuertes perturbaciones al tránsito, máxime cuando los volúmenes sean

¹⁹ Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín, Propuesta de paso deprimido de sección curva realizado con elementos de hormigón armado prefabricado

²⁰ INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Vías.

altos, se deben habilitar carriles especiales, que permitan a los vehículos hacer sus cambios de velocidad fuera de la calzada.

5.1.5. Criterios básicos de diseño Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel:

Se debe partir de los resultados del estudio de Ingeniería de Tránsito, dicho estudio debe establecer los siguientes parámetros:

Diagrama de flujos vehiculares incluyendo su intensidad, composición vehicular y automóviles directos equivalentes (a.d.e.).

Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD).

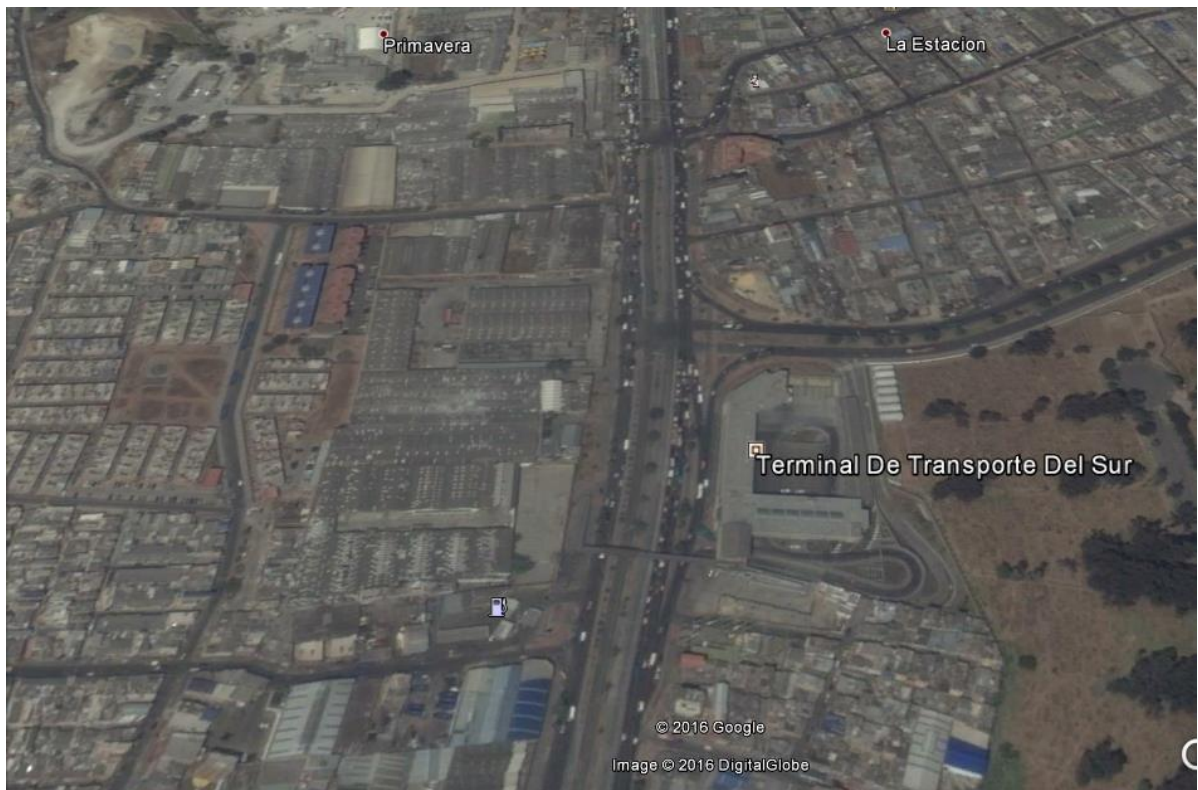
Proyecciones al año meta.

Análisis de capacidad. - Pre dimensionamiento de cada alternativa propuesta.

5.2. MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto hace parte del corredor vial de la Autopista Sur a la altura de la Av. cra 59 sur o Av. Bosa en el sur de la capital, encontrada en la localidad de Bosa y más exactamente en la UPZ 49 conocida como Apogeo al oriente de la localidad, además sirve de conectora con el municipio de Soacha.²¹

Ilustración 1 Localización de la vía



Fuente . Google Earth, 27 de Septiembre de 2016

La utilidad del corredor, como comunicadora principal hacia los departamentos del sur del país, y eje fundamental y único de entrada y salida de habitantes de Soacha con la ciudad capital, y teniendo en cuenta que su acercamiento con la ciudad es cada día más visible.

²¹Secretaria Distrital de Integración social. (2016). DOCUMENTO PRELIMINAR UPZ 49 APOGEO. Obtenido de http://old.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/1_entidad/gsi/7_bosa_narrativa_apogeo.pdf

Hoy el sistema público se ha visto regulado, pero no es suficiente para ordenar y descongestionar estos pasos que diariamente están afectando no solo a los residentes del sector sino al municipio de Soacha que alberga cerca de 523000 habitantes y que tiene como paso obligado para desplazarse hacia sus trabajos y centros universitarios.

Si bien la Avenida Bosa también es una importante avenida que conecta las principales rutas públicas de Bosa con el centro y norte de la ciudad, de esta manera y con la cantidad de vehículos que cruzan a través de este sector, se evidencia lo que falta para llegar a considerar esta vía como una Autopista.

Se tiene en cuenta que su participación en destinos turísticos también es primordial, ya que se encuentra como salida de acceso rápido a lugares como Melgar y Girardot que frecuentemente son visitados por los habitantes de la capital.

Su principal problema no solo se presenta en la intersección a buscar, si no que enlaza problemas que vienen mucho más atrás y que en las investigaciones anteriormente nombradas ya se hace referencia a estos problemas como son los embotellamientos que se avecinan desde la Av Boyacá por Autopista Sur.

Pero principalmente y uno de los problemas más graves es la abundante semaforización encontrada a lo largo de este corredor y que de una manera colapsa no solo en horas pico el recorrer esta autopista.

5.3. MARCO LEGAL

Para este trabajo y su diseño de carreteras se debe adoptar como norma técnica para los proyectos de la red vial nacional, las especificaciones generales de construcción para carreteras, elaboradas en el año 2012, por el instituto nacional de vías "INVIAS". Además se utilizarán los siguientes decretos para los cuales debemos mantener el margen.

Tabla 1. Marco Legal

Ley, Decreto, Norma	Descripción	Aplicación
Resolución 1885 de 2015	Por la que se adopta un manual de señalización vial, dispositivos de tránsito para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas.	Será utilizada en la implementación de señales y su uso en el inventario vial que se realiza inicialmente para la

		representación virtual al momento de modelar.
Resolución 744 de 2009	Por la que se adopta el documento con el cual el ministerio de transporte reglamenta y actualiza con la corriente periodicidad el Manual de diseño geométrico de Carreteras.	Esta resolución es indispensable al momento de adoptar los datos necesarios para ingresar en el software que generara la modelación.
Decreto 215 de 2005	Por el cual se adopta el Plan Maestro de Espacio Público para Bogotá Distrito Capital, y se dictan otras disposiciones.	Este decreto se tiene en cuenta a finalizar la modelación para conservar la disposición de espacio público.
Ley 1083 de 2006.	Por medio del cual se reglamenta parcialmente la Movilidad sostenible en Distritos y Municipios con Planes de Ordenamiento Territorial	Reglamentan los estándares urbanísticos básicos para el desarrollo de la vivienda, los equipamientos y los espacios públicos, necesarios para su articulación con los sistemas de movilidad, principalmente con la red peatonal y de ciclo rutas que complementen el sistema de transporte y se establecen las condiciones mínimas de los perfiles viales al interior del perímetro urbano de los municipios y distritos que hayan adoptado plan de ordenamiento territorial

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: este proyecto se rige bajo los parámetros de la línea de vías y transporte, teniendo en cuenta sus principales postulados, técnicas y principios para dar una solución integral a la problemática presente en el sector de la autopista sur, en pro de beneficiar a las comunidades e industrias aledañas.

6.2. ENFOQUE INVESTIGATIVO: este proyecto de investigación es de carácter cuantitativo ya que se basa en la recolección de datos a través de aforos para medir la calidad del tránsito en la zona y basado en estadísticas echas con dicha información, se busca modelar una solución concreta al problema a tratar y así servir de confirmación a la hipótesis de la necesidad de construir un paso a desnivel en la intersección de la autopista sur por avenida Bosa como solución a la congestión vehicular.

La recolección de datos se hará en las horas pico, correspondientes a las de horas de mayor circulación de vehículos, y en los días especiales como los días festivos en que el incremento del tránsito es significativo.

Posterior a ello se hará una respectiva verificación de la información obtenida en los aforos, basado en las técnicas y experiencias de trabajos de recolección similares, para llevar a cabo una precisa modelación.

6.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: al procurar una modelación, esta investigación usara estudios experimentales usando relaciones de correlación y de causalidad entre variables, observando la incidencia de estas en el flujo del tránsito para obtener una correcta modelación de un paso a desnivel encontrando el diseño que sirva de solución a la problemática a tratar. Debido a esto dado que es de carácter principalmente cuantitativo utilizara análisis estadísticos que permitan obtener variables más confiables por datos más precisos.

6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:

6.4.1. Aforos de Intersección:

Como se ha dicho, se depende principalmente de los aforos que se hagan en el sector para obtener las variables a usar en la modelación. Dichos aforos permitirán establecer el volumen de máxima demanda que pasan en un tiempo determinado y así mismo conocer qué tipo de vehículos pasa con mayor frecuencia para a través de su clasificación por el Invías determinar la

incidencia en la congestión vehicular presente de la autopista y poder llevar a cabo la modelación requerida permitiéndonos dar los resultados requeridos para una alternativa de solución en dicha intersección.

6.4.2. Software:

El programa que se usara en esta investigación será el Synchro Traffic 8.0 que será el elegido para simular y determinar la viabilidad de las alternativas de esta investigación, ya que es un software de análisis y optimización macroscópico, soportado principalmente por el manual de capacidad de carreteras, para intersecciones señalizadas y glorietas, Synchro también implementa la utilización de capacidad de intersecciones utilizando varios métodos para determinarlos.

La rutina de optimización de la señal de Synchro permite al usuario ponderar fases específicas, permitiendo así más opciones cuando los usuarios desarrollan planos de frecuencia señalizados.

Synchro es la aplicación líder de análisis de tráfico ya que ha es fácil de usar y permite hacer un modelado en cuestión de días aumentando las razones para ser usado.²²

6.5. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2. Operalización de variables

VARIABLE	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN
Vehículos	Volumen de vehículos diario-horario	Determinar el volumen de vehículos que pasa por la intersección de la Autopista Sur por Ave. Bosa en un tiempo determinado.	Veh./hora
Tipo y cantidad de ejes que transita	Ejes - Peso	Determinar qué clase de vehículos transitan identificando la	Aforo de tránsito

²²TrafficWare , Synchro Traffic <http://www.trafficware.com/synchro-studio.html>

		mayor afectación en el flujo vehicular	
Semaforización Vehicular	Tiempos de espera entre cambios de semáforo	Determinar tiempos entre horario de cambio que afecten en el desarrollo del volumen vehicular	Aforo de tránsito

6.6. FASES DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación desarrolla cuatro pasos principales a partir de los cuales se llegara al objetivo principal planteado en este trabajo investigativo.

FASE 1. ESTUDIO DE OFERTA EN LA ZONA A INTERVENIR:

ACTIVIDADES:

1. Identificación de la zona por medio de la realización de un plano de inventario vial.

FASE 2. ESTUDIO DE DEMANDA EN LA ZONA A

INTERVENIR ACTIVIDADES

1. Aforos vehiculares para calcular componentes principales.
2. Interpretación de Aforos para determinación de Niveles de Servicio.

FASE 3. MODELACIÓN ACTUAL

ACTIVIDADES

1. Análisis de resultados teóricos para insertar datos solicitados por el programa modelador.
2. Modelación de Zona de estudio para determinar e identificar problemática actual.

FASE 4. MODELACION Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

1. Formular alternativas de solución a la problemática.
2. Modelación de zona de estudio por medio de Synchro Traffic 8.0 para la evaluación de las alternativas propuestas por medio de la Investigación.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1. ESTUDIO DE OFERTA EN LA ZONA A INTERVENIR

Se realizó una caracterización física en la zona de la Autopista Sur por Avenida Bosa en donde se evidencia el comportamiento sobre la avenida principal. En las ilustraciones 2 y 3 se encuentran los accesos oeste y este respectivamente, de la zona estudiada y sobre la cual se hizo la observación requerida para el estudio e inventario físico.

Ilustración 2 Inventario y caracterización de la zona. Acceso este.



Fuente: Propia

Ilustración 3 Inventario y caracterización de la zona. Acceso Oeste



Fuente: Propia




En la ejecución de esta caracterización, se tomaron las medidas correspondientes para realizar un inventario vial como: la señalización vial, horizontal y vertical; con el fin de utilizarlos en los pasos de la simulación. De esta manera se identificó como una intersección semaforizada y que presenta un gran volumen de tránsito, de acuerdo a la observación realizada. En el anexo A, se encuentra el plano de inventario vial.




Para el desarrollo de este inventario se puede identificar que la vía no tiene una señalización horizontal adecuada en el carril que conduce de Soacha hacia el centro de la ciudad; por otra parte, que uno de los factores visibles de congestión es la zona de salida y entrada de buses intermunicipales.

Además es de incluir que es una vía que presenta cuatro carriles de los cuales dos son para camiones, buses, vehículos, motos y que es la única vía conectante entre Soacha y Bogotá, además tiene otros dos carriles que son exclusivos de Transmilenio, pero dadas las circunstancias de congestión, los fines de semana pierden esa exclusividad y se usan como carriles mixtos.

En la caracterización de inventario vial se lograron identificar las siguientes señales de tránsito, útiles para conocer el desarrollo de la vía (ver tabla 3). La información presentada fue tomada a partir del manual de señalización vial

Tabla 3. Señales existentes

Señal	Norma	Cantidad existente	Descripción
	SP-46	2	Esta señal se emplea para advertir al conductor la proximidad a lugares frecuentados por peatones que caminan sobre la calzada o la cruzan a nivel, en un sitio determinado.
	SR-10	1	Esta señal se emplea para notificar al conductor de la prohibición del giro en "U"
	SR-08	1	Esta señal se emplea para notificar al conductor la prohibición de girar a la derecha.

	SR-02	1	<p>Esta señal se emplea para notificar al conductor la prelación de la vía en la cual se va a incorporar. Deberá colocarse en todo lugar en donde se requiera disminuir la velocidad o detener el vehículo, para ceder el paso a los que circulan por la vía prioritaria e ingresar a ésta sólo cuando pueda hacerlo en condiciones que eviten totalmente la posibilidad de accidente.</p>
	SP-59	2	<p>Esta señal se emplea para advertir a los conductores la proximidad del cruce de una ciclo ruta.</p>
	SR-28A	3	<p>Esta señal se emplea para notificar al conductor la prohibición de parquearse o detenerse en determinado tramo de la vía.</p>
	SR-41	2	<p>Esta señal se empleará para notificar a los conductores de vehículos de servicio público o de cualquier otro tipo de vehículo, que les está vedado detener el automotor para recoger o dejar pasajeros en los sitios aledaños a la señal.</p>

Además se obtuvo la identificación de seis dispositivos semafóricos aplicados en la intersección que fueron ubicados en los planos de inventario vial (Anexos-Título A).

En esta etapa inicialmente se observaron y determinaron los movimientos ejecutados por cada giro a dar y la señalización pertinente (Anexos-Título A), los cuales se utilizaron en la obtención de resultados de oferta en la siguiente fase, y

tendrá intervención tanto con los aforos vehiculares como con las fases semafóricas presentadas en este documento.

La principal caracterización de esta fase es que se hace una toma de medidas de carriles donde presenta una situación en regular estado, con Líneas de carril en la intersección, líneas de separación de rampas en los giros a la derecha con líneas de borde de pavimento en la calzada que de Bogotá conduce a Soacha, en el sentido contrario la señalización horizontal no existe, no hay marcas ni señales que indiquen un giro a la izquierda diferentes a los dispositivos semafóricos, tal como se muestra en las ilustraciones 4 y 5.

Ilustración 4 Estado actual de la vía



Fuente: Propia

Ilustración 5 Estado Actual de Vía



Fuente: Propia

La cicloruta se encuentra en buen estado y buena señalización, los carriles presentan una medida de 3,5 m cada uno en la Autopista Sur y 3,2 m en los carriles de la Av. Bosa, así como 2 carriles para los giros canalizados a la derecha.

La apreciación también se presentó en la parte de circulación de conductores quienes hacen giros en U indebidos, y además por la alta demanda de vehículos en este sector, se hacen ocasionalmente operativos por parte de la Policía de Tránsito quienes cierran el giro a la izquierda que comunica la Autopista Sur con la Av. Bosa, y también por ocasiones se ignoran los dispositivos semafóricos para dar paso al gran volumen vehicular que esta autopista representa.

Ilustración 6 Control de Vía por parte de Policía De tránsito



Fuente: Propia

7.2. ESTUDIO DE DEMANDA EN LA ZONA A INTERVENIR

Para la evaluación de demanda sobre la zona de estudio se acudió a la determinación de análisis de volúmenes diarios teniendo en cuenta la información entregada por la Secretaría de Movilidad, para el año 2014. La información se relaciona en la tabla 4:

Tabla 4. Volúmenes horarios por cuarto de hora Total Intersección

Hora de Inicio	Total Mixtos	Volumen Hora
6:00:00 a. m.	1261	
6:15:00 a. m.	1942	
6:30:00 a. m.	1992	
6:45:00 a. m.	2239	7434
7:00:00 a. m.	2346	8519
7:15:00 a. m.	2339	8916
<u>7:30:00 a. m.</u>	<u>2113</u>	<u>9037</u>
7:45:00 a. m.	1809	8607
8:00:00 a. m.	1661	7922
8:15:00 a. m.	1654	7237
8:30:00 a. m.	1514	6638
8:45:00 a. m.	1586	6415
9:00:00 a. m.	1505	6259
9:15:00 a. m.	1569	6174
9:30:00 a. m.	1508	6168
9:45:00 a. m.	1520	6102
4:00:00 p. m.	1611	6208
4:15:00 p. m.	1622	6261
4:30:00 p. m.	1772	6525

4:45:00 p. m.	1762	6767
5:00:00 p. m.	1858	7014
5:15:00 p. m.	2043	7435
5:30:00 p. m.	2185	7848
5:45:00 p. m.	2130	8216
6:00:00 p. m.	1987	8345
6:15:00 p. m.	2251	8553
6:30:00 p. m.	1894	8262
6:45:00 p. m.	1921	8053
7:00:00 p. m.	1836	7902

7:15:00 p. m.	1701	7352
7:30:00 p. m.	1730	7188
7:45:00 p. m.	1841	7108

Fuente: Secretaría de Movilidad

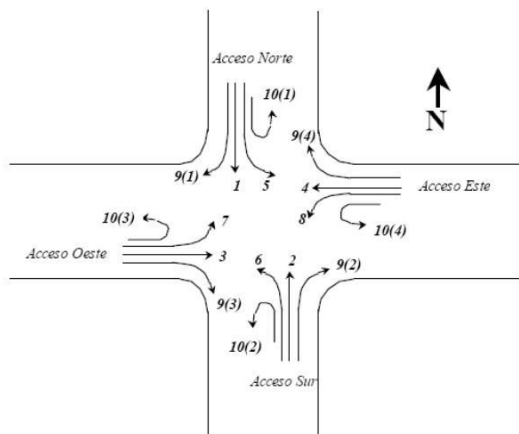
De la tabla 4 se puede determinar que la hora de máxima demanda corresponde al periodo entre las 6:45 a las 7:45am, con un volumen horario de:

$$= 2239 + 2346 + 2339 + 2113 = 9037 \text{ hi} / \text{h} .$$

Con la anterior información obtenida se realizó un estudio detallado sobre la intersección, con el fin de encontrar una alternativa óptima por medio de los aspectos investigativos.

Es por esto que se desarrollan los aforos vehiculares basados en la teoría de determinación de aforos, movimientos y son regidos a partir de la siguiente representación del MANUAL DE PLANEACION Y DISEÑO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL TRANSITO Y EL TRANSPORTE en Santafé de Bogotá elaborado por la firma CAL & MAYOR Y ASOCIADOS S.C. 1998:

Ilustración 7-Representación esquemática de los movimientos de una intersección



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

Fuente: Manual STT - 1998

Por tal motivo se identifican los accesos con respecto a la interseccion y se representa en un plano identificando el movimiento y los volúmenes que se obtienen a partir de dichos aforos(ANEXOS- TITULO A) que estan dados por los movimientos 3, 7, 9(1), 5, 4 y 9(4), para ubicar directamente los accesos en el punto y ubicarlos geograficamente, de lo que se obtiene la siguiente descripcion:

Acceso Norte:

Ilustración 8. Acceso Norte



Fuente: Secretaria de Movilidad

Se determinan los movimientos 9(1) y 5 y se realizan los aforos correspondientes para autos, buses, camiones y Motos.

Acceso Este

Ilustración 9. Acceso Este



Fuente: Secretaria de Movilidad

Se determinan los movimientos 9(4) y 4 y se realizan los aforos correspondientes para autos, buses, camiones y Motos.

Acceso Oeste

Ilustración 10. Acceso Oeste



Fuente: Secretaria de Movilidad

Se determinan los movimientos 3 y 7 y se realizan los aforos correspondientes para autos, buses, camiones y Motos.

7.2.1. Volúmenes Vehiculares e interpretación de aforos

Así de esta manera se describe el volumen vehicular que pasa por la intersección teniendo en cuenta que para el análisis del volumen vehicular se hicieron los aforos propios en la hora de máxima demanda, haciendo la toma 15 minutos antes y 15 minutos después con el fin primero de hacer la evolución en el tiempo, y evaluar si tal vez la hora de máxima demanda no cambia en los minutos siguientes o anteriores para la intersección, de esta manera el periodo completo se genera entre las 6:30 am y las 8:00 am con intervalos de tiempo cada 15 minutos.

Tabla 5. Volumen vehicular Intersección Autopista Sur por Avenida Bosa

Intersección Autopista Sur por Avenida Bosa							
Hora de Inicio	Vehiculos					Volumen Hora	Variación Hora
Hora de Inicio	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total Mixtos		
6:30 - 6:45	413	289	93	307	1102		
6:45 - 7:00	565	367	166	295	1393		
7:00 - 7:15	656	409	186	460	1711		
7:15 - 7:30	762	304	178	423	1667	5873	70,90%
7:30 - 7:45	688	304	180	381	1553	6324	
7:45 - 8:00	621	283	179	410	1493	6424	
Volumen 90 mins	3705	1956	982	2276	8919		100%
Composición	41,54%	21,93%	11,01%	25,52%	100,00%		
6:45 - 7:45	2671	1384	710	1559	6424	FHP=	Vol Max Dem
Composición	41,58%	21,54%	11,05%	24,27%	100,00%	0,938632379	1606

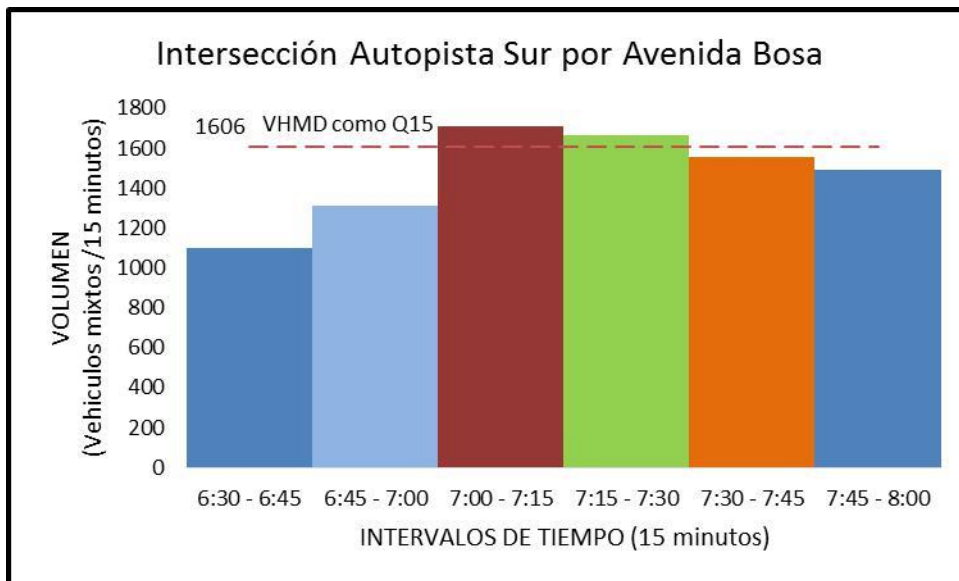
Según los aforos tomados se hace una consolidación total como la que se presenta en la tabla 5 en donde se identifica el valor de volumen máximo horario
 $= 1493 + 1553 + 1667 + 1711 = 6424 \text{ h} / \text{h}$.

Así de esta manera también se puede expresar el VHMD en unidades de volúmenes en periodos de 15 minutos donde arroja que en estos intervalos pasa un volumen determinado de:

$$= 1493 + 1553 + 1667 + 1711 = 6424 \text{ h} / 15 = 428 \text{ h} / 15$$

Y lo que hace es mostrar que el periodo de tiempo en el cual se trabajó frente a los datos de la Secretaría de Movilidad se encuentra en diferente horario, pero también expresa que sobre este horario se determina la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda, ayuda a evaluar las deficiencias en capacidad, y además permitirá hacer las proyecciones o rediseños necesarios para la intersección.

Ilustración 11. Variación el volumen de tránsito en la hora de máxima demanda



Fuente: Propia.

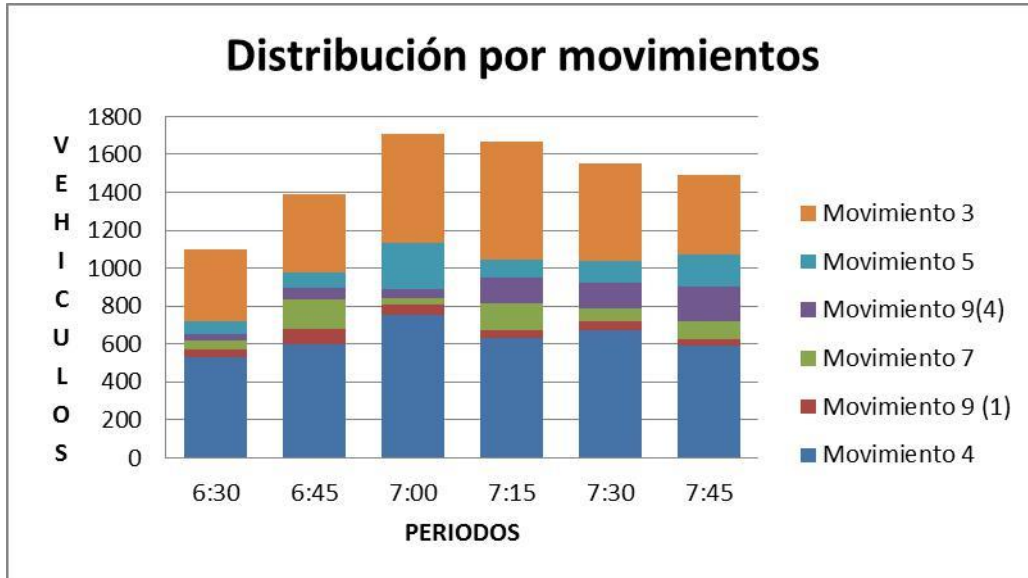
En la ilustración 11 se presenta el detalle de los datos recogidos y analizados para el volumen vehicular de máxima demanda, dado que este dato es requerido para la simulación en software del estado de la vía, por lo que se hizo un estudio más detallado (ANEXOS- TITULO D) para cada movimiento generado y con un consolidado por movimientos para la totalidad de carros que pasaron sobre la intersección presentada a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. N° vehículos totales en la intersección por movimiento en vehículos equivalentes.

Hora de inicio	Movimiento 4	Movimiento 9 (1)	Movimiento 7	Movimiento 9(4)	Movimiento 5	Movimiento 3
6:30	490	32	56	36	63	549
6:45	667	92	195	68	71	623
7:00	884	65	35	46	203	708
7:15	748	46	101	117	72	732
7:30	742	46	63	126	112	658
7:45	643	30	87	172	163	541
TOTAL	4171	309	536	563	683	3810
Total en HMD	3015	186	286	460	550	2639

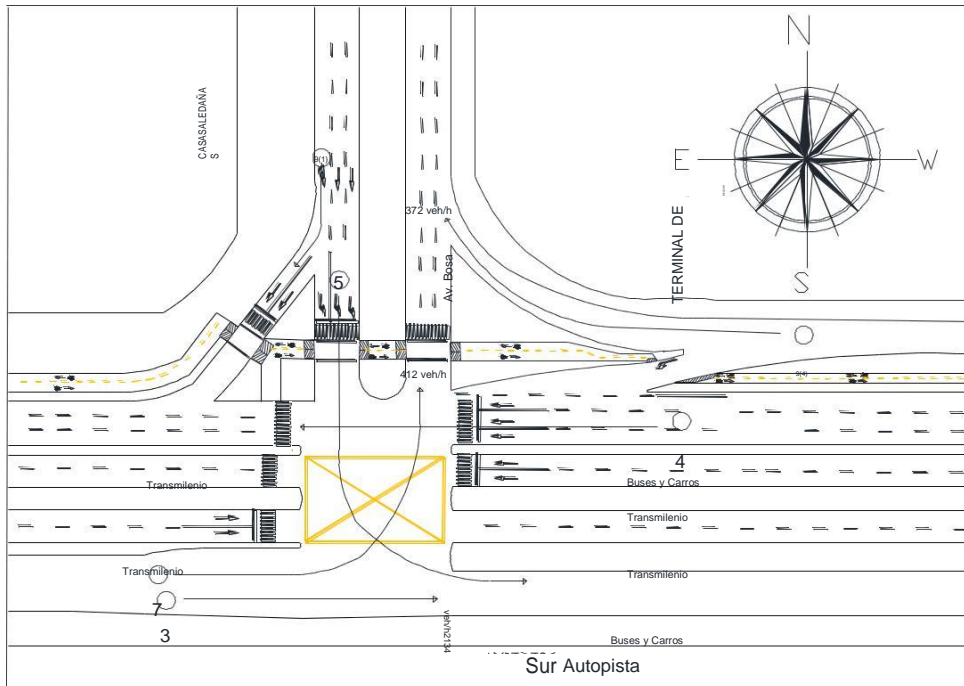
Así mismo se puede obtener una distribución por movimiento ejercido en cada periodo de tiempo que se observa en la ilustración 9 y permite identificar los movimientos y horarios de mayor volumen de carros siendo liderados por los movimientos 3 y 4 entre 7:00 am y 7:30 am que es la hora en que comienza el VHMD.

Ilustración 12. Distribución vehicular por movimiento en periodo de tiempo.



Fuente: Propia

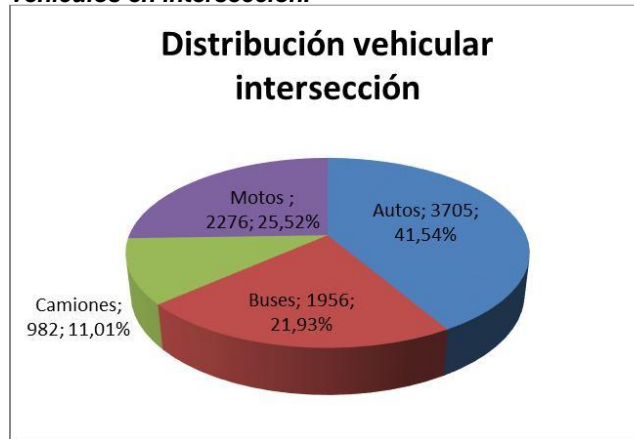
Ilustración 13. Diagrama de volúmenes por movimiento



Fuente: Propia

Además de tener los resultados con los que se establece el tipo de vía, se permite garantizar que para estos volúmenes, que han sido calculados por tipo de vehículo, se evidencia mayor tránsito para autos, seguido de motos y buses, pero con un porcentaje significativo de camiones que son visualizados en la ilustración 11, y permite demostrar que es un paso importante para transporte de carga y transporte nacional.

Ilustración 14. Distribución porcentual por tipo de vehículos en intersección.



Fuente: Propia

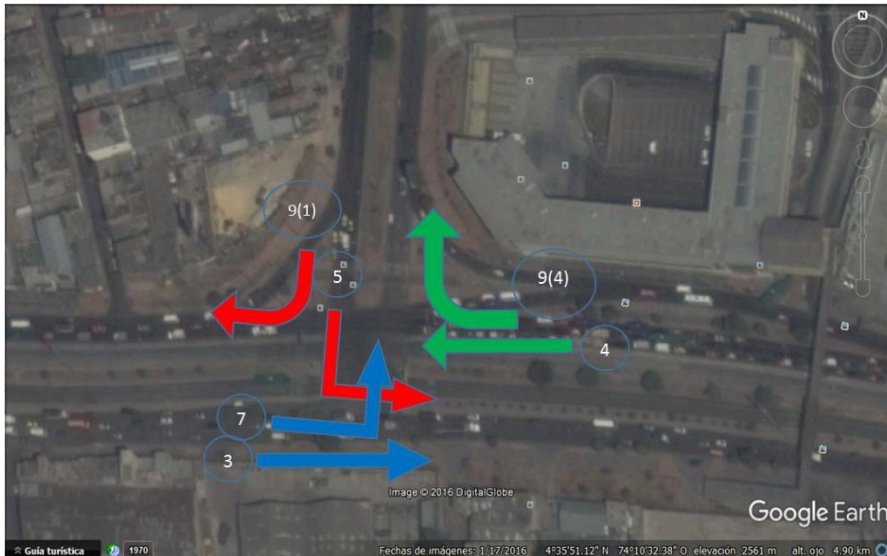
Estos resultados se toman para la modelación del programa en el Software Synchro Traffic 8, en donde se busca principalmente demostrar la capacidad de la vía y la problemática para esta intersección.

7.3. MODELACIÓN ACTUAL

Para desarrollar la fase de modelación se tuvo en cuenta los resultados de los aforos realizados en la zona y se escogió el programa modelador como Synchro Traffic 8. El programa arroja resultados a partir de las fases de semaforización que para este caso estarán representadas en la gráfica 15 donde se cumple que:

1. Sentido Norte – Este
2. Sentido Norte – Oeste
3. Sentido Oeste – Este
4. Sentido Este – Oeste
5. Sentido Este – Norte

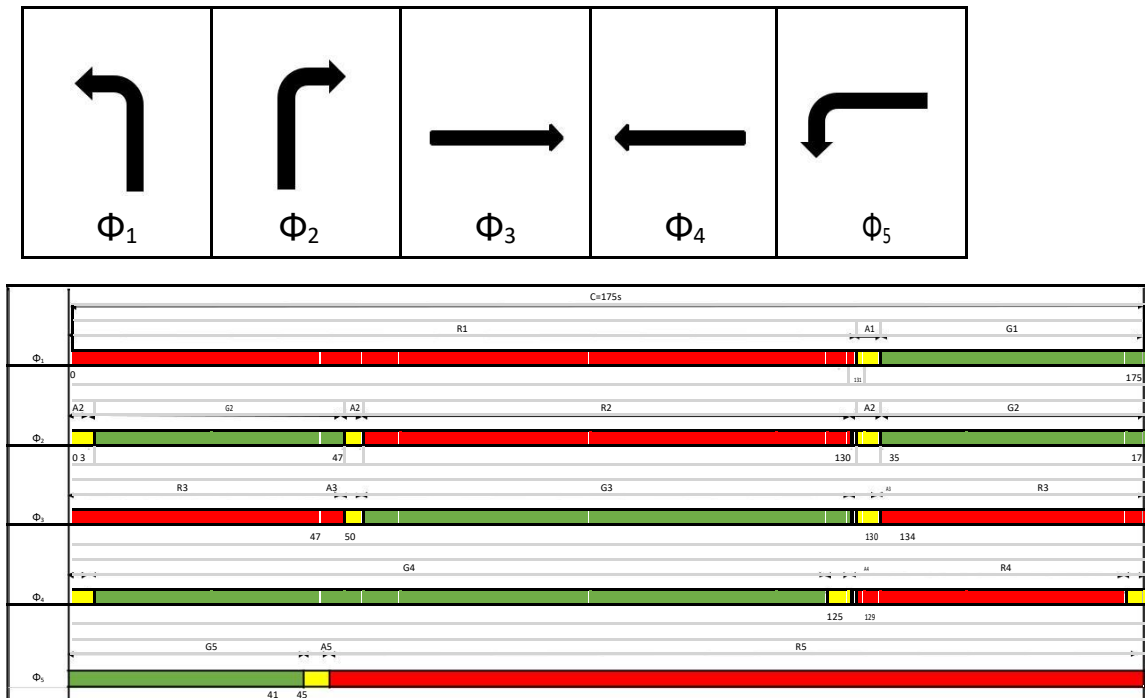
Ilustración 15 Sentidos para fases de Semaforización



Fuente: Google Earth.

Es así como por medio de trabajo de campo se desarrolló una toma de tiempos semafóricos, en cada una de las fases de la intersección y así, se desarrolla un gráfico de fases semafóricas presentes en la intersección apreciada en la siguiente representación:

Ilustración 16 Representación fases de semaforización



Fuente: Propia.

La representación de fases semafóricas se hace más detallada en el anexo (TITULO E) y da muestra del desarrollo de tiempos que se utilizó en la intersección para lograr una modelación más acertada y real de lo que sucede en campo.

Por medio de las propiedades que se calcularon en la intersección, se logró cumplir con una representación acertada en el software modelador (Anexo TITULO G), identificando principalmente aspectos como longitud de cola, pues esta característica permite calibrar y verificar que el modelo este ajustado a la situación real de la vía, de acuerdo a esto se hizo una toma de datos para la cola de la vía en la Autopista sur oeste- este y sobre la avenida Bosa, obteniendo:

Tabla 7 Identificación Percentil 95

N° de datos	DISTANCIAS EN MTS DE COLA	
	AV BOSA	AUTOSUR-NS
1	42	60
2	51	89
3	51	96
4	50	97
5	50	100
6	63	105
7	65	107
8	68	108
9	74	113
10	76	121
11	79	124
12	79	126
13	88	129
14	88	140
15	88	147
16	88	164
17	90	192
18	92	224
19	94	226
20	105	240
Percentil 95	94,6	226,7

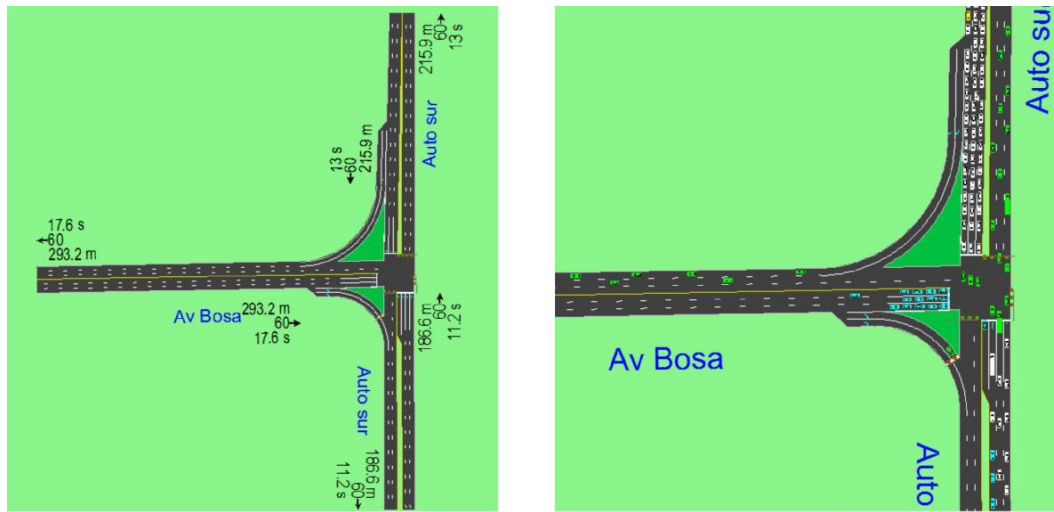
El valor calculado del percentil 95 se obtiene para hacer la comparación con los resultados arrojados por el software:

Tabla 8 Resultados Modelación Actual

	AV BOSA				AUTOSUR-NS		
	5			9(1)	4		
	EB	EB	EB	EB	SB	SB	SB
	L	L	L	R	T	T	T
95th Queue (m)	63,9	71,3	79,9	77,0	217,1	214,0	213,5
Promedio Modelación(m)	73,025				214,9		
Promedio Medido (m)	94,6				226,7		
Diferencia (m)	21.7				11.83		

Al obtener los resultados de la modelación actual que se muestra en el percentil 95 de la longitud de cola, da como resultados los presentados en la tabla 8 por cada carril en las vías de la intersección, sin embargo se realizó un promedio para que sea contrastado con los tomados por medidas y se evidencia una variación de unos 21,7 mts de diferencia en la Av. Bosa y 11,83 mts sobre la Autopista Sur, esto determina que la simulación puede ser aplicada y tomada en cuenta para la evaluación de datos. (ANEXO TITULO G)

Ilustración 17 Modelación Actual



Fuente: Software Modelador Synchro Traffic

Ilustración 18 Tiempo de demoras por vehículo y Nivel de servicio Simulación Actual

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS									
		EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR	PED	HOLD		
Node #	2	Leading Detector (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	---		
Zone:		Trailing Detector (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---		
X East (m)	3031.5	Minimum Initial (s)	4.0	4.0	1.0	---	4.0	4.0	---		
Y North (m)	3379.5	Minimum Split (s)	13.0	13.0	10.0	---	13.0	13.0	---		
Z Elevation (m)	0.0	Total Split (s)	43.0	43.0	43.0	132.0	89.0	89.0	---		
Description		Yellow Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---		
Control Type	Prefimed	All-Red Time (s)	4.0	4.0	4.0	---	4.0	4.0	---		
Cycle Length (s)	175.0	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---		
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Lagging Phase?	---	---	---	---	---	---	---		
Optimize Cycle Length:	Optimize	Allow Lead/Lag Optimize?	---	---	---	---	---	---	---		
Optimize Splits:	Optimize	Recall Mode	Max	Max	Max	---	Max	Max	---		
Actuated Cycle(s)	175.0	Actuated Effct. Green (s)	34.0	34.0	34.0	123.0	80.0	80.0	---		
Natural Cycle(s)	170.0	Actuated g/C Ratio	0.19	0.19	0.19	0.70	0.46	0.46	---		
Max v/c Ratio:	1.38	Volume to Capacity Ratio	0.60	0.28	0.90	0.90	1.38	0.34	---		
Intersection Delay (s)	105.6	Control Delay (s)	52.3	7.7	96.2	19.7	211.5	10.1	---		
Intersection LOS:	F	Queue Delay (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---		
ICU:	1.07	Total Delay (s)	67.3	7.7	96.2	19.7	211.5	10.1	---		
ICU LOS:	G	Level of Service	E	A	F	B	F	B	---		
Offset (s)	0.0	Approach Delay (s)	52.3	---	---	27.2	184.8	---	---		
Referenced to:	Begin of Green	Approach Delay (s)	0	0	0	0	0	0	---		
Reference Phase:	2 - NBSB	Queue Length 50th (m)	45.0	0.0	70.6	152.4	363.9	12.5	---		
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Queue Length 95th (m)	54.1	8.1	#107.2	161.3	#373.9	21.8	---		
Yield Point:	Single	Stops (vph)	494	17	261	1707	2254	96	---		
Mandatory Stop On Yellow:	<input type="checkbox"/>	Fuel Used (l/hr)	98	6	34	138	620	15	---		
		Dilemma Vehicles (#/hr)	0	0	0	75	63	0	---		

Fuente: Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la ilustración 18 para la Av. Bosa en los giros 5 y 9(1) (EBL y EBR respectivamente) y para la Autopista Sur en los giros 7 y 3 (NBL y NBT respectivamente) y giros 4 y 1 (SBT y SBR respectivamente), los tiempos de demora (Total Delay) son:

67,3 segundos en el giro 5 que según el Manual de Capacidad de Autopistas corresponde a un nivel de servicio E ya que transcurre una operación con demoras entre 55 y 80 segundos y es considerado un límite aceptable de demora.

7,7 segundos en el giro 9(1) que corresponde a un nivel de servicio A pues es una operación con demoras muy bajas y menor a 10 segundos, al momento de la toma de datos de semaforización se evidenció que la mayoría de vehículos llegan durante la fase de verde y prácticamente no se detienen.

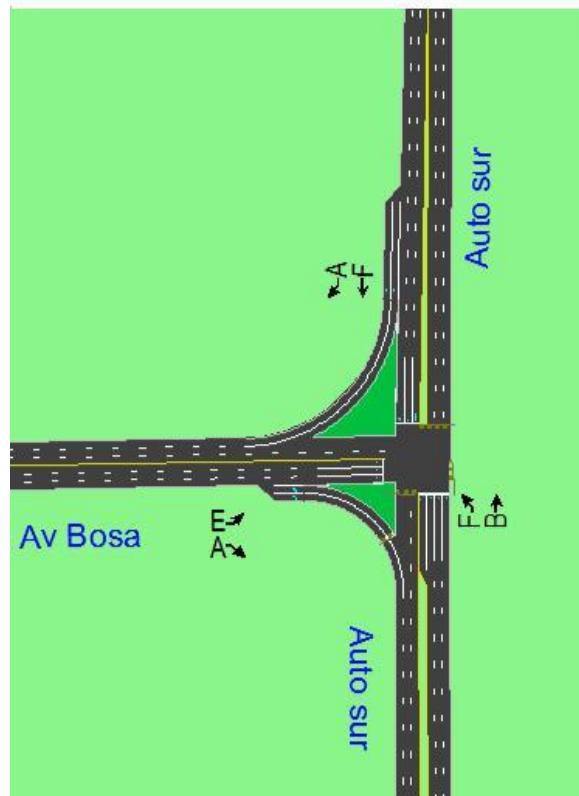
96,2 segundos en el giro 7 que representa un nivel de servicio F pues contrasta una operación con demoras mayores a 80 segundos, excediendo la capacidad de llegada a los accesos de la intersección generando el congestionamiento expuesto en este trabajo.

19,7 segundos en el giro 3 que corresponde a un nivel de servicio B por demoras entre 10 y 20 segundos, algunos vehículos empiezan a detenerse teniendo en cuenta que el ciclo semafórico para este corredor es menor que en los demás corredores, pero aunque se muestra como nivel B se debe tener en cuenta que se encuentra en el corredor de giro 7 y esto es lo que presenta algunos retrasos.

211,5 segundos en el giro 4 que representa un nivel de servicio F expuesto inicialmente en el trabajo pues las congestiones son mayores y el tiempo de demora es mayor de 80 segundos esto presentado por el ciclo semafórico en donde se espera que crucen los giros 7 y 5, la fase semafórica es la más larga y además su volumen horario es muy alto.

10,1 segundos en el giro 1 por ser un corredor prácticamente individual no presenta mayor problema, identificándose como un corredor con nivel de servicio B.

Ilustración 19 Niveles de Servicio Actualmente.



Fuente: Software Modelador Synchro Traffic.

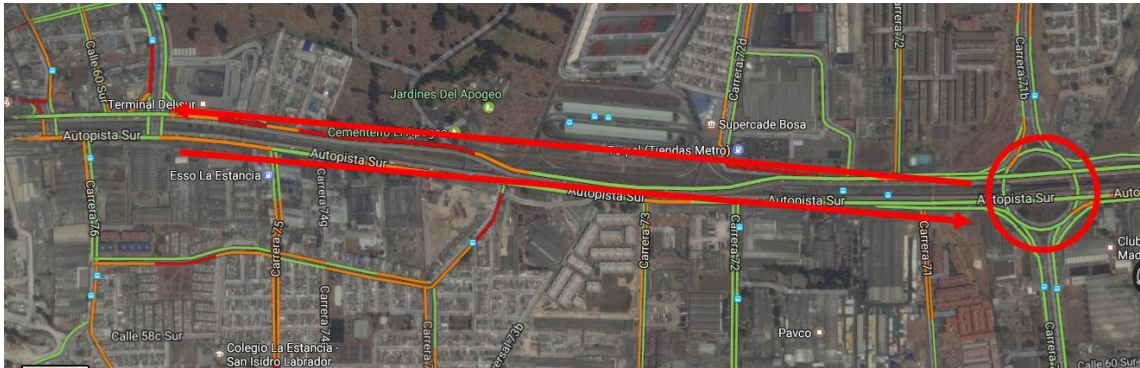
7.4. MODELACIÓN Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para el diseño de la modelación se formularon dos tipos de alternativas, una de ellas aplicada ocasionalmente cuando la congestión en esta intersección crece sobretodo en horas pico considerando la eliminación del giro 7 que conecta el acceso oeste con el acceso norte. La otra es la implementación de una vía con nivel inferior o superior como alternativa de solución. Cada una se especifica a continuación.

7.4.1. ALTERNATIVA # 1

Para esta alternativa, se toma como solución el cierre permanente del giro 7 en el cual los vehículos que dan giro a la izquierda, seguirán por la autopista Sur hasta la altura de la glorieta que se hace entre la avenida Villavicencio con el fin de hacer el retorno y luego tomar la vía hacia el ingreso a la avenida Bosa, (ANEXO TITULO F)

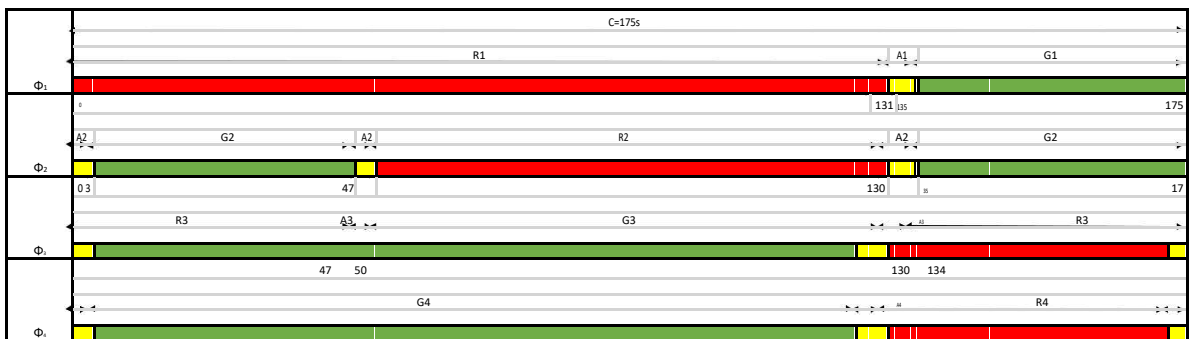
Ilustración 20 Alternativa #1



Fuente: Google Earth

Al hacer la modelación de esta alternativa se tomó en cuenta la reducción de los tiempos de semaforización en los que se elimina la fase semafórica del giro 7 y se empalma la fase 4 con la fase 3. (ANEXO TITULO F)

Ilustración 21 Fase de semaforización en Alternativa N° 1



Fuente: Propia.

De la modelación se obtuvo resultados importantes uno de ellos que se tomó como punto de comparación es la longitud de cola, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 9 Resultados Modelación Alternativa N°1 y Actual

95th Queue (m)	AV BOSA				AUTOPISTA SUR		
	5			9(1)	4		
	EB	EB	EB	EB	SB	SB	SB
	L	L	L	R	T	T	T
Modelación Alternativa	45,6	46,4	50,5	27,1	160,4	164,7	158,5
Situación Actual	63,9	71,3	79,9	77,0	217,1	214,0	213,5
Diferencia	18,3	24,90	29,4	49,9	56,7	49,3	55,0

En la evaluación de esta alternativa se encontró que el mejoramiento en la fase de autopista sur es notable ya que se reduce la longitud de cola entre los 48 y 57 mts, y es muy significativo pues la congestión y el punto de conflicto en este acceso de la intersección es menor con la aplicación de la alternativa y se tiene en cuenta que sobre la Av. Bosa el cambio presentado también es notable, ya que está alrededor de los 40 mts sobre el acceso y se tiene en cuenta que presenta la longitud de cola baja, sin embargo también se determinó el nivel de servicio de los accesos establecidos y se encontró la siguiente información a partir de la ilustración 21:

Ilustración 22 Tiempo de demoras y Niveles de Servicio para la alternativo N°1

The screenshot shows the Synchro Traffic software interface. The 'TIMING SETTINGS' table is as follows:

	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR	PED	HOLD
Leading Detector (m)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	2.0	—	—
Trailing Detector (m)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	4.0	—	—
Minimum Split (s)	13.0	13.0	—	13.0	13.0	13.0	—	—
Total Split (s)	43.0	43.0	—	89.0	89.0	89.0	—	—
Yellow Time (s)	5.0	5.0	—	5.0	5.0	5.0	—	—
All-Red Time (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	4.0	—	—
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Logging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	Max	—	—
Activated Effect - Green (s)	34.0	34.0	—	99.0	99.0	99.0	—	—
Activated g/C Ratio	0.26	0.26	—	0.61	0.61	0.61	—	—
Volume to Capacity Ratio	0.46	0.28	—	1.14	1.06	0.40	—	—
Control Delay (s)	42.6	40.2	—	96.4	62.5	1.3	—	—
Queue Delay (s)	0.0	0.0	—	96.4	62.5	1.3	—	—
Total Delay (s)	42.6	40.2	—	96.4	62.5	1.3	—	—
Level of Service	D	D	—	F	E	A	—	—
Approach Delay (s)	42.0	—	—	96.4	50.4	—	—	—
Approach LOS	D	—	—	F	E	—	—	—
Queue Length 50th (m)	30.7	15.6	—	233.2	226.1	0.0	—	—
Queue Length 95th (m)	39.4	23.5	—	446.6	241.1	5.3	—	—
Stops (vph)	451	145	—	2484	2640	22	—	—
Fuel Used (l/hr)	47	15	—	344	287	15	—	—
Dilemma Vehicles (H/hr)	0	0	—	97	106	0	—	—

The 'Queue Delay (s)' row is circled in red in the original image.

Fuente: Software Modelador Synchro Traffic

Con estos resultados obtenidos en la ilustración 21 se evidencia que para la Av. Bosa en los giros 5 y 5(1) (EBL y EBR respectivamente) y para la Autopista Sur en los giros 7 y 3 (NBL y NBT respectivamente) y giros 4 y 1 (SBT y SBR respectivamente), los tiempos de demora (Total Delay) son:

42,6 segundos en el giro 5 que corresponde a un nivel de servicio D ya que transcurre una operación con demoras entre 35 Y 55 segundos donde la progresión del tránsito es regular pero mejora en un nivel con respecto a la situación actual.

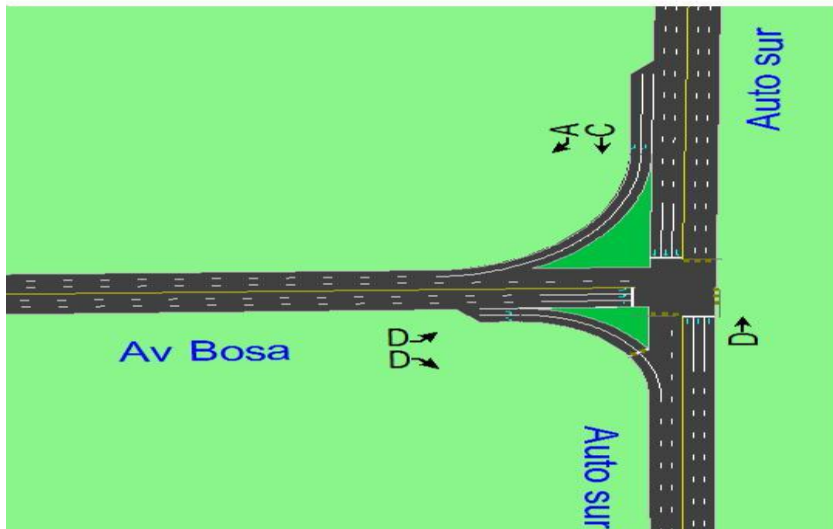
40,2 segundos en el giro 9(1) que corresponde a un nivel de servicio D pues es una operación regular igual que la fase 5 pero a diferencia de la situación actual, el nivel de servicio incrementa en 3 niveles pues el ajuste en las fases de semaforización hace que el movimiento sea más regulado y por ende se genere más conflicto, aunque esta vía por el volumen que allí transita no se ve mayormente afectada, aun mas porque tiene una separación canalizada.

96,4 segundos en el giro 3 que corresponde a un nivel de servicio F por demoras mayores a 80 segundos donde se debe a la mala progresión del tránsito, dos niveles más que en la situación actual, es de tener en cuenta que su volumen incremento y se eliminó el corredor de giro 7 es por esto que presenta algunos retrasos.

62,5 segundos en el giro 4 que representa un nivel de servicio E, en comparación a la situación actual genera mayor flujo de transito debido al ajuste del ciclo semafórico para este corredor y es por esto que mejora en un niveles de servicio pero disminuye notablemente el tiempo de demora y permite que haya progresión de transito regular.

1,3 segundos en el giro 1 por ser un corredor prácticamente individual no presenta mayor problema, identificándose como un corredor con nivel de servicio A, aun cuando su volumen se incrementa, pero se tiene en cuenta que la fase semafórica en este acceso también se mejoró, es por esto que su tiempo de demora disminuye sin modificar el nivel de servicio.

Ilustración 23 Niveles de Servicio con Alternativa N°1



Fuente: Software modelador Synchro Traffic

A continuación se puede ver una ilustración donde se evidencian los cambios que se tienen al aplicar la alternativa N° 1 que si se revisa para el corredor 3 y 4 principalmente genera una gran solución a los problemas de movilidad pues tanto el nivel de servicio en como el tiempo de demora se reduce considerablemente en casi dos minutos y aunque en el movimiento 3 el nivel de servicio subió, se tiene en cuenta que se elimina el movimiento 7 y con él su tiempo de demora que afectaba el acceso en esa intersección y maneja unos tiempos de demora generales que bajan 150 segundos si se hace la comparación contando este movimiento.

Tabla 10 Comparación Tiempos de Demora y Niveles de Servicio de Situación Actual y Alternativa N°1

TIEMPOS DE DEMORA	Av. Bosa		Autopista Sur			
	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR
MOVIMIENTOS	5	9(1)	7	3	4	1
SITUACION ACTUAL	67,3	7,7	96,2	19,7	211,5	10,1
Alternativa N° 1	42,6	40,2	-	96,4	62,5	1,3
DIFERENCIA	24,7	-32,5	-	-76,7	149	8,8
NIVELES DE SERVICIO	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR
MOVIMIENTOS	5	9(1)	7	3	4	1
SITUACION ACTUAL	E	A	F	B	F	B
Alternativa N° 1	D	D	-	F	E	A
SOLUCIÓN	BAJO	SUBIO	-	SUBIO	BAJO	BAJO

7.4.2. ALTERNATIVA # 2

Esta alternativa se tomó como base de investigación inicial del trabajo y se realizó una modelación para su funcionalidad teniendo en cuenta que el giro 7 se omite y el 5 se hará por medio de un paso a desnivel ya sea superior o inferior, sin embargo para el caso de la modelación sin intersecciones ni interrupciones en la Autopista Sur, se generaron resultados iguales ya sea al nivel elevado o deprimido del nivel al que se encuentra actualmente (ANEXO TITULO G)

Ilustración 24 Modelación Alternativa N°2



Fuente: Software modelador Synchro Traffic

Es por lo anterior que de acuerdo a la alternativa planteada no se tendrá intersección semafórica ni se maneja ningún tipo de pausa o bloqueos hacia la autopista, correspondiendo y acercándose más a la definición inicialmente planteada de lo que es una autopista, pues para este modelo realizado, no se presentan tiempos de demora ni longitudes de cola, ya que su intervención permite que sea a flujo libre y que se puedan manejar velocidades altas en su tránsito y que por ende no se genere ningún tipo de interrupciones.

Ilustración 25 Resultados Alternativa 2



Fuente: Software Modelador Synchro Traffic.

En la ilustración 24 y 25 se muestra una vista en tercera dimensión (3D), con el control planteado y con cada una de las condiciones de la vía, mostrando el flujo libre de carros en los diferentes movimientos, siendo más evidente el de la Autopista Sur lo que nos deja ver que el nivel de servicio de la vía es óptimo en la intersección de la Autopista Sur por Avenida Bosa.

8. CONCLUSIONES

Se determinó que el volumen vehicular de máxima demanda para la intersección de la Autopista sur por Avenida Bosa es de 6424 Vehículos mixtos/hora a partir de los aforos obtenidos, y que la hora de máxima demanda corresponde entre las 06:45 am y las 7:45 am.

En el inventario físico presentado en plano se determinó que por su magnitud, la intersección se encuentra con la señalización buena aunque hay fallas tanto en la señalización horizontal sobre el acceso Oeste y que además la infraestructura física es muy regular sobretodo en este acceso, ya que presenta ahuecamientos en varios puntos de la vía.

Se analizó que la situación actual presenta puntos de conflicto en los accesos este y oeste y que a partir de micro simulación en el software se determina que sus niveles de servicio son F para el acceso Este F y B para el acceso Oeste, y se identifica que uno de sus principales problemas es el cruce que realizan los vehículos que van desde y hacia Bosa, es por esto que se presentan los principales represamientos ya que al ser una intersección semáforizada el ciclo debe ser alto y adicional sobre el acceso este se hace mayor el represamiento a causa del tiempo de espera del ciclo semafórico.

Se formularon y compararon alternativas de congestión vehicular a partir de micro simulación obteniendo como resultado una solución aplicable actualmente como lo es la Alternativa N°1, pero que si se observa en un futuro con el aumento de vehículos automotores a diario sería mucho más óptimo tener una solución aplicable como lo es la Alternativa N°2 que en cuanto a presupuesto puede ser más elevado pero mejora absolutamente el tránsito y la capacidad vial que se requiere para este tipo de vía tan indispensable y que se debe ajustar a la definición presentada inicialmente.

Finalmente, se analizaron dos alternativas de descongestión como parte del desarrollo del trabajo en donde la alternativa N°1 arrojó mayores resultados en la disminución de longitud de cola con reducciones de 50 mts sobre la autopista Sur siendo relevantes en el nivel de servicio, y la Alternativa N°2 genera una descongestión total en donde elimina tiempos de demora y longitudes de cola que generan un modelo de tráfico para los volúmenes determinados en los aforos a través de la modelación en el software.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda generar estudios alternos y similares sobre las intersecciones siguientes hacia el occidente, ya que estas también generan de cierta manera algún impacto mayor en la congestión vehicular de la Autopista Sur.

Se recomienda tomar la alternativa 1 como solución a corto plazo para la descongestión diaria presentada en la zona con el fin de beneficiar a los usuarios de este corredor que permite el ingreso de varios habitantes al centro de la ciudad de Bogotá.

Se recomienda mejorar y controlar los paraderos de buses que sobre la Autopista Sur generan algunas demoras adicionales y generan aun mayor congestión Vehicular sin importar el sentido en que de ella se maneje.

10. BIBLIOGRAFIA

BACUILIMA ALVARRACÍN, Nardo Gabriel. Propuesta de paso deprimido de sección curva realizado con elementos de hormigón armado prefabricado.

CAL Rafael y Mayor R, J. C. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega.

CEPEP. Evaluación social de la construcción del paso a desnivel Mariano Otero por Washington en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. México: Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos, 1996.

INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Vías.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de señalización, 2004. Bogotá. Página 618.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Ley 769 del 2002. Tomado de <https://www.mintransporte.gov.co/>

Redacción Bogotá. Rechazan construcción de viaducto elevado en la Autopista Sur de Bogotá. En: el espectador, Bogotá. 4 , junio, 2015.

SANCHEZ, Rafael F y ANGEL, Lady J. Guía metodológica y modelamiento de una turbo glorieta tipo estrella y paso a desnivel en la autopista sur con calle 59 sur, Bogotá D.C. Trabajo de grado Tecnólogo en topografía. Bogotá D.C.: Universidad Distrital de Francisco Jose de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016. 149 p.

SECRETARIA DISTRITAL DE INTEGRACIÓN SOCIAL. (2016). Documento preliminar Upz 49 apogeo. Obtenido de <http://old.integracionsocial.gov.co/>

TORRES, Guillermo. Los viaductos están pasados de moda: Distrito. En: revista semana, Bogotá. 4 , junio, 2015.

TRAFFICWARE, SYNCRHO TRAFFIC Tomado de <HTTP://WWW.TRAFFICWARE.COM/>

TRB, Transportation Research Board (2000), Highway Capacity Manual, National Research Council Washington, D.C.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO. Capacidad y niveles de servicio. Tomado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/>

VIALIDAD NACIONAL. Definiciones.

http://www.vialidad.gov.ar/division_tránsito/considera_s_tránsito.php.

ZAPATA, Juan Carlos. Pre diseño de la autopista sur con avenida bosa: contrato 256-99. Instituto de desarrollo urbano. Volumen 1, 1999.