

Autopista Norte: Diagnóstico y propuesta a problemática de movilidad entre la calle 194
y calle 235.

Informe 3

Presentado por:

Cristhian David Cifuentes Romero

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

Director

Fernando Rey Valderrama

Ingeniero Civil

Universidad Santo Tomás, Bogotá

División de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Civil

2019

Contenido

Lista de Imágenes	3
Lista de tablas	3
Resumen.....	4
Abstract	5
Conclusiones nivel de servicio.....	6
Nivel de servicio por metodología del HCM 2000	6
Nivel de servicio por simulación en Vissim 9.....	10
Conclusiones resultados simulación en vissim 9 (student version)	13
Propuesta de solución a observaciones realizadas en campo.....	17
Observación de campo 1	17
Solución a observación de campo 1	17
Observación de campo 2	18
Solución a observación de campo 2	19
Observación de campo 3	19
Solución Observación de campo 3	20
Observación de campo 4	20
Solución observación de campo 4	20
Observación en campo 5	21
Solución a observación en campo 5	22
Observación en campo 6	22
Solución a observación en campo 6	22
Observación en campo 7	23
Solución observación en campo 7	23
Propuestas adicionales	26
Instalación puente peatonal entre la calle 224 y el centro comercial BIMA:	26
Re direccionamiento del tráfico por la avenida Boyacá y ampliación de la calle 183..	27
Carril adicional en ambas calzadas de la Autopista Norte	31
Por metodología nivel de servicio HCM 2000	31
Por simulación en vissim 9.....	33
Propuesta puente vehicular a la altura de la calle 215.....	35
Conclusiones generales	38
Referencias.....	41
Bibliografía	41

Lista de Imágenes

Imagen 1 Esquema metodológico para el análisis autopistas	6
Imagen 2 Curva velocidad-flujo	7
Imagen 3 Guía para la solución nivel de servicio	9
Imagen 4 Niveles de servicio Sur-Norte	9
Imagen 5 Niveles de servicio sentido Norte-Sur	10
Imagen 6 Zonas de análisis tramo crítico 1	11
Imagen 7 Zonas de análisis tramo crítico 2	12
Imagen 8 Representación variación cola máxima	13
Imagen 9 Representación variación nivel de servicio.....	14
Imagen 10 Representación detenciones de vehículos.....	15
Imagen 11 Representación emisiones CO	16
Imagen 12 Propuesta de solución a observación en campo 1	18
Imagen 13 Propuesta de solución a observación en campo 2	19
Imagen 14 Estado actual bermas Autopista Norte.....	24
Imagen 15 Propuesta de solución a observación en campo 7	25
Imagen 16 Propuesta puente peatonal.....	27
Imagen 17 Estado actual del flujo vehicular Autopista Norte	29
Imagen 18 Propuesta solución flujo vehicular Autopista Norte	30
Imagen 19 Datos de entrada para tres carriles (estado actual).....	31
Imagen 20 Gráfica nivel de servicio para 3 carriles	32
Imagen 21 Datos de entrada para cuatro carriles (propuesta).....	32
Imagen 22 Gráfica nivel de servicio para 4 carriles	33
Imagen 23 Comparación de resultados del análisis tramo crítico 1.....	34
Imagen 24 Comparación de resultados del análisis tramo crítico 2.....	34
Imagen 25 Simulación puente vehicular calle 215	36
Imagen 26 Simulación puente vehicular calle 215	36
Imagen 27 Comparación de resultados del análisis puente vehicular.....	37

Lista de tablas

Tabla 1 Resultados simulación tramo crítico1.....	11
Tabla 2 Resultados simulación tramo crítico2.....	12

Resumen

El presente corresponde al tercer informe del proyecto “Autopista Norte; Diagnóstico y propuesta a problemática de movilidad entre la calle 194 y calle 235” que tiene como objetivo general establecer una categorización de las principales variables que influyen en la movilidad en el tramo de la autopista norte comprendido entre las calles 235 y 194.

Este último informe constituye las conclusiones finales obtenidas del desarrollo del proyecto de grado en cuestión, se inicia este informe con las conclusiones sobre el nivel de servicio obtenido por medio de la metodología HCM 2000 y el nivel de servicio obtenido por la simulación del proyecto por medio del software vissim 9 student version. Se proponen unas soluciones a las observaciones tomadas en campo sobre las maniobras y causas de la congestión vehicular en la Autopista Norte, donde además se proponen una ampliación de las calzadas y la construcción de un puente vehicular a la altura de la calle 215, estas dos últimas propuestas son analizadas por medio de simulación en vissim 9 student version y para el caso de la ampliación de la calzada también por la metodología del HCM 2000. Todo esto con el fin de tener una conclusión sobre qué medida es más influyente en el mejoramiento del nivel de servicio de la Autopista Norte para ambas calzadas. Se concluye finalmente que la instalación de un puente vehicular mejora considerablemente el nivel de servicio en la Autopista Norte, siempre y cuando los retornos que van en el sentido Sur-Norte sean eliminados. Como conclusión general se obtiene que las condiciones específicas de la vía aquí nombradas observaciones en campo son las que mayor influyen en la congestión vehicular en comparación con la capacidad vial que tiene actualmente la Autopista Norte.

Palabras clave: Nivel de servicio, Autopista Norte, Variación de velocidades, Congestión vehicular, capacidad vial.

Abstract

The present corresponds to the second report of the project " North Highway; Diagnosis and proposal to mobility problems between street 194 and street 235 "which has as its general objective to establish a categorization of the main variables that influence mobility on the stretch of the northern highway between streets 235 and 194

This last report constitutes the final conclusions obtained from the development of the degree project in question, this report begins with the conclusions about the level of service obtained through the HCM 2000 methodology and the level of service obtained by the simulation of the project through of the software vissim 9 student version. Some solutions are proposed to the observations made in the field about the maneuvers and causes of vehicular congestion in the North Highway, where they also propose an extension of the roadways and the construction of a vehicular bridge at the height of 215th Street, these two Last proposals are analyzed by means of simulation in vissim 9 student version and for the case of the extension of the roadway also by the methodology of the HCM 2000. All this in order to have a conclusion about which measure is more influential in the improvement of the level of service of the North Highway for both roads. Finally, it is concluded that the installation of a vehicular bridge considerably improves the service level in the North Highway, as long as the returns that go in the South-North direction are eliminated. As a general conclusion, it is obtained that the specific conditions of the road here named observations in the field are the ones that have the greatest influence on vehicular congestion compared to the current road capacity of North Highway.

Keywords: Service level, North Highway, Variation of speeds, Traffic congestion, road capacity.

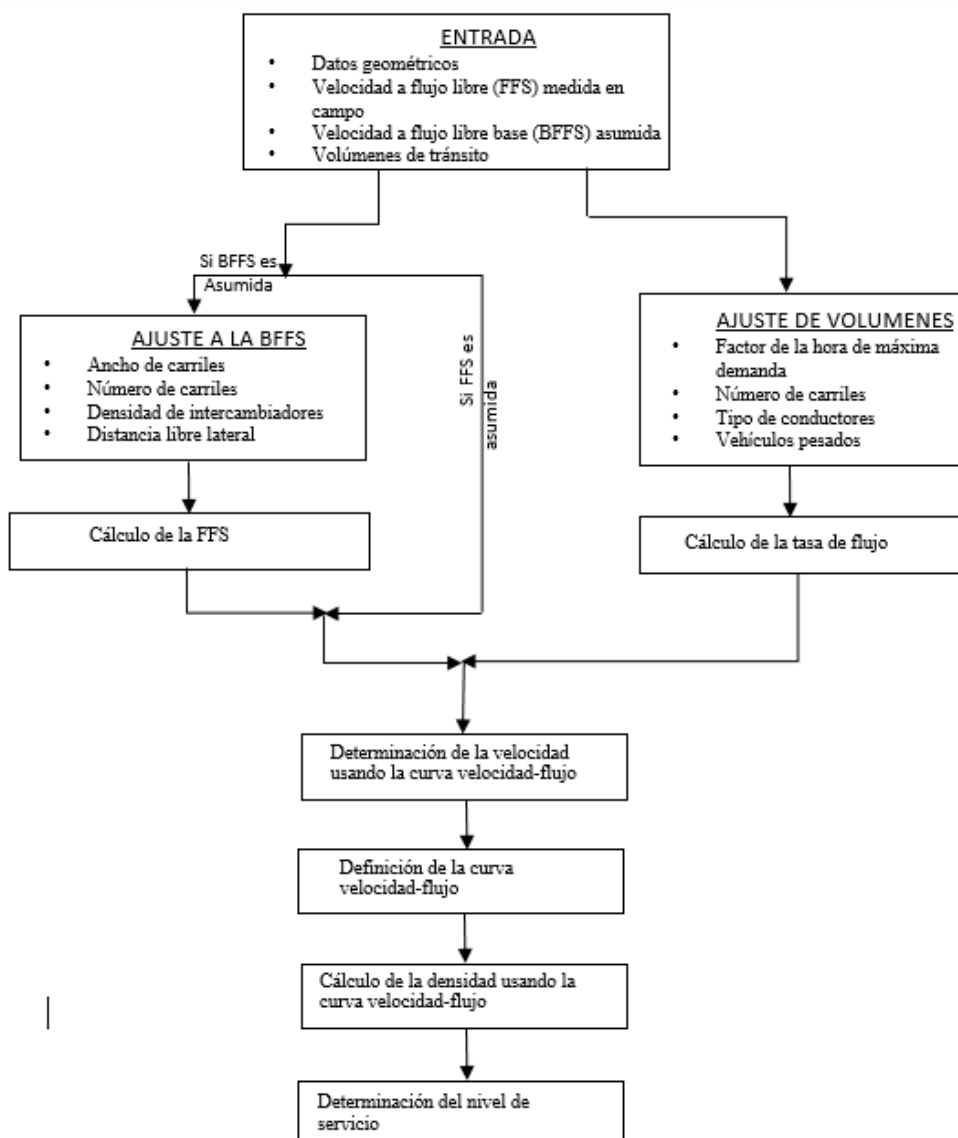
Conclusiones nivel de servicio

Nivel de servicio por metodología del HCM 2000

Esta metodología del Highway capacity manual se nombra y explica en detalle en libro Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor, Capítulo 12.

Imagen 1

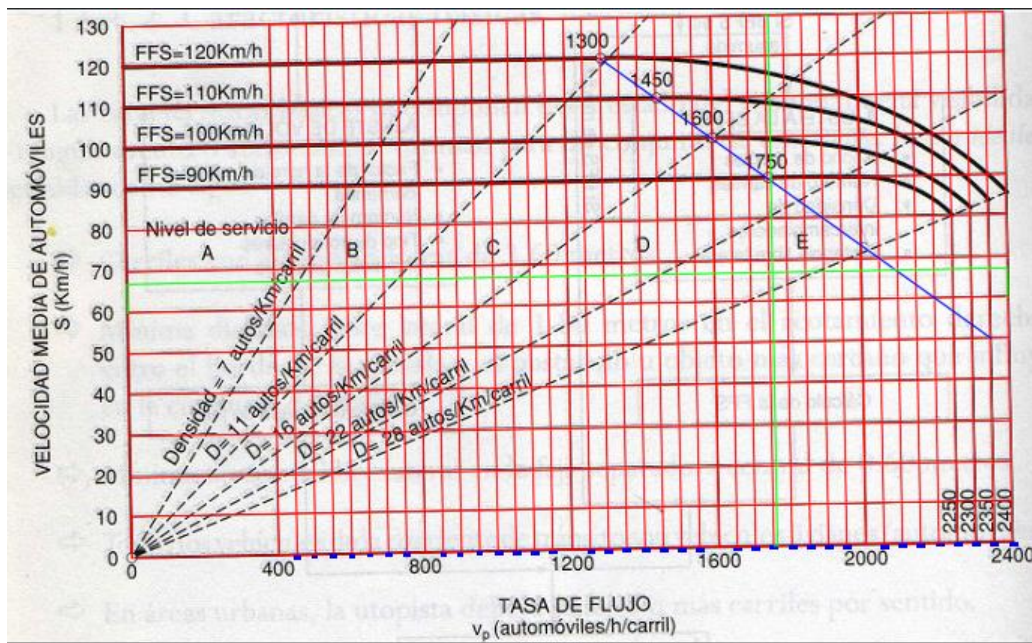
Esquema metodológico para el análisis autopistas



Nota: Esquema metodológico para el análisis de segmentos básicos de autopistas, calculando el nivel de servicio. Recuperado de Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. *Highway capacity manual 2000*. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

Se define por medio de esta metodología que la vía está en un nivel de servicio E, esto por la lectura de la curva velocidad-flujo analizada por la metodología anteriormente nombrada.

Imagen 2
Curva velocidad-flujo



Nota: Curva velocidad flujo dónde se observa el nivel de servicio en el cual se encuentra la Autopista Norte. Imagen recuperada y editada a partir de Mayor, C. y. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. México D.F.: Alfaomega.

Se obtiene además por esta metodología la Densidad (Vehículos livianos/km/carril) que es de **26 Vehículos livianos/km/carril**.

También que la vía tiene una capacidad de **1885 vehículos livianos/h/carril** en comparación con el volumen actual ajustado de vehículos livianos de 1760 vehículos livianos/h/carril, lo que indica que con unos 125 vehículos livianos/h/carril adicionales se llegaría al tope de la capacidad de la vía y por lo tanto el colapso total de la misma. (Ver Informe 2, página 13 para el cálculo de esta información).

Si bien la vía ya está en un nivel de servicio E en la cual el funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos (Mayor, 2007).

Es importante aclarar que la ampliación de un nuevo carril en ambos sentidos no disminuye radicalmente el nivel de servicio a uno mejor, se comprueba con la información del proyecto actual que adicionando un carril, el nivel de servicio resultante, sería un nivel de servicio D, esto contando con que las condiciones son ideales (buen estado del pavimento, flujo continuo, bermas adecuadas, entre otros), y sin incluir la proyección vehicular. Es decir sin contar los factores particulares que hacen que esta importante vía tenga una variación de nivel de servicio de C a E cuando se llega la hora pico de la autopista Norte en las horas de la mañana y en tiempo seco.

Por lo tanto para mejorar el nivel de servicio de la Autopista Norte basados únicamente en la capacidad vial se deben tomar medidas no solamente de ampliación de carriles, sino la solución a los problemas particulares que presenta la autopista Norte.

El mejoramiento de nivel de servicio se hace partiendo de que un nivel de servicio ideal es un nivel de servicio B.

Imagen 3

Guía para la solución nivel de servicio

TIPO DE VIA	TIPO DE AREA			
	Rural plana	Rural ondulado	Rural montañosa	Urbana y suburbana
Autopista	B	B	C	C
Arteria	B	B	C	C
Colectora	C	C	D	D
Local	D	D	D	D

Nota: Guía para la solución del nivel de servicio de diseño según tipo de vía. Recuperado de INVIAS. (2008). Volúmenes vehiculares. Documentos técnicos INVIAS. INVIAS. Recuperado el 2018, de www.invias.gov.co

Como se observa en el cuadro 1 el nivel de servicio ideal para la autopista Norte está en un nivel de servicio B y en caso de tomar la autopista como suburbana por las condiciones propias de la misma, lo ideal sería un nivel de servicio C.

La variación del nivel de servicio en la autopista Norte se puede observar a continuación:

Imagen 4

Niveles de servicio Sur-Norte



Nota: Imágenes del estado de la Autopista Norte en relación a la variación del nivel de servicio. Se observa en la imagen de la izquierda un nivel de servicio E y en la imagen de la derecha un nivel de servicio D. Fotografías tomadas en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 5
Niveles de servicio sentido Norte-Sur



Nota: Imágenes del estado de la Autopista Norte en relación a la variación del nivel de servicio. Se observa en la imagen de la izquierda un nivel de servicio D y en la imagen de la derecha un nivel de servicio C. Fotografías tomadas en campo. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

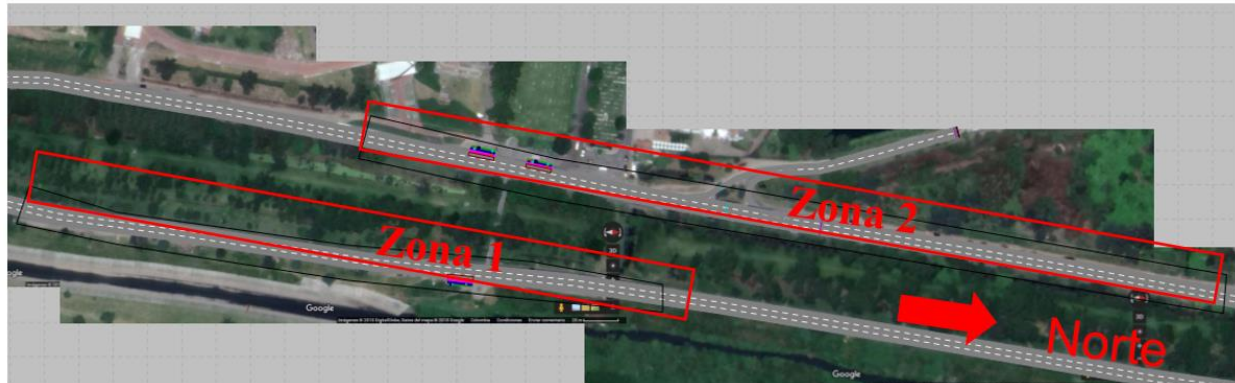
Los niveles de servicio analizados por medio de la metodología propuesta por el HCM 2000 se realizan teniendo en cuenta un estado de la infraestructura vial ideal. Sin embargo como se observa en las imágenes 4 y 5 la vía no está, en cuanto a su infraestructura, en condiciones ideales, siendo este un factor causante de la variación de los niveles de servicio en la Autopista Norte, por lo que los niveles de servicio obtenidos por la metodología HCM 2000 pueden llegar a ser aún más altos que los obtenidos originalmente.

Nivel de servicio por simulación en Vissim 9

La simulación realizada por medio de este software presenta una variación de nivel de servicio en sus resultados de Nivel de servicio D y E, siendo E el nivel de servicio más ocurrente, coincidiendo con el nivel de servicio resultante de la metodología aplicada por el Highway capacity manual 2000 que se demostró anteriormente.

Imagen 6

Zonas de análisis tramo crítico 1



Nota: Zonas de análisis de tráfico de ambas calzadas de la Autopista Norte. Imagen tomada de simulación Autopista Norte en Vissim 9 Student Version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 1

Resultados simulación tramo crítico1

Zona Análisis	QLEN	QLEN MAX	LOS (ALL)	VEHDELAY (ALL)	STOPDELAY (ALL)	STOP S (ALL)	EMISSIONS CO
1	6,73	30,47	D	25,19	4,09	1,02	820,46
2	97,94	296,64	E	39,04	5,27	1,42	1152,22

Nota: Donde **QLEN**= Es la longitud de la cola promedio en metros, cola promedio: en cada paso de tiempo, se mide la longitud de la cola actual y la media aritmética se calcula por intervalo de tiempo, **QLENMAX**= Es la longitud de la cola máxima en metros, **LOS (ALL)**= Nivel de servicio, por sus siglas en inglés (Level of service), **VEHDELAY (ALL)**= Retraso del vehículo (promedio), retraso de todos los vehículos. El retraso de un vehículo en 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. El tiempo de viaje real no incluye las paradas del transporte público, pero si tiene en cuenta la demora causada a los vehículos que vienen detrás, **STOPDELAY (ALL)**= Retraso por detención, detención de demora por vehículo en segundos sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **STOPS (ALL)**= Número de paradas de vehículos por vehículo sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **EMISSIONSCO**= Emisiones CO, Cantidad de monóxido de carbono [gramos]. Resultados de simulación tramo crítico 1 Autopista Norte realizado en vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

En la zona 1 (Sentido Sur-Norte (Bogotá-la caro)) se presenta un nivel de servicio D que representa una circulación de densidad elevada. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta nivel general de comodidad y conveniencia bajo (Mayor, 2007).

En la zona 2 (Sentido Norte-Sur (La caro-Bogotá)) se presenta un nivel de servicio E donde el funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso” (Mayor, 2007).

Imagen 7

Zonas de análisis tramo crítico 2



Nota: Zonas de análisis de tráfico de ambas calzadas de la Autopista Norte. Imagen tomada de simulación Autopista Norte en Vissim 9 Student Version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Tabla 2

Resultados simulación tramo crítico2

Zona Análisis	QLEN	QLEN MAX	LOS (ALL)	VEHDELAY (ALL)	STOPDELAY (ALL)	STOP S (ALL)	EMISSI ONS CO
1	16,89	103,83	E	43,18	7,93	1,95	1604,71
2	83,12	368,06	E	35,55	6,66	1,27	1105,30

Nota: Donde **QLEN**= Es la longitud de la cola promedio en metros, cola promedio: en cada paso de tiempo, se mide la longitud de la cola actual y la media aritmética se calcula por intervalo de tiempo, **QLENMAX**= Es la longitud de la cola máxima en metros, **LOS (ALL)**= Nivel de servicio, por sus siglas en inglés (Level of service), **VEHDELAY (ALL)**= Retraso del vehículo (promedio), retraso de todos los vehículos. El retraso de un vehículo en 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. El tiempo de viaje real no incluye las paradas del transporte público, pero si tiene en cuenta la demora causada a los vehículos que vienen detrás, **STOPDELAY (ALL)**= Retraso por detención, detención de demora por vehículo en segundos sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **STOPS (ALL)**= Número de paradas de vehículos por vehículo sin paradas en paradas de PT y en estacionamientos, **EMISSIONSCO**= Emisiones CO, Cantidad de monóxido de carbono [gramos]. Resultados de simulación tramo crítico 1 Autopista Norte realizado en vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

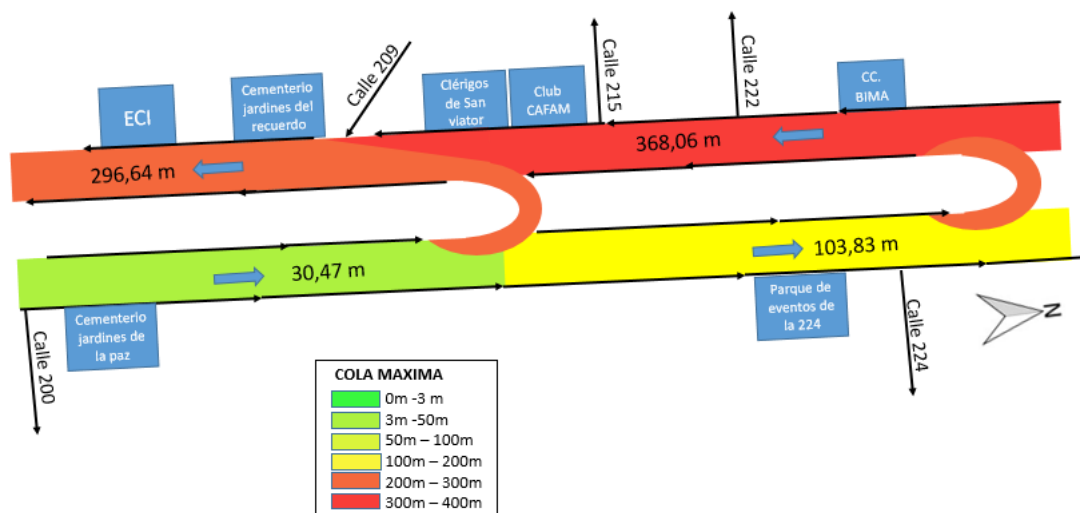
Se observa que en la zona 2 (Sentido Norte-sur (La caro-Bogotá)) el nivel de servicio se mantiene en un nivel de servicio E. Sin embargo en el zona 2 (Sentido Sur-Norte (Bogotá- La caro)) el nivel de servicio empeora, cambia de un nivel de servicio D a un nivel de servicio E, esto se debe principalmente a que el retorno a la altura del centro comercial BIMA es utilizado por todo tipo de vehículos y el cruce para tomar el mismo genera una congestión vehicular que incrementa el nivel de servicio en esta zona.

Conclusiones resultados simulación en vissim 9 (student version)

Los resultados obtenidos por medio del software Vissim 9 se realizaron en dos tramos críticos creando zonas de análisis en cada sentido de la autopista; Sentido Sur-Norte y Norte-Sur respectivamente. (Ver tablas 1 y 2).

Para una mejor interpretación de los mismos se presentan a continuación cuatro representaciones gráficas de los resultados del análisis por simulación de la Autopista Norte.

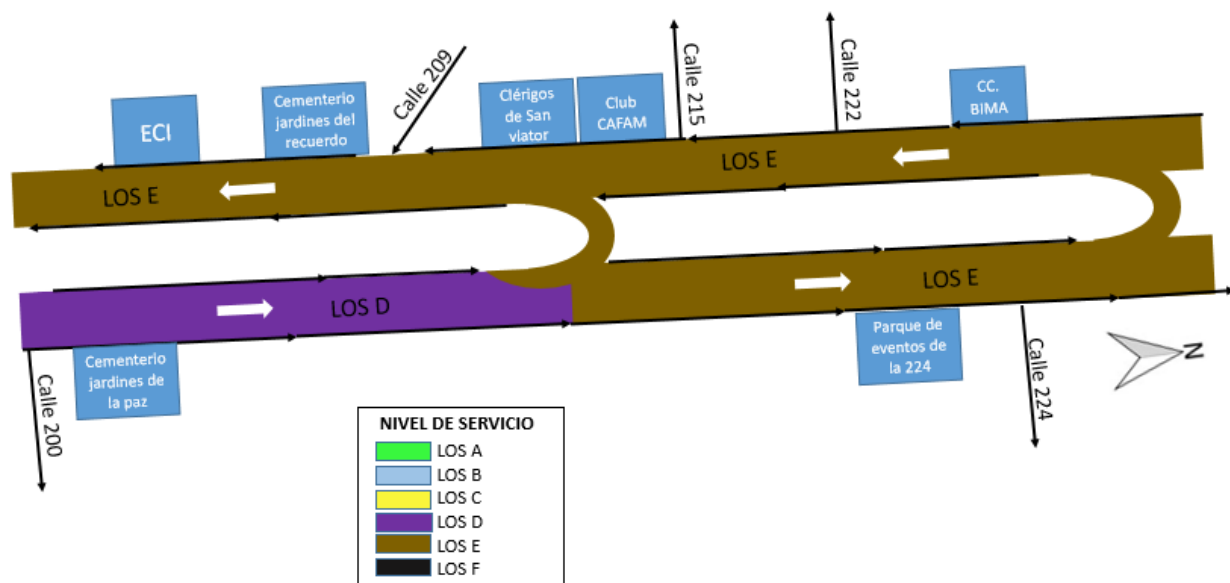
Imagen 8
Representación variación cola máxima



Nota: Representación variación cola máxima en base a resultados de simulación por medio del software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Como se puede observar en la imagen 8, la calzada occidental (Sentido Nort-Sur) presenta la mayor retención vehicular, generando colas de hasta 400 metros de largo, esas largas colas vehiculares se encuentran localizadas entre los dos retornos por ser estos los causantes de que los vehículos se atraviesen a lo ancho de la calzada para dirigirse a sus destinos de las calles 215 y 222. En la calzada oriental sin embargo la retención de vehículos se ve disminuida considerablemente por el hecho de que los vehículos que requieren tomar los retornos, la gran mayoría, circula por el carril izquierdo de alta velocidad lo que no provoca cruces a lo ancho de la calzada. Esto a excepción de los buses alimentadores que tienen que recoger pasajeros y luego tomar el retorno, el resto de pequeñas colas generadas son por causa de los paraderos sin bahía al costado derecho de la calzada oriental de la Autopista Norte.

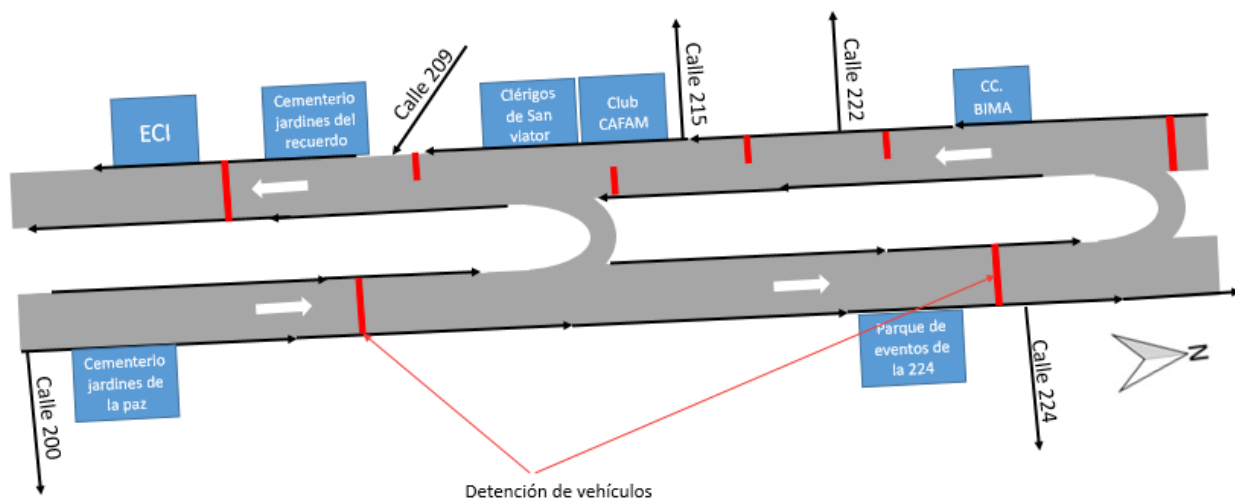
Imagen 9
Representación variación nivel de servicio



Nota: Representación variación nivel de servicio en base a resultados de simulación por medio del software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

En la imagen 9 se representa la variación de los niveles de servicio en ambas calzadas de la autopista Norte, como se nombró anteriormente, en esta simulación tampoco se tiene en cuenta las condiciones de la infraestructura vial, es decir se hizo en base a una vía ideal en cuanto a condiciones de infraestructura. Como se observa en la imagen, el tener dos retornos, para dirigir los vehículos luego a sus respectivos destinos de las calles 215 y 222, hacen que en el costado oriental (Calzada sentido Sur-Norte) disminuya de un nivel de servicio D a un nivel de servicio E y por consecuencia de ello, el costado occidental, (Calzada sentido Norte-Sur) mantenga un nivel de servicio E, variando entre E y F, según la variación del flujo vehicular. Esto sin contar con los comportamientos de los vehículos y con una infraestructura vial ideal, por lo que el nivel de servicio puede llegar a ser aún mayor.

Imagen 10
Representación detenciones de vehículos

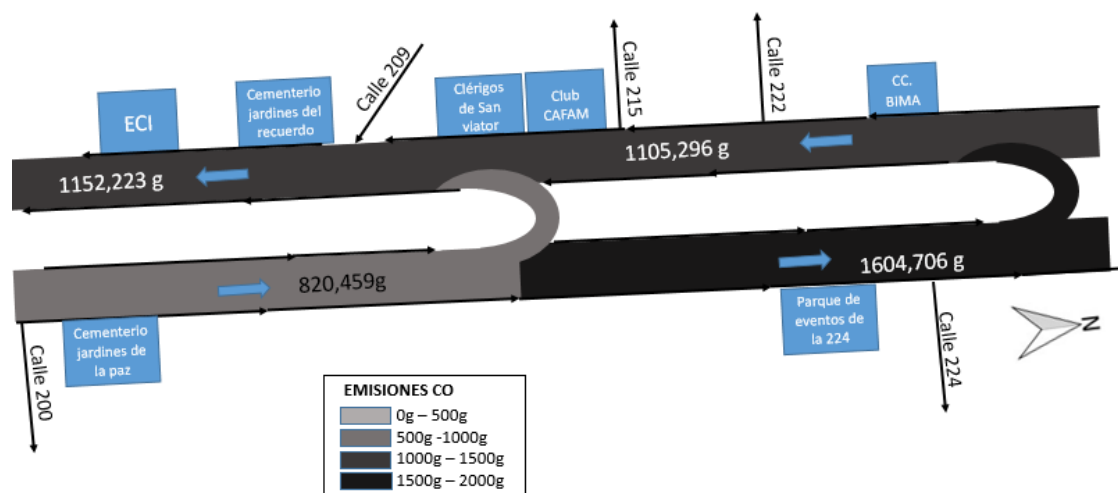


Nota: Representación detenciones de vehículos en base a resultados de simulación por medio del software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

En la imagen 10 se pueden observar los puntos críticos de detención de los vehículos, en la calzada oriental (Sentido Sur-Norte) se indican detenciones a todo lo ancho de la calzada, esto

a causa de que los vehículos son obligados a tomar el carril de alta velocidad, el carril izquierdo, si su destino es alguna calle ubicada al occidente de la vía. En el costado occidental (calzada sentido Norte-Sur) aumentan considerablemente las detenciones por el hecho de que es en este costado a donde se dirigen la mayoría de vehículos que toman los retornos, pues sus destinos son las calles 222, 215, 235 y demás zonas empresariales, educativas o administrativas que se encuentran en la zona, el acceso a estas calles, el entrecruzamiento de vehículos a lo ancho de la calzada y el dar el paso para que los vehículos de los retornos salgan, son las principales causas de estas detenciones. Cabe destacar que en esta zona de la autopista Norte, en ambas calzadas, el carril de alta velocidad no hace alusión para nada su nombre, pues no cumple la función por la cual se considera su nombre.

Imagen 11
Representación emisiones CO



Nota: Representación emisiones CO de vehículos en base a resultados de simulación por medio del software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Resaltando la imagen 11 con las emisiones de CO (Monóxido de Carbono), y relacionándola con la información anterior a las detenciones y colas vehicular, se puede observar que la mayor zona de emisión es el tramo comprendido entre la calle 209 y la calle 224 del costado

oriental de la Autopista Norte, sentido Sur-Nort. La desaceleración para tomar el carril de alta velocidad para tomar el retorno, y la aceleración de los vehículos que no se dirigen al retorno pero que superan este pequeño tramo para seguir hacia el norte, dan como consecuencia un gran foco de emisiones. En cuanto al costado oriental sentido Norte-Sur las emisiones son también altas solo que un poco menores y constantes por el hecho de que aunque se disminuye la velocidad, no se generan aceleraciones repentinas, a causa del tráfico vehicular de la zona.

Propuesta de solución a observaciones realizadas en campo

Observación de campo 1

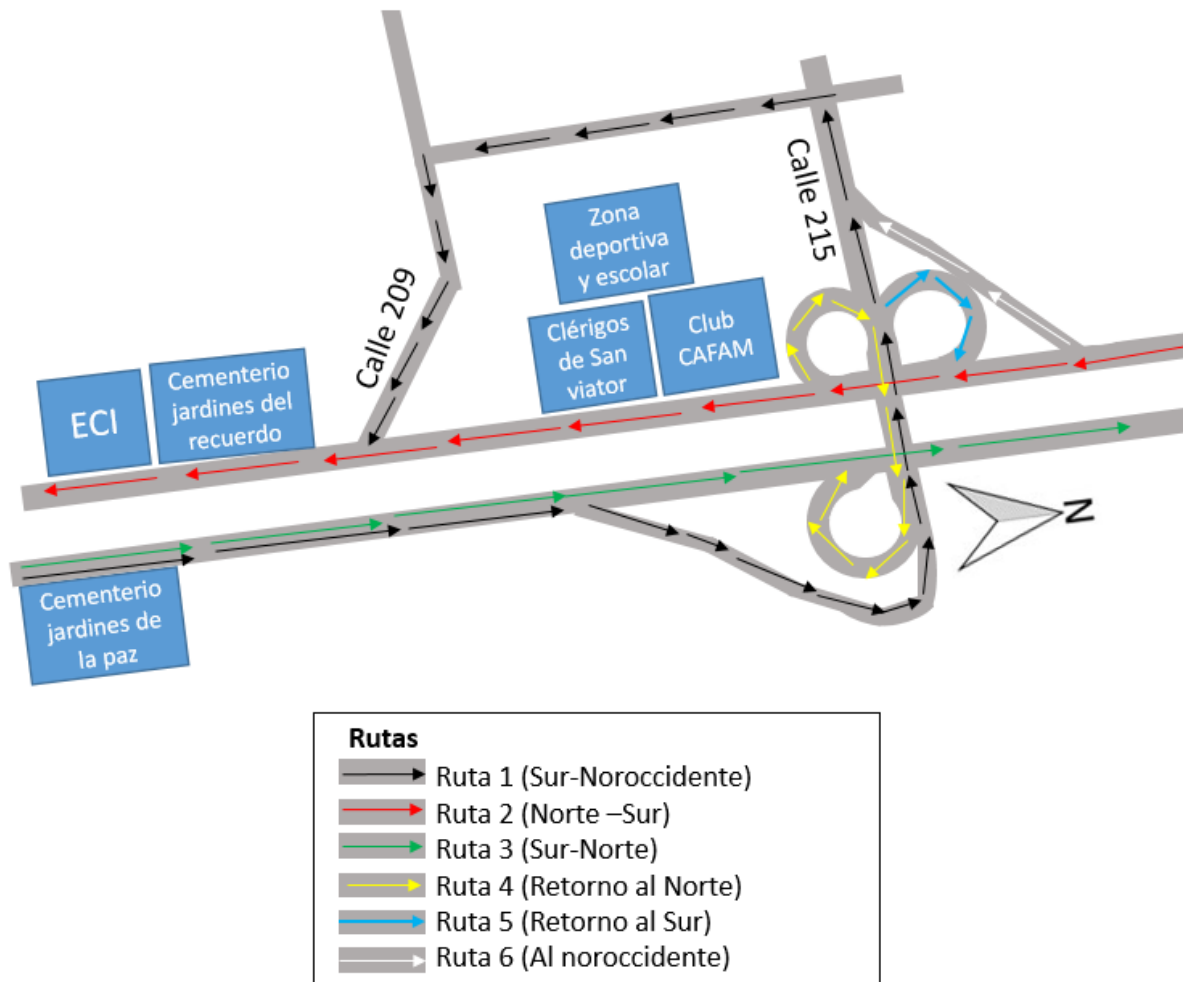
Los buses alimentadores en el sentido Sur-Norte (Calzada oriental autopista Norte) cruzan la autopista desde el paradero del costado oriental hasta llegar al retorno en el costado occidental de la calzada, generando congestión vehicular tras dicho recorrido, los buses intermunicipales también realizan maniobras similares para dejar a los pasajeros.

Solución a observación de campo 1

Es común ver el entrecruzamiento de estos vehículos en los dos retornos ubicados en la calzada de sentido sur-norte para tomar la calzada occidental del sentido Norte-sur, la principal sugerencia es retirar el retorno de la calle 215 que es el que genera más congestión vehicular y construir un paso a desnivel o elevado que cruce la autopista. Por estar ubicados estos retornos en zonas húmedas por causa de los humedales Torca y Guaymaral, se recomienda un paso elevado a la altura de la calle 215.

Imagen 12

Propuesta de solución a observación en campo 1



Nota: Propuesta de solución a observación en campo 1 que consiste en la implantación de un puente vehicular que permita un flujo ininterrumpido de vehículos que tengan como destino la zona comprendida entre la calle 215 y la calle 109. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Observación de campo 2

La falta de bahías de acceso a los paraderos, hace que los buses intermunicipales, buses SIPT y alimentadores, generen una larga fila en dichos paraderos, creando una reducción temporal de la calzada de tres a dos carriles.

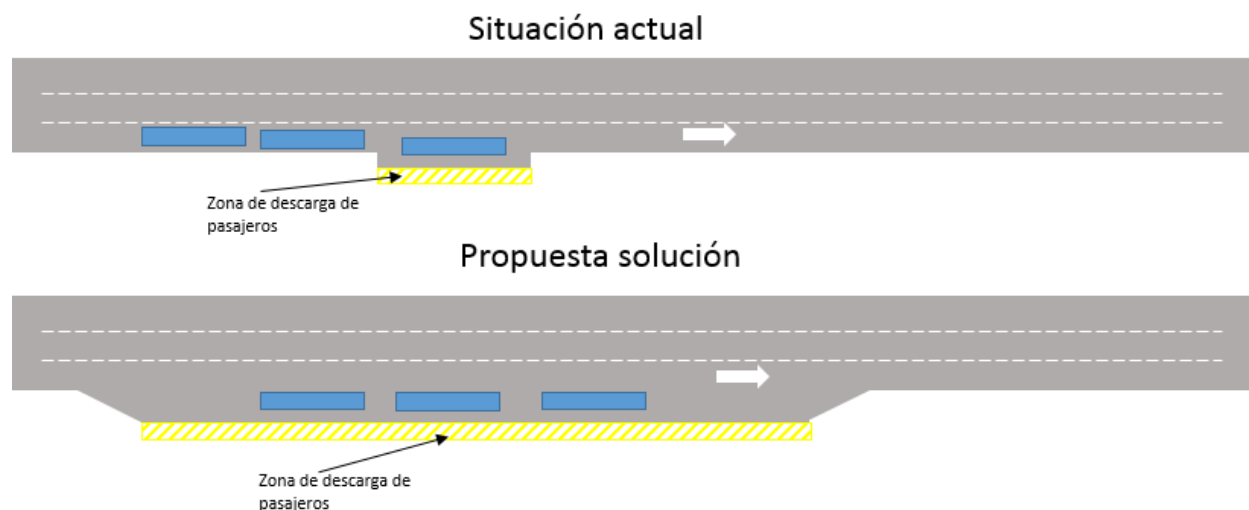
Solución a observación de campo 2

Aunque ya existen bahías de espera en los paraderos de los dos extremos del puente peatonal de la Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI), estos no son lo suficientemente amplios y generan una cola de buses de 4-5 buses máximo.

Teniendo en cuenta que el largo de un bus es aproximadamente de 10 metros en base a un bus alimentador. Por tal razón se recomienda una bahía de acceso a los paraderos de 60 metros de largo, con muescas triangulares para la transición al carril derecho de la autopista norte en ambos sentidos.

Imagen 13

Propuesta de solución a observación en campo 2



Nota: Propuesta de solución a observación en campo 2 que consiste en la ampliación de la longitud de las bahías y zonas de descarga de pasajeros en los paraderos de buses. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Observación de campo 3

Vehículos de más de 2 ejes, en el sentido Norte-Sur (Calzada occidental autopista Norte) generan oleadas de tráfico tras el paso de los mismos, por el hecho de circular en hora pico y a una velocidad más lenta que los demás vehículos, generando por cada vehículo pesado una pequeña

oleada de tráfico tras el paso de este. Esta es una de las causas que más influyen en la variación del nivel de servicio.

Solución Observación de campo 3

Para esta observación se recomienda tener un mayor control sobre la restricción de vehículos pesados en la hora pico, puesto que la presencia de los mismos genera caos y congestión vehicular.

Esto se propone por medio de controles de tráfico vehicular de la policía de tránsito en la hora pico de la mañana.

Observación de campo 4

En el costado oriental de la autopista Norte (Sentido Sur-Norte) la cantidad de grietas, hundimientos, parcheos y “arreglos mal hechos” de la vía hacen que se desestabilicen los vehículos que circulan a gran velocidad, motivo por el cual se debe reducir la velocidad considerablemente para poder superar este trayecto, generando un lento flujo vehicular en la zona.

Solución observación de campo 4

Es lógico ver que un correcto mantenimiento y prevención habría evitado esto, sin embargo, es importante aclarar que las condiciones de humedad a las cuales está sometida la autopista Norte por causa de los humedales Torca y Guaymaral son una gran dificultad para conservar el buen estado de la vía, más aún cuando hay lluvias.

Para la solución de esta observación se propone mejorar las condiciones de la vía colocando una buena base y sub base para esta, así como el cambio de la carpeta asfáltica en varios tramos.

Este cambio estructural de la vía generaría la parálisis temporal de la autopista, por lo que es un tema a considerar con más detenimiento y mayor planeación para evitar un colapso total de la Autopista Norte.

La vía en algunos tramos se encuentra por debajo del nivel del humedal, donde los límites de la vía lateralmente (cunetas y separador vial) son más elevados que la vía en sí, causando que cuando ocurran mayores precipitaciones la vía se inunde junto con el humedal en esta zona. Razón por la cual el corregir esta diferencia de nivel de la vía con respecto al nivel de los humedales es de vital importancia tanto para conservar la vía como para definir mejor una manera de proteger y conservar los humedales aquí presentes.

Como medidas inmediatas, se recomienda el mantenimiento de las cunetas, y demás canales que distribuyen el agua paralela a la autopista Norte, esto más con el objetivo de prevenir y conservar la vía temporalmente, para no dejar que las filtraciones e inundaciones deterioren la vía cada vez más rápido.

Observación en campo 5

En el costado Occidental de la autopista Norte (Sentido Norte-Sur) es común ver buses intermunicipales deteniéndose de repente a dejar pasajeros. Esta súbita detención del vehículo genera un repentino bloqueo vehicular por parte de los autos y buses que vienen detrás. Esto ocurre como se evidenció en las observaciones, por causa de que los pasajeros muchas veces no avisan a tiempo el paradero donde se van a bajar y los buses siguen en el carril de rápida velocidad cuando se quieren detener a descargar los pasajeros. Además de la congestión vehicular producida pueden generar accidentes por este tipo de maniobras innecesarias.

Solución a observación en campo 5

Una buena cultura está ausente entre los buses intermunicipales que circulan por la autopista Norte, se dejan pasajeros donde no existe un paradero oficial, y aún se puede observar esa “guerra del centavo” que se supone era algo del pasado.

Un buen control de estos actos por parte de las autoridades de tránsito permitiría evitar que se presenten estos problemas que en cierta manera afectan la movilidad en la autopista Norte. Es cierto que muchas veces los pasajeros distraídos avisan tarde la parada, por lo que se recomienda que se tomen medidas para que los buses intermunicipales no tomen el carril de alta velocidad y así poder evitar esto. Además si estos buses cuentan con ayudantes para que guíen y colaboren en el servicio no debería de pasar esto, esto cuando los ayudantes son permitidos, puesto que en muchos casos los ayudantes de los buses no tienen un sueldo legal (SMLV más prestaciones) y no están afiliados a la empresa de transporte directamente, por lo que surge allí otro punto a analizar en cuanto a los buses intermunicipales.

Observación en campo 6

Se observa en ambos sentidos de la vía el flujo de ciclistas por medio de la autopista, ocupando prácticamente un carril para ellos solos y sumado a la baja velocidad con la que circulan generan un lento flujo vehicular en el carril por el que el ciclista está circulando. Esto por la ausencia de ciclovías en la zona.

Solución a observación en campo 6

La solución a este inconveniente consiste en crear una ciclovía segura y de buena calidad en el costado occidental de la autopista Norte, esta con un sendero peatonal paralelo al mismo garantizará la seguridad de los ciclistas y peatones.

Se recomienda en esta calzada (Sentido Norte-Sur) por el hecho de que es la zona donde más edificaciones comerciales y estudiantiles se encuentran por lo que el control y seguridad del mismo sería mucho más fácil de realizar, que si se hace en el costado oriental donde existe una zona muy desolada e insegura, a causa de los lotes, potreros y caños que allí se encuentran.

Observación en campo 7

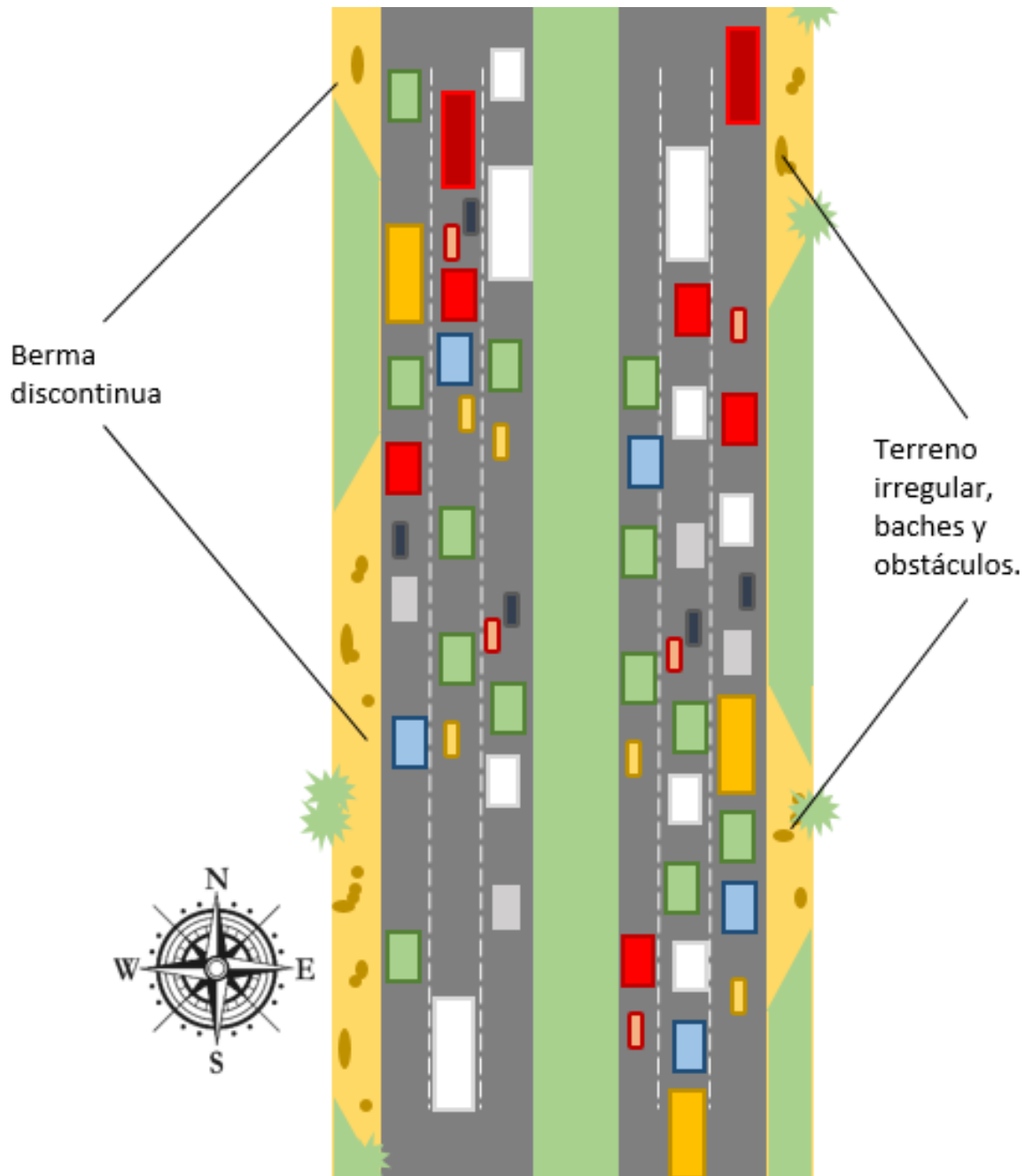
Las “bermas” que no resultan ser más que espacios de vía destapada al costado de la autopista Norte no presentan una continuidad y firmeza adecuada para un apoyo a la circulación del flujo vehicular. Tienen enormes baches, y solo sirve cuando los motociclistas quieren adelantar por la derecha algún trancón (esto a su propio riesgo y cuando no ha llovido, teniendo en cuenta que estas maniobras no están permitidas por el código de tránsito). Este daño se observa por el parqueo de buses, camiones y en algunas zonas de vehículos que esperan que pase el pico y placa para poder ingresar a la ciudad. Cuando llueve es imposible circular por allí y en caso de emergencia no es posible dirigirse a estas zonas, ya sea porque están ocupadas o por la profundidad de los baches.

Solución observación en campo 7

La mejora de los terrenos exclusivos para la creación de bermas (Nivelación, obras de drenaje y pavimentación) al costado lateral de la Autopista Norte que permitan establecer bermas adecuadas para el correcto funcionamiento de la autopista es la principal solución. Sin embargo el problema no acaba aquí, es visto que en horas de la noche y la mañana en estas zonas provisionales que se toman como bermas actualmente son utilizadas por los vehículos que esperan que el pico y placa se cumpla en tiempo para ingresar a la ciudad, razón por la cual el control y vigilancia de

estas zonas suponen un punto fuerte a ser tratado, puesto que no solo es la mejora de la infraestructura vial sino del control y mantenimiento de la misma.

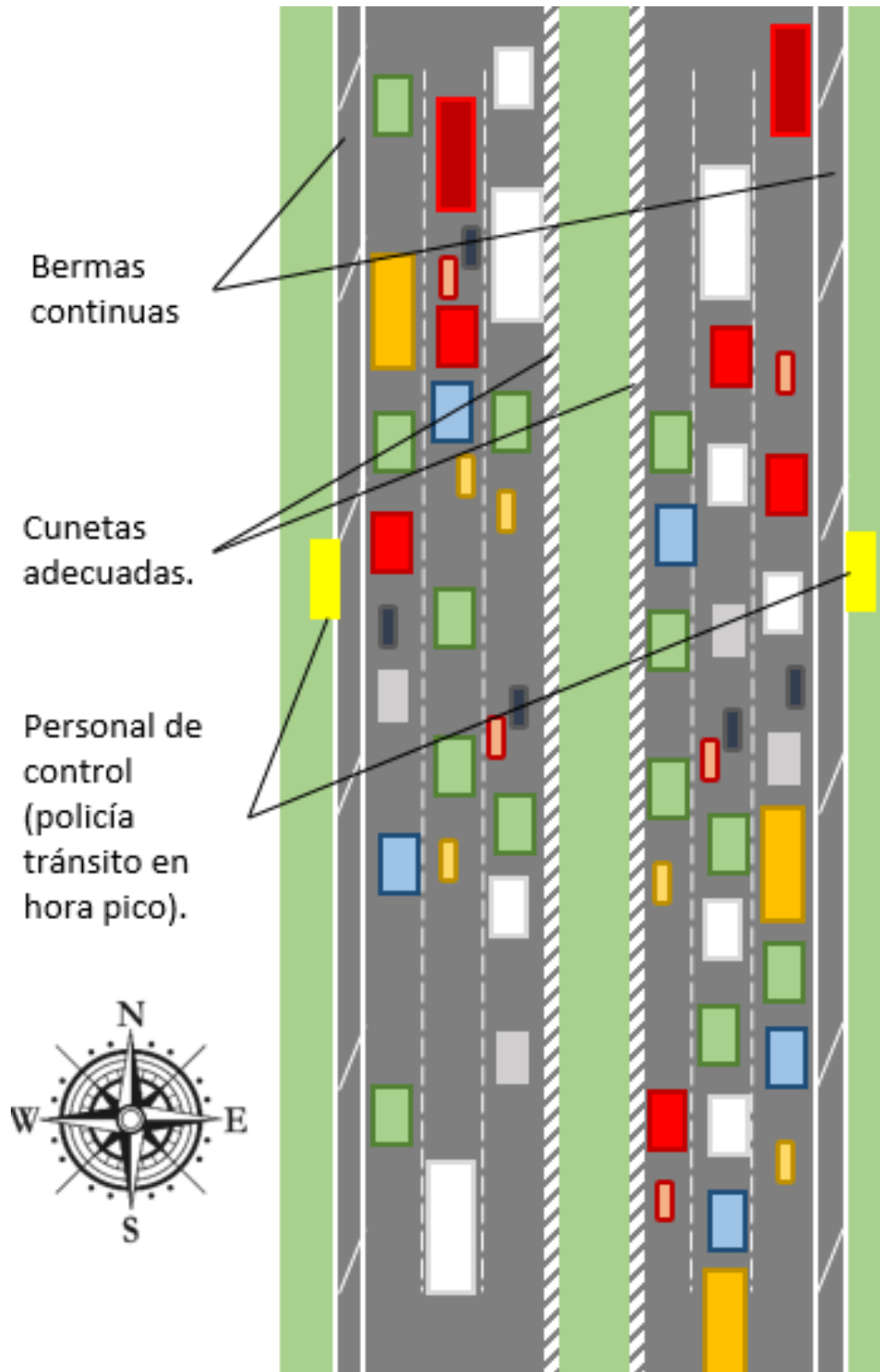
Imagen 14
Estado actual bermas Autopista Norte



Nota: Representación gráfica de la observación en campo 7, del estado de las “bermas” y sus condiciones actuales. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 15

Propuesta de solución a observación en campo 7



Nota: Representación gráfica de la propuesta a la observación en campo 7, que consiste en la implantación de bermas adecuadas, cunetas adecuadas y puestos de control de tráfico. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Puestos de control de tráfico temporales: Se recomiendan puestos de policía de tránsito que controlen principalmente dos aspectos en la vía con berma propuesta.

En primer lugar el control sobre la circulación de la berma para ciclistas (en caso de no existir aún la ciclovia) y emergencias, así como detenciones temporales de los vehículos, además de la posibilidad de circulación de ambulancias en casos de emergencias. Prohibiendo el paso de vehículos y motocicletas que pretendan tomar la berma como un carril adicional.

En segundo lugar, el control de los buses intermunicipales y sus paradas, puesto que actualmente la mala cultura de estos genera demasiado tráfico y congestión vehicular por sus detenciones a causa de la descarga de pasajeros en cualquier lugar, razón por la cual el establecer paraderos definidos para estos buses intermunicipales sería adecuado.

Las multas y sanciones serían parte del control de tráfico en casetas temporales instaladas por la policía de tránsito para aquellos vehículos que no cumplan con lo establecido.

Propuestas adicionales

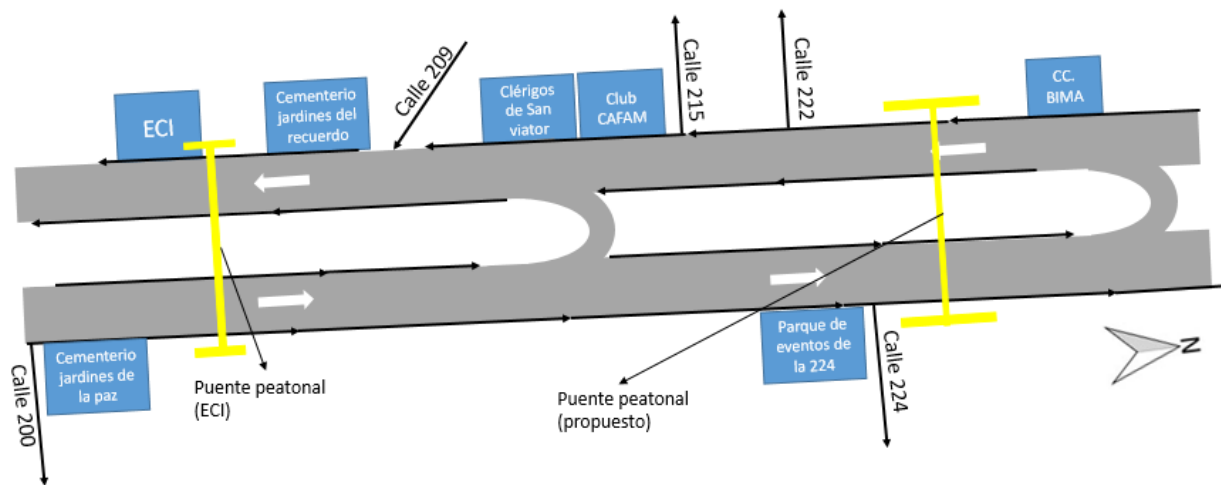
Instalación puente peatonal entre la calle 224 y el centro comercial BIMA:

Se recomienda esta infraestructura por la importancia que ha adquirido el centro comercial BIMA actualmente no solo como centro de ocio y entretenimiento, sino como administrativo. El cruce de las personas que se dirigen desde la ciudad a este punto se hace atravesándose a lo ancho de la autopista Norte, poniendo en riesgo la vida de los intrépidos peatones que realizan este cruce.

Por ser un punto importante, es común ver estos cruces a diario, puesto que muchas personas trabajan en la zona y/o realizan encomiendas administrativas aquí

Se recomienda además en este punto porque al realizar eventos en el parque de la calle 224, se genera una congestión tanto vehicular como peatonal a la salida de los eventos, por lo que la infraestructura del puente peatonal sería de gran utilidad en ambos costados de la Autopista Norte.

Imagen 16
Propuesta puente peatonal



Nota: Representación gráfica de la propuesta de la instauración de un puente peatonal a la altura de la calle 224 de la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Re direccionamiento del tráfico por la avenida Boyacá y ampliación de la calle 183

La forma como se distribuye el flujo vehicular actualmente sobre la autopista Norte recarga considerablemente la calle 170 y la autopista Norte desde este punto hacia el Norte.

Se propone en vista de esto re direccionar parte del tráfico para quitar una carga considerable de flujo a la autopista.

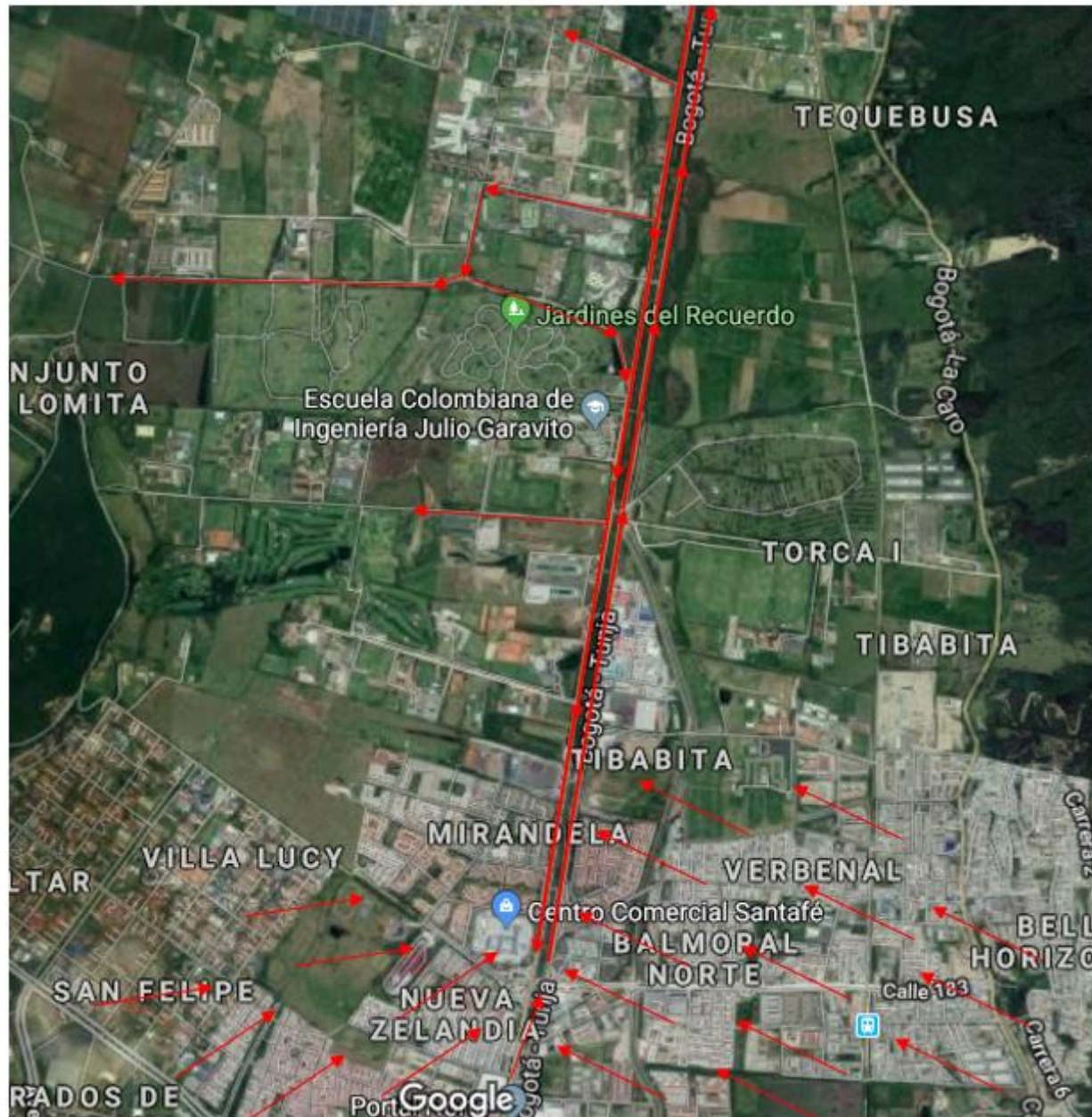
El flujo de vehículos que se dirigen hacia el Norte convergen en la autopista norte de tres puntos importantes, el occidente de la ciudad por la calle 170, y de las calles que existen a lo largo de la calle 194 hasta la calle 170 del costado oriental, así como los vehículos que se dirigen del sur por toda la longitud de la autopista.

Estos tres puntos nutren la autopista Norte de un gran volumen vehicular que se dirige hasta el retorno que está ubicado a la altura de la calle 234 donde se devuelven y distribuyen en sus respectivos destinos de las zonas de las calles 219, 209, 200 y demás zonas escolares, residenciales, comerciales y empresariales ubicadas en el costado occidental de la Autopista Norte.

En la propuesta para la solución de este confinamiento de vehículos por una sola vía se destaca el eliminar un gran peso de tráfico vehicular como lo es el que viene del sur occidente de la capital por la calle 170, dirigiendo este tránsito en un flujo que continúe de la avenida Boyacá con sentido Sur al norte por la misma vía, así mismo como el aprovechamiento del actual puente de la calle 183 como descongestionamiento de la Autopista Norte, puesto que este puente es utilizado actualmente por los visitantes del centro comercial Santa Fe, y no se está aprovechando al máximo esta infraestructura.

Imagen 17

Estado actual del flujo vehicular Autopista Norte



Nota: Estado actual del flujo vehicular de la autopista Norte. Imagen tomada y editada a partir de google maps (<https://www.google.com/maps/@4.7746308,-74.043754,5942m/data=!3m1!1e3>). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 18

Propuesta solución flujo vehicular Autopista Norte



Nota: Propuesta de solución a congestión vehicular con una redirección del flujo vehicular de la autopista Norte. Imagen tomada y editada a partir de google maps (<https://www.google.com/maps/@4.7746308,-74.043754,5942m/data=!3m1!1e3>). Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Carril adicional en ambas calzadas de la Autopista Norte

A continuación se analizan algunos efectos que esta propuesta puede tener en cuanto a la posibilidad de mejorar el nivel de servicio y el flujo vehicular.

Por metodología nivel de servicio HCM 2000

Al adicionar un carril en ambos sentidos, tomando el máximo volumen de tráfico y teniendo en cuenta condiciones de pavimento ideales y un buen comportamiento de parte de los buses intermunicipales, se obtiene un nivel de servicio D. Se reduce el nivel de servicio en una mínima parte.

Imagen 19

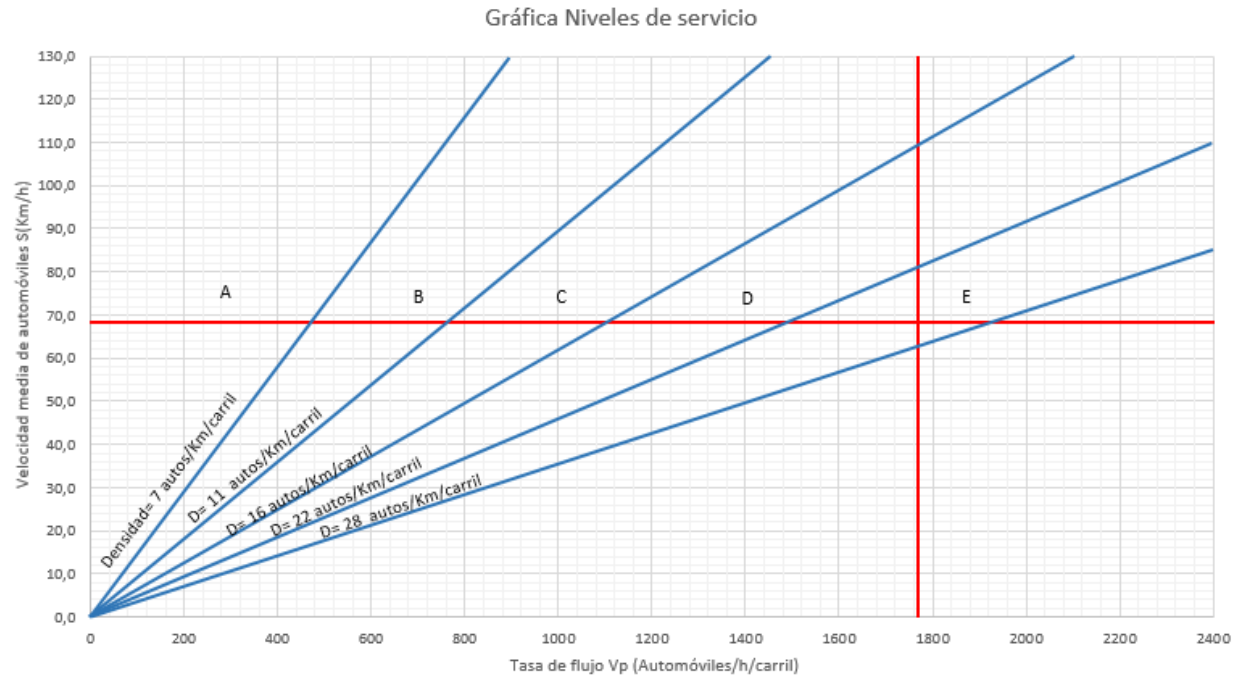
Datos de entrada para tres carriles (estado actual)

Número de carriles	6	3	por sentido
Ancho carriles	3,3	m	
Distancia obstrucciones al borde derecho de la calzada	0,0	m	
Terreno plano	Si		
Velocidad flujo libre base	80	Km/h	
Volumen horario máxima demanda	4708	mixtos/hora/sentido	
Volumen máximo durante 15 minutos	1206		
Intercambiador por km	<=0,3		
Composición Vehicular	Camiones	7	%
	Autobuses	13	%
	Livianos	80	%
	CORRECTO	100	%

Nota: Datos de entrada para el cálculo del nivel de servicio por medio de la metodología propuesta por el HCM 2000, para tres carriles por calzada en la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 20

Gráfica nivel de servicio para 3 carriles



Nota: Gráfica que ubica resultado de nivel de servicio para unos datos de entrada para 3 carriles por calzada en la Autopista Norte, realizado por metodología propuesta del HCM 2000. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 21

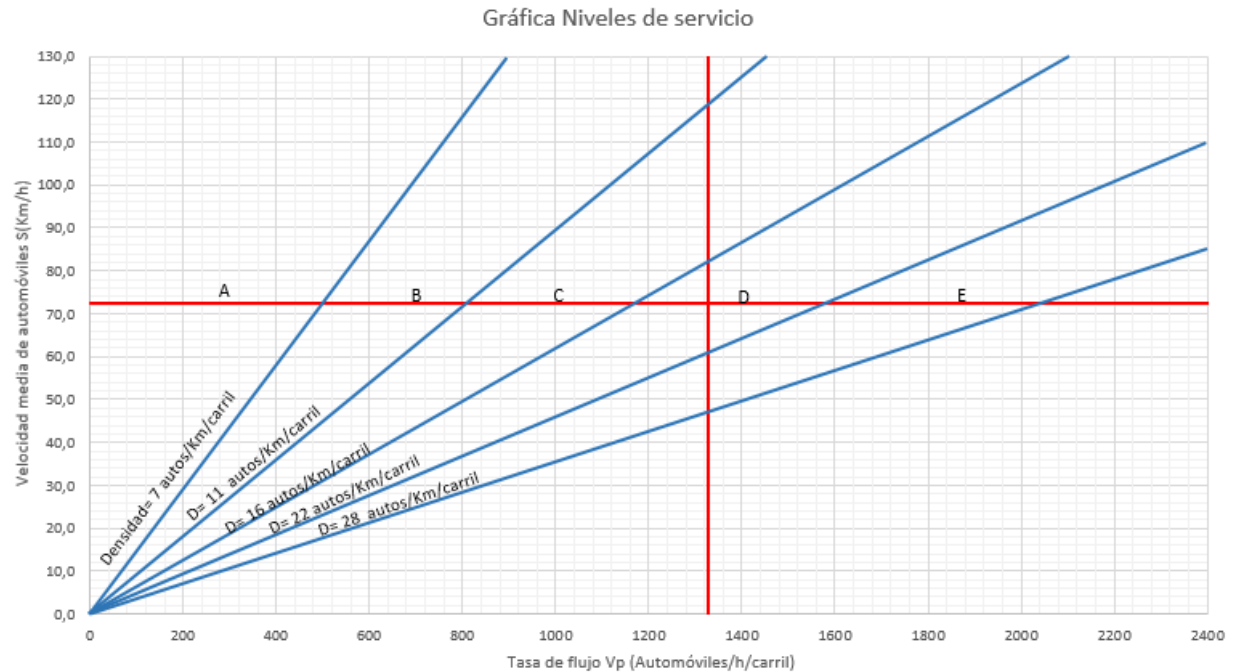
Datos de entrada para cuatro carriles (propuesta)

Número de carriles	8	4	por sentido
Ancho carriles	3,3	m	
Distancia obstrucciones al borde derecho de la calzada	0,0	m	
Terreno plano	Si		
Velocidad flujo libre base	80	Km/h	
Volumen horario máxima demanda	4708	mixtos/hora/s entido	
Volumen máximo durante 15 minutos	1206		
Intercambiador por km	<=0,3		
Composición Vehicular	Camiones	7 %	
	Autobuses	13 %	
	Livianos	80 %	
	CORRECTO	100 %	

Nota: Datos de entrada para el cálculo del nivel de servicio por medio de la metodología propuesta por el HCM 2000, para cuatro carriles por calzada en la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 22

Gráfica nivel de servicio para 4 carriles



Nota: Gráfica que ubica resultado de nivel de servicio para unos datos de entrada para 4 carriles por calzada en la Autopista Norte, realizado por metodología propuesta del HCM 2000. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Por simulación en vissim 9

Por medio de la ampliación a cuatro carriles de la autopista Norte en ambos sentidos, el nivel de servicio varía significativamente en la calzada oriental sentido Sur-Norte, como se concluye del análisis en la simulación por medio de vissim 9.

Cabe recordar que para realizar la simulación fue necesario dividir en dos el tramo de estudio, el primer tramo en un punto crítico 1; que va desde la Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI) hasta el primer retorno al norte en la calle 215, y el segundo tramo en un punto crítico 2 desde la calle 215 hasta el segundo retorno adelante del centro comercial BIMA.

Se procedió a comprar los resultados de la simulación en cuanto a la cola máxima, nivel de servicio (LOS por sus siglas en inglés Level of Service) y detenciones de los vehículos en las dos calzadas, obteniendo los siguientes resultados:

Imagen 23

Comparación de resultados del análisis tramo crítico 1

Punto Crítico 1		TRES CARRILES		
		Qlen Max	LOS	Stops
	Sentido Sur-Norte	90,63 m	LOS D	1
	Sentido Norte-Sur	317,62 m	LOS E	2
		CUATRO CARRILES		
		Qlen Max	LOS	Stops
	Sentido Sur-Norte	19,69 m	LOS A	0
	Sentido Norte-Sur	155,84 m	LOS F	4

Nota: Comparación resultados del análisis de simulación en vissim 9 student version de la adición de un carril a la autopista Norte en el tramo crítico 1. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 24

Comparación de resultados del análisis tramo crítico 2

Punto Crítico 2		TRES CARRILES		
		Qlen Max	LOS	Stops
	Sentido Sur-Norte	103,83 m	LOS E	2
	Sentido Norte-Sur	368,06 m	LOS E	1
		CUATRO CARRILES		
		Qlen Max	LOS	Stops
	Sentido Sur-Norte	76,76 m	LOS D	1
	Sentido Norte-Sur	402,76 m	LOS E	2

Nota: Comparación resultados del análisis de simulación en vissim 9 student version de la adición de un carril a la autopista Norte en el tramo crítico 2. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Como se observa en la comparación de los resultados de la simulación de una ampliación de la autopista Norte a 4 carriles por calzada se destaca el cambio drástico que se genera en el costado oriental de la calzada de la autopista (Sentido Sur-Norte) dónde la longitud de la cola máxima disminuye y el nivel de servicio pasa de un nivel de servicio D y E a un nivel de servicio A, además de no presentar ninguna detención de vehículos. Esto se debe a que la mayoría de las colas que se generan son a causa de los buses en el paradero ubicado a la altura de la Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI), y al agregar otro carril se toma un carril como una bahía adicional para los buses, por lo que no se reduce la calzada a 2 carriles sino a 3, donde se reduce la congestión vehicular considerablemente.

En la calzada occidental de la autopista (Sentido Norte-Sur), sin embargo el cambio no es para bien, por el contrario, se puede concluir que la adición de un nuevo carril empeoraría el nivel de servicio pasando de un nivel de servicio E a un nivel de servicio F, y generando hasta el doble de detenciones vehiculares. Esto se puede concluir de los resultados de la simulación por el hecho de que al seguir teniendo un retorno como vía de acceso a la calle 215, es necesario todavía que se crucen los vehículos a lo ancho de la autopista en la calzada occidental para llegar a su destino de la calle 215, y al agregar otro carril lo que se hace es aumentar la distancia de recorrido y cruce, es decir lo que se hace es que el cruce a lo ancho de la calzada sea más largo y por lo tanto genere más colas y más detenciones, empeorando así el nivel de servicio en esta calzada.

De este pequeño análisis de la posibilidad de la ampliación de un carril se puede concluir que aunque es beneficioso para la calzada oriental, es perjudicial para la calzada occidental mientras siga existiendo el retorno tal y como existe actualmente. Es necesario solucionar el cruce del retorno hacia la calle 215 si se quiere mejorar el flujo vehicular en la calzada occidental de la vía.

Propuesta puente vehicular a la altura de la calle 215

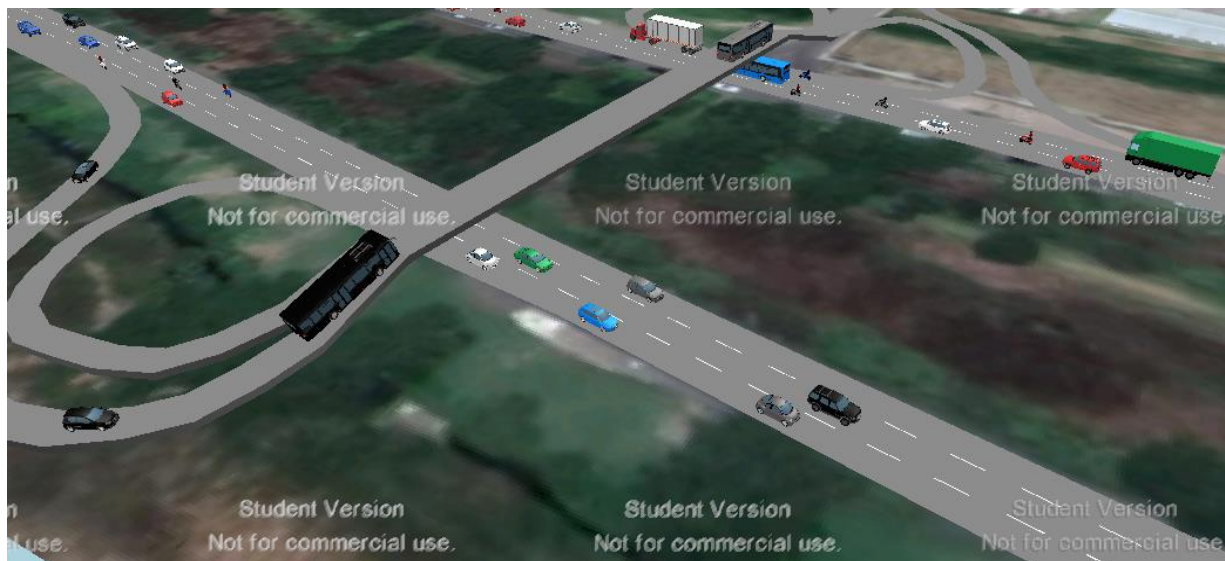
Se realiza la propuesta de un puente vehicular a la altura de la calle 215 que cruce lo ancho de la autopista. Realizando la simulación de la propuesta en vissim 9, se obtienen los siguientes resultados, en cuanto al nivel de servicio y detenciones vehiculares:

Imagen 25
Simulación puente vehicular calle 215



Nota: Simulación puente vehicular propuesto a la altura de la calle 215 en la Autopista Norte, imagen tomada de la simulación realizada en el software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Imagen 26
Simulación puente vehicular calle 215



Nota: Simulación puente vehicular propuesto a la altura de la calle 215 en la Autopista Norte, imagen tomada de la simulación realizada en el software vissim 9 student version. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Este puente se realizó en el punto crítico 2, como se puede observar busca eliminar el uso del retorno ubicado a la altura del centro comercial BIMA como cruce hacia la calle 215, realizando el cruce por medio del puente vehicular propuesto.

Los resultados de la simulación y la comparación con el estado actual se puede observar en el siguiente cuadro:

Imagen 27

Comparación de resultados del análisis puente vehicular

Punto Crítico 2		Sin puente vehicular		
		Qlen Max	LOS	Stops
	Sentido Sur-Norte	103,83 m	LOS E	2
	Sentido Norte-Sur	368,06 m	LOS E	1
		Con puente vehicular		
		Qlen Max	LOS	Stops
	Sentido Sur-Norte	156 m	LOS D	1
	Sentido Norte-Sur	0	LOS A	0

Nota: Comparación resultados del análisis de simulación en vissim 9 student version de la instauración de un puente vehicular a la altura de la calle 215 en la Autopista Norte. Cifuentes Romero, C.D. (2018).

Se observa, que en ambas calzadas de la vía (Sentido Norte-Sur y Sentido Sur-Norte) se mejora el nivel de servicio y se disminuyen las detenciones de los vehículos.

En el sentido Norte-Sur (Calzada occidental de la autopista Norte) el cambio del nivel de servicio es drástico, pues este mejora al nivel de servicio A después de estar en un nivel de servicio E. Esto se debe a que los carriles de alta velocidad y media velocidad no son interrumpidos por los vehículos que se cruzan lo ancho de la vía desde el retorno, manteniendo y respetando así los carriles con su velocidad como debe ser. La cola de vehículos formada por el cruzamiento de vehículos desaparece totalmente y disminuyen a cero la cantidad de paradas que realizan los vehículos.

En cuanto al sentido Sur-Norte (Calzada oriental de la autopista Norte) existe una leve mejora en el nivel de servicio al pasar de un nivel de servicio E a un nivel de servicio D, al igual que la disminución de detenciones vehiculares. La disminución del nivel de servicio puede ser mayor y así reducir las colas que se forman por la congestión vehicular. Esto se puede lograr si se respeta y establecen controles sobre los carriles de alta, media y baja velocidad. Haciendo así que los carriles de baja velocidad sean tomados por los buses escolares y vehículos que se dirigen a la calle 215 por el puente vehicular propuesto.

Conclusiones generales

Se puede resaltar en cuanto a las dos propuestas simuladas; la ampliación de la autopista de ambas calzadas en un carril adicional, y el establecimiento de un puente vehicular, que la que más influye positivamente es la construcción de un puente vehicular a la altura de la calle 215.

Aunque la capacidad vial según el análisis del nivel de servicio realizado por la metodología del HCM 2000 indica que está llegando al límite, esto no sucede únicamente por el volumen de tránsito y el crecimiento del mismo. Esto sucede como se ha indicado en las observaciones de los problemas del tráfico vehicular, por factores particulares y propios de la vía, que deberían ser tratados como tal, individualmente, uno por uno, para que en conjunto mejoren la calidad del servicio en la Autopista Norte.

Se nombran por lo tanto los siguientes factores particulares a ser tratados, estos como los que se pueden solucionar a corto plazo:

- 1- Cultura ciudadana, el comportamiento de los vehículos influye en gran medida en la generación de congestión vehicular. La tolerancia a los ciclistas, peatones, y motociclistas de parte de los conductores particulares.

- El establecimiento de un control y formalización de paraderos a lo largo de la autopista Norte para los buses intermunicipales, quien por los videos captados influyen enormemente en la congestión vehicular, circulando además por el carril rápido cuando tienen cerca paraderos en los cuales se van a detener.
- 2- La construcción de una ciclovía a lo largo de la calzada occidental de la autopista para evitar que los ciclistas circulen por los carriles destinados a vehículos.
 - 3- El establecimiento de un puente peatonal a la altura de la calle 224 que comunique esta calle con el centro comercial BIMA y evite que los peatones sigan arriesgando su vida cruzando la autopista Norte.
 - 4- Es necesario un estricto control del flujo de vehículos de carga pesada en la hora pico de la mañana, puesto que la baja velocidad, el tamaño y carga que traen estos, generan disminución de velocidad en carriles donde se puede establecer un mejor flujo si estos no circularan a estas horas.
 - 5- El mantenimiento y mejoramiento de la vía; cunetas, pavimento y bermas. Puesto que el deterioro y mal estado de la vía en cuanto a infraestructura vial se refiere, genera la reducción de velocidad de los vehículos que por allí circulan.
 - 6- La implantación de bahías adecuadas (50-60m) de longitud a la altura de la Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI) que tengan espacio para la descarga de pasajeros y no obstaculicen la vía, permitiría evitar la reducción de calzada generada por la detención de buses intermunicipales, SITP's e intermunicipales en los paraderos que actualmente se encuentran allí.

Como soluciones a largo plazo, y que afectarían en gran medida la calidad de la circulación en la Autopista Norte:

- 1- Construcción de un puente vehicular a la altura de la calle 215, eliminando los dos retornos de Sur a Norte que se encuentran en la autopista Norte y que influyen drásticamente en la congestión vehicular que se presenta a diario en la hora pico de la mañana.
- 2- Aplicación de nuevas rutas para llegar a las zonas escolares y comerciales de la zona, por medio de vías alternas como la propuesta por la av. Boyacá y la ampliación de la calle 183 hacia el occidente.
- 3- Ampliación de la vía de tres a cuatro carriles. Esto siempre y cuando se puedan eliminar los retornos nombrados anteriormente, puesto que como se comprobó en la simulación la ampliación en la calzada occidental puede empeorar la calidad del nivel de servicio y flujo vehicular si no se eliminan los retornos.

Al solucionar los problemas particulares se puede cambiar y mejorar significativamente el nivel de servicio y calidad en el flujo de la autopista Norte, por lo que es importante destacar que las condiciones particulares de la vía son las que definen las condiciones de la misma y no solamente la capacidad de esta.

El comportamiento humano no es previsible como se pudo observar en el desarrollo de este proyecto, la cultura ciudadana de conductores, peatones y ciclistas, así como la forma en que los buses intermunicipales y conductores de vehículos de carga pesada se comportan y actúan son la principal causa de que la autopista Norte tenga un bajo nivel de servicio.

Estos comportamientos fueron analizados como observaciones particulares de la vía y al depender del comportamiento humano y actuación del ciudadano en la vía, no se pueden

categorizar cuantitativamente para resolver cual observación influye más en el nivel de servicio de la Autopista Norte.

Al contrario, son observaciones subjetivas que solo resolviéndolas una a una y volviendo a medir el nivel de servicio se podría conocer la influencia de estas individualmente en cuanto al nivel de servicio y afectación de la vía.

Referencias

- INVIAS. (2008). Volúmenes vehiculares. *Documentos técnicos INVIAS*. INVIAS. Recuperado el 2018, de www.invias.gov.co
- Mayor, C. y. (2007). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: Alfaomega.
- Sciences, N. A. (2000). Highway Capacity Manual: Transportation research board. *Highway capacity manual 2000*. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

Bibliografía

- ACCENORTE. (Febrero de 2016). Volumen de tránsito y transporte. *Volumen de tránsito y transporte ANI promesa de sociedad futura APP*. ANI.
- ACCENORTE. (15 de Mayo de 2018). www.accenorte.com. Obtenido de www.accenorte.com: <http://www.accenorte.com/proyecto.php>
- ANI. (2018). Información volumen vehicular Peaje Andes. Bogotá, Colombia: ANI.
- Berardo, M. G. (2014). Manual de diseño geométrico vial. Buenos Aires, Argentina: Editorial Brujas.

Bluradio. (23 de Marzo de 2017). *www.bluradio.com*. Obtenido de *www.bluradio.com*:

<https://www.bluradio.com/bogota/estereo-picnic-diversion-o-dolor-de-cabeza-135203>

Cortés Díaz, M. E. (2006). La anexión de los 6 municipios vecinos a Bogotá en 1954. Bogotá,

Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de

[https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-](https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT33A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20municipios%2)

[IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a](https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT33A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20municipios%2)

[+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT3](https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT33A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20municipios%2)

[3A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20mu](https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT33A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20municipios%2)

[nicipios%2](https://books.google.com.co/books?id=Ek8FT3l-IQYC&printsec=frontcover&dq=La+anexi%C3%B3n+de+los+6+municipios+vecinos+a+Bogot%C3%A1+en+1954&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigi6zUkLLgAhXM1lkKHT33A74Q6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20anexi%C3%B3n%20de%20los%20municipios%2)

Distrital, M. (22 de Marzo de 2018). *www.bogota.gov.com*. Obtenido de *www.bogota.gov.com*:

[http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/conozca-como-movilizarse-al-](http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/conozca-como-movilizarse-al-festival-estereo-picnic-2018)

[festival-estereo-picnic-2018](http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/conozca-como-movilizarse-al-festival-estereo-picnic-2018)

Distrital, S. E. (2017). Instituciones Educativas. Bogotá D.C., Colombia: Secretaria de

Educación Distrital.

García, T. (s.f.). <https://es.slideshare.net>. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de Capacidad y

niveles de servicio: <https://es.slideshare.net/thayragarcia/capacidad-y-niveles-de-servicio>

GROUP, P. (2018). Vissim 9. PTV GROUP. Recuperado el 2018, de [http://vision-](http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/pfv-vissim)

[traffic.ptvgroup.com/es/productos/pfv-vissim](http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/pfv-vissim)

INVIAS. (2008). Volúmenes vehiculares. *Documentos técnicos INVIAS*. INVIAS. Recuperado el

2018, de www.invias.gov.co

Lazo, L., & Sánchez, A. (1981). Una fisionomía de la ingeniería de tránsito. *Una fisionomía de*

la ingeniería de tránsito. México D.F., México: Librero-Editor.

Mayor, C. y. (2007). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones* . México D.F.: Alfaomega.

Movilidad, S. D. (2016). Encuesta Movilidad 2015. *Encuesta Movilidad 2015*. Bogotá D.C., Colombia: Secretaría Distrital de Movilidad.

Movilidad, S. d. (2017). Movilidad en cifras 2016. *Movilidad en cifras 2016*. Bogotá D.C., Colombia: Secretaría dsitrital de movilidad.

Sciences, N. A. (2000). Higway Capacity Manual: Transportation research board. *Highway capacity manual 2000*. Washington D.C., United States of America: Transportation research board publications.

SEMANA, R. (6 de Marzo de 2017). *www.semana.com*. Obtenido de *www.semana.com*:
<https://www.semana.com/nacion/articulo/informe-especial-movilidad-entradas-y-salidas-de-bogota/527314>

TIEMPO, E. (7 de Junio de 2015). *www.el tiempo.com*. Obtenido de *www.el tiempo.com*:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15912303>