

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRÁNSITO DEL CORREDOR
VIAL DE LA AUTOPISTA DESDE CAÑAVERAL HASTA EL PUENTE DE
PROVENZA UTILIZANDO EL PROGRAMA VISSIM

RENZO MAURICIO ARIAS GRANADOS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRÁNSITO DEL CORREDOR
VIAL DE LA AUTOPISTA DESDE CAÑAVERAL HASTA EL PUENTE DE
PROVENZA UTILIZANDO EL PROGRAMA VISSIM

RENZO MAURICIO ARIAS GRANADOS

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTORA DEL PROYECTO

ESP. NORMA CRISTINA SOLARTE

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Julio de 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi papá Renson Arias, por el extraordinario apoyo que me ha brindado a lo largo de la vida. Gracias, por la constancia y la dedicación que ha tenido para mí siempre. Sin su ayuda y sin su inmenso amor, nada tendría sentido.

Agradecer a mi mamá Sara Granados, por su estar siempre presente, en los buenos y en los malos momentos. Gracias, por alegrarme la vida y, por todo el amor que me ha dado.

Agradecer a mi hermana Sara Arias y a Juan Pablo Porras, por haber creído siempre en mí. Gracias, por ayudarme y acompañarme en la búsqueda de mis metas. Gracias hermana.

Agradecer a mi hermano Diego Fernando Arias, por su compañía, amistad y, por los buenos momentos que hemos pasado. Gracias, hermano.

Agradecer al Ingeniero Ludwing Quintero, por estar siempre en los momentos importantes, ahí es cuando se valora la amistad. Gracias por la orientación y los buenos consejos que, nunca me han faltado de su parte. Gracias, tío.

Agradecer atentamente, a la ingeniera Norma Cristina Solarte, por su dedicación, ayuda y asesoría permanente a lo largo del proyecto. Gracias por el tiempo y el aporte de sus conocimientos que, fueron muy importantes en el cumplimiento de este objetivo.

Agradecer a las personas que han estado presentes a lo largo de mi vida y a través de la carrera profesional. Muchas gracias.

Renzo Mauricio Arias Granados.

CONTENIDO

<i>PRESENTACIÓN</i>	12
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	18
1.1. ANTECEDENTES Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
2. JUSTIFICACIÓN.....	24
3. OBJETIVOS.....	26
3.1. OBJETIVO GENERAL	26
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. ALCANCE	27
5. ÁREA DE ESTUDIO	28
5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	28
5.1.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	28
5.1.2. INFRAESTRUCTURA VIAL.....	40
5.1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA MOVILIDAD	45
5.1.4. SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO	47
5.2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL CORREDOR VIAL Y LA ZONA DE INFLUENCIA.....	57
5.2.1. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL.....	63
6. MARCO TEÓRICO	67
6.1. CONCEPTOS DEL TRÁNSITO	67
6.1.1. ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	67
6.1.2. AFOROS VEHICULARES	67
6.1.3. VOLÚMENES VEHICULARES.....	69
6.1.4. PARÁMETROS DE TRÁNSITO.....	73
6.1.5. ACCIDENTALIDAD	80
6.2. CONCEPTOS DE LA SIMULACIÓN DEL TRÁNSITO	84
INTRODUCCIÓN	84
6.2.1. MODELOS DE SIMULACIÓN DEL TRÁNSITO.....	85
6.2.2. VISSIM	88
6.3. GENERALIDADES Y CARACTERITICAS DEL MODELO (R. WIEDEMANN)	92
7. METODOLOGIA	98

7.1.	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	98
7.2.	FUENTES DE INFORMACION	107
7.3.	DEFINICIÓN, DISEÑO Y REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO 108	
7.3.1.	ESTUDIO DE VOLUMENES TRÁNSITO	110
7.3.2.	VELOCIDAD A FLUJO LIBRE	116
7.3.3.	ESTUDIO DE TIEMPO DE RECORIDO Y DEMORAS	120
7.4.	CAPACITACIÓN DEL SOFTWARE	122
7.5.	IMPLEMENTACIÓN DEL SOTWARE DE SIMULACIÓN DE TRÁNSITO 123	
7.5.1.	CONSTRUCCION DEL MODELO	124
7.6.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN POR MODOS AL CORREDOR	131
7.6.1.	TIPOLOGIA DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION PROPUESTAS.....	131
8.	RESULTADOS Y ANALISIS	132
8.1.	VÓLUMENES VEHICULARES	132
8.1.1.	ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.....	132
8.2.	VELOCIDADES A FLUJO LIBRE.....	134
8.2.1.	CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	134
8.2.2.	VELOCIDAD PUNTO DE AUTOS	137
8.2.3.	VELOCIDAD DE PUNTO MOTOS	141
8.2.4.	VELOCIDAD PUNTO BUSES	144
8.2.5.	VELOCIDAD DE PUNTO CAMIONES	147
8.2.6.	ÁNALISIS DE LOS RESULTADOS	150
8.3.	TIEMPOS DE VIAJE	152
8.4.	CALCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	154
8.4.1.	DESCRIPCION DEL TRAMO	154
8.4.2.	CÁLCULO DE CAPACIDAD	154
8.5.	CÁLCULO DE LA DENSIDAD	158
8.6.	INFORMACION DE SALIDA DE VISSIM	159
8.6.1.	MODELO BASE.....	159
8.6.2.	REPORTE SOLUCION POR MODOS	160
8.6.3.	ANALISIS DE LA INFORMACION DE SALIDA	163
9.	CONCLUSIONES	165
10.	BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.....	169

11. ANEXOS..... 172

TABLAS

Tabla 1: Parque automotor de Bucaramanga.....	22
Tabla 2: Comunas de Floridablanca.....	30
Tabla 3: Corregimientos de Floridablanca.....	31
Tabla 4: Oferta de Centros Comerciales	38
Tabla 5 : Suelos por municipio	39
Tabla 6: Reducción de la oferta de vehículos de transporte público colectivo urbano	51
Tabla 7: Reducción de la oferta de rutas de transporte público colectivo urbano .	52
Tabla 8: Evolución del parque automotor en cada una de las fases (I, II, III)	52
Tabla 9: Rutas del sistema	53
Tabla 10: Transporte público colectivo en Floridablanca	56
Tabla 11: Barrios por comuna	60
Tabla 12: Características geométricas del corredor vial.....	62
Tabla 13: Aplicaciones del estudio de volúmenes.....	72
Tabla 14: Aplicaciones de los estudios de velocidad	74
Tabla 15: Aplicaciones del estudio de tiempo de viajes y demoras.....	76
Tabla 16: Conceptos a considerar en el estudio	77
Tabla 17: Nivel de servicio	79
Tabla 18: Periodos de los accidentes.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19: Facultades de los modelos de simulación microscópica	88
Tabla 20: Propiedades de VISSIM	91
Tabla 21: Aplicaciones de VISSIM	92
Tabla 22: Atributos de las relaciones “conductor – vehículo – unidades”.....	95
Tabla 23: Volúmenes vehiculares tomados por la dirección de tránsito de Bucaramanga sentido sur- norte	112
Tabla 24: Volúmenes vehiculares tomados por la dirección de tránsito de Bucaramanga sentido norte - sur	112
Tabla 25: Volúmenes vehiculares tomados en el corredor en la hora de máxima demanda	116
Tabla 26: Desviaciones estándar de velocidades para determinar el tamaño de la muestra	135
Tabla 27: Constantes correspondientes al nivel de confianza.....	135
Tabla 28: Velocidad de punto autos - taxis	138
Tabla 29: Velocidad de punto motos	141
Tabla 30: Velocidad de punto buses	144
Tabla 31: Velocidad de punto camiones	147
Tabla 32: Tiempos de viaje	152
Tabla 33: Reporte de velocidades del modelo base.....	159

Tabla 34: Nivel de servicio - modelo base -	159
Tabla 35: Velocidades en la solución por motos	160
Tabla 36: Nivel de servicio en la solución por motos.....	160
Tabla 37: Velocidades en la solución por taxis.....	161
Tabla 38: Nivel de servicio en la solución por taxis	161

FIGURAS

Figura 1: Cambios en los simuladores	16
FIGURA 2 : Cambios en el corredor vial	21
Figura 3 : Composición vehicular en el Área Metropolitana de Bucaramanga	22
Figura 4: Ubicación del municipio de Floridablanca	29
Figura 5: División por comunas del área urbana de Floridablanca.....	32
Figura 6: Población en el Área Metropolitana.....	33
Figura 7: Estratificación de Floridablanca	35
Figura 8: Urbanización en Floridablanca	37
Figura 9: Centros comerciales.....	38
Figura 10: Tipos de suelo por municipio.....	39
Figura 11: Uso del suelo del área urbana de Floridablanca	40
Figura 12: Mapa vial del área urbana de Floridablanca	42
Figura 13: Jerarquización vial del área urbana de Floridablanca	44
Figura 14: Indicadores de las vías.....	45
Figura 15: Distribución de viajes en los municipios	46
Figura 16: Modalidad de viajes.....	47
Figura 17: Pasado y presente del transporte público	48
Figura 18: Vehículos del sistema	49
Figura 19: Configuración del sistema	49
Figura 20: Configuración del sistema	50
Figura 21: Estructura empresarial y la guerra del centavo	54
Figura 22: Problemática del transporte público de pasajeros	55
Figura 23: Objeto del transporte público	57
Figura 24: Localización del corredor vial	58
Figura 25: Vista aérea del corredor vial.....	59
Figura 26: Vista aérea del Puente de Provenza.....	61
Figura 27: Perfil tipo estación del corredor vial.....	62
Figura 28: Perfil típico del corredor vial	62
Figura 29: Perfil típico del corredor vial con vías paralelas	63
Figura 30: Estado del pavimento.....	64
Figura 31: Estado del pavimento.....	65
Figura 32: Estado del pavimento.....	65
Figura 33: Arreglos en el pavimento.....	66
Figura 34: Arreglos en el pavimento.....	66
Figura 35: Comparativo de accidentes de tránsito años 2007 al 2010 en Floridablanca.....	81
Figura 36: Comparativo de accidentes de tránsito según la clase de los años 2007 al 2010	82
Figura 37: Accidentes de tránsito de los años 2007 a 2010, según gravedad	83
Figura 38: Accidentalidad en el corredor año 2011	83
Figura 39: Modelos de simulación.....	85
Figura 40: Bloques de construcción en VISSIM	89
Figura 41: Modelo de seguimiento de vehículo – Modelo psicofísico de Wiedemann	94

Figura 42: Modelo de seguimiento de vehículo (car – following) – Umbrales y trayectoria del vehículo	96
Figura 43: Árbol del problema	100
Figura 44: Problemática de la zona.....	101
Figura 45: Efectos por el aumento de automóviles	105
Figura 46: Composición de vehículos matriculados en Floridablanca a finales del año 2010	106
Figura 47: Estudios de campo.....	109
Figura 48: Hora de máxima demanda sur – norte	113
Figura 49: Hora de máxima demanda norte - sur.....	114
Figura 50: Principio metodológico	119
Figura 51: Escalación del fondo	125
Figura 52: Fondo integrado al software	125
Figura 53: Bus articulado en VISSIM	127
Figura 54: Taxis y motos en VISSIM	128
Figura 55: Vehículos livianos en VISSIM	128
Figura 56: Distribución de vehículos liviano y pesados que ingresan al tramo ...	133
Figura 57: Distribución de los tipos de vehículos que entran al tramo	133
Figura 58: Histograma de frecuencias autos – taxis.....	140
Figura 59: Polígono de frecuencias.....	140
Figura 60: Ojiva porcentual	141
Figura 61: Histograma de frecuencias – motocicletas –.....	143
Figura 62: Polígono de frecuencias.....	143
Figura 63: Ojiva porcentual	144
Figura 64: Histograma de frecuencias.....	146
Figura 65: Polígono de frecuencias.....	146
Figura 66: Ojiva porcentual	147
Figura 67: Histograma de frecuencia – camiones –	149
Figura 68: Polígono de frecuencias.....	149
Figura 69: Polígono de frecuencias.....	150
Figura 70: Velocidades de punto.....	151
Figura 71: Modelo base.....	162
Figura 72: Modelo solución taxis	162
Figura 73: Modelo solución motos.....	163

ANEXOS

ANEXO 1: Formato de estudio de volúmenes.....	172
ANEXO 2: Formato de estudio de tiempo de viajes y demora	173
ANEXO 3: Datos de estudios de velocidades de punto - autos - motos –.....	174
ANEXO 4: Datos de estudios de velocidades de punto - Buses - Camiones -	175
ANEXO 5: Desempeño de la red del modelo base	175
ANEXO 6: Demoras del modelo base	176
ANEXO 7 Desempeño del sector analizado.....	177
ANEXO 8 Demoras del sector analizado	177
ANEXO 9 Desempeño del tramo analizado en la solución de taxis	178
ANEXO 10 Demoras en la solución por taxis	178
ANEXO 11 Desempeño del tramo analizado en la solución de motos.....	179
ANEXO 12 Demoras en la solución de motos.....	179
ANEXO 13: Lista de inicio rápido VISSIM	180

PRESENTACIÓN

El ejercicio de realizar el proyecto de trabajo de grado, como un instrumento útil que permita una experiencia hacia un mejor acercamiento del conocimiento, relacionándolo con los vaivenes que con frecuencia se presentan en los núcleos urbanos y, buscando asimismo, contribuir en el entendimiento y formación de una visión en conjunto al concepto de ciudad, así como en el compromiso y motivación propia de aportar a la realidad de la sociedad, se pone al alcance y consideración de la comunidad docente y estudiantil, del lector interesado en el tema y de los lectores en general, este documento que, recorre en contenido la condición de la movilidad urbana local en uno de sus más importantes componentes viales .

La información contenida en el libro, se nutre a través de distintas fuentes, comprendiendo los antecedentes y la formulación del problema de movilidad que atraviesa la ciudad, pasando por el uso de la técnica de la simulación como método para afrontar y resolver problemas, hasta el planteamiento de alternativas que posibiliten mejorar las características y el funcionamiento del tráfico vehicular a lo largo del tramo del sistema vial en estudio.

El documento elaborado, no pretende innovar en conceptos con los que se encuentre relacionado, ni ser un tratado antológico acerca de cómo resolver problemas de movilidad urbana, si bien, aborda los diferentes elementos que forman parte del problema y las posibilidades que rodea a cada uno de ellos, en vista de su trascendencia en el contexto general del escenario en estudio.

La situación de movilidad que se presenta en el corredor vial en estudio y a lo largo del Área Metropolitana, debe ser abordada en forma multidimensional, ya que orientando los esfuerzos únicamente en un solo eje de acción, ya sea éste la malla vial, el transporte público o alternativo, no se encontrará la respuesta que satisfaga en efecto a la necesidad preestablecida que se vive en este sector.

Un horizonte deseado, es en el que exista un sistema de transporte urbano altamente satisfactorio, humano, equitativo e incluyente, aunque esto requiere convenientemente, que se logren integrar políticas idóneas de ordenamiento del espacio territorial en la asignación del uso del suelo con prácticas adecuadas de planificación, gestión y control del transporte urbano como parte del proyecto del transporte, contextualizándolas y articulándolas al proyecto de desarrollo urbano, como componentes fundamentales en la búsqueda permanente del modelo de ciudad moderna, justa, próspera y sostenible.

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO

TITULO: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRÁNSITO DEL CORREDOR DE LA AUTOPISTA DESDE CAÑAVERAL HASTA EL PUENTE DE PROVENZA UTILIZANDO EL PROGRAMA VISSIM.

AUTOR: RENZO MAURICIO ARIAS GRANADOS.

FACULTAD: INGENIERIA CIVL

DIRECTOR: ESP. NORMA CRISTINA SOLARTE.

RESUMEN

El trabajo de grado desarrollado, se realizó utilizando un software especializado en tránsito llamado VISSIM. Con el uso de esta potente herramienta, se simuló la situación actual del corredor vial en estudio y, luego, se modelaron dos alternativas de solución propuestas sobre la base de la metodología de segregación por modos, con el objeto de mejorar las características actuales en que se encuentra operando ésta importante vía del Área Metropolitana.

VISSIM, es una poderosa herramienta desarrollada en Alemania que, posibilita efectuar el ejercicio de la microsimulación de los diferentes fenómenos que se presentan en los sistemas viales.

En este proyecto, por su naturaleza, se combinan básicamente dos técnicas para afrontar la situación de congestión que se desea mejorar. La primera, es la que proporciona la ingeniería de tránsito; a través de este medio, se realizaron diferentes estudios con la finalidad de obtener información valiosa acerca de los diferentes parámetros de tránsito de forma que permita tener un conocimiento concreto de las características más importantes que se presentan en la vía. Además, esta información se empleó para comparar los datos obtenidos en campo con los que arroja el software como información de salida y, de esta forma, valorar que tanta semejanza existe entre las condiciones reales del sistema y el modelo propuesto. La segunda técnica, es la simulación del sistema vial a través del software VISSIM. Con esta herramienta, se puede analizar en forma detallada los diferentes eventos que ocurren en el corredor y, de este modo, buscar alternativas que contribuyan a mejorar los diferentes parámetros de tránsito.

Sobre la base de la información de salida que genera el software después de la ejecución de la simulación, dentro de la que se encuentran los siguientes parámetros: capacidad, nivel de servicio, tiempos de viaje, velocidad, se selecciona cuál de las alternativas de solución es más eficaz para mejorar la movilidad vehicular en el corredor vial.

PALABRAS CLAVES: programa VISSIM, ingeniería de tránsito

OVERVIEW OF THE WORK

TITLE: DETERMINATION OF PARAMETERS OF TRANSIT IN THE CORRIDOR OF THE HIGHWAY FROM CANAVERAL TO PROVENCE BRIDGE USING VISSIM.

AUTHOR: RENZO MAURICIO ARIAS GRANADOS.

FACULTY: ENGINEERING REBUTTALS

DIRECTOR: ESP. NORMA CRISTINA SOLARTE.

SUMMARY

The developed degree work, was performed using a specialized transit called VISSIM software. The current situation of the road corridor study was simulated using this powerful tool, and then modeled two alternative solution proposed on the basis of the methodology of segregation by modes, in order to improve the current characteristics that is operating this important route in the Metropolitan Area.

VISSIM, is a powerful tool developed in Germany which makes it possible to carry out the exercise of microsimulation of the different phenomena that occur in the road systems.

By its nature, this project combines basically two techniques for dealing with the situation of congestion that you want to improve. The first is that provides the traffic engineering; through this medium, were different studies with the purpose of obtaining valuable about the different parameters of traffic information so that you can have a concrete knowledge of the most important features that occur on the road. In addition, this information was used to compare the data obtained in the field that throws the software as output and, in this way information, assess there is so much similarity between the actual conditions of the system and the proposed model. The second technique is the road system through software VISSIM simulation. With this tool, you can analyze in detail the different events that occur in the corridor and thus look for alternatives that contribute to improving the different transit parameters.

On the basis of output generated by the software after the execution of the simulation, which include the following parameters: capacity, level of service, travel times, speed, which of the alternatives of solution is more effective to improve the vehicular mobility in the road corridor is selected.

KEY WORDS: VISSIM software, transit engineering

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se han experimentado múltiples e intensos cambios políticos, sociales y económicos a nivel mundial, que han dado origen a un nuevo modelo en el tema de la movilidad urbana. El mundo actual, con grandes exigencias e importantes avances en ciencia y tecnología, sumado a un ambiente globalizado de competencia neoliberal, exige a las ciudades reestructurar permanentemente sus orientaciones y metodologías de operación de las redes viales, adaptándolas a sus características particulares en diferentes términos como demanda y complejidad, adquiriendo esto, cada vez más importancia en la agenda de las administraciones gubernamentales alrededor del mundo.

El crecimiento y desarrollo descontrolado en muchas ciudades del mundo, trajo como consecuencia un incremento considerable del parque automotor, y por ende, la aparición de elevados volúmenes de tránsito, que aumentaron los problemas de congestión y empeoraron la calidad del servicio. Según cifras de la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (Anif), la venta de vehículos en los cuatro primeros meses del año 2011 fue record en Colombia, al venderse 102.982 unidades, cifra superior en 52% a los 67.762 vehículos que se comercializaron entre enero y abril de 2010. Las proyecciones de ventas pueden llegar a cifras cercanas a las 280.000 unidades vendidas en el año. Incluso, algunos expertos y empresarios del ramo mencionan que esa cifra podría rondar las 290.000-300.000 unidades vendidas en 2011¹ y 360.000 unidades en el 2012², según el centro de estudios económicos BBVA Research.

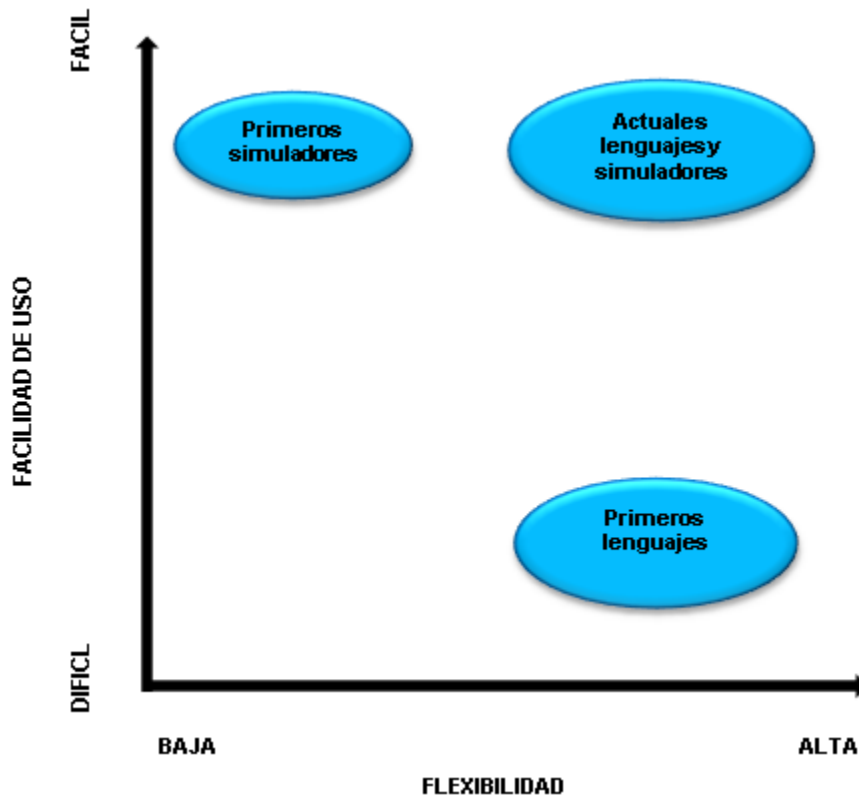
Para hacer frente a esta problemática cada vez más articulada, se ha logrado un importante avance en el diagnóstico del funcionamiento y planificación, como bases fundamentales del proceso de desarrollo y organización del transporte, cuya finalidad es alcanzar un sistema altamente satisfactorio y eficiente en relación al desarrollo urbano.

El campo de la simulación por medio de aplicaciones computarizadas, cuenta con aproximadamente 40 años de antigüedad, y en la actualidad, su empleo a nivel mundial describe un crecimiento notable. Al desarrollarse y salir al mercado programas cada vez más rápidos, con estructuras modernizadas, herramientas optimizadas y con una capacidad considerable, los anteriores formatos de simulación, asimismo, han evolucionado incuestionablemente y los nuevos softwares de simulación emergen con características antes impensables.

¹Asociación Nacional de Instituciones Financieras (Anif), Comentario Económico del día, El mercado de automotores colombiano: ¿señales de alerta subprime, [en línea], <<http://anif.co/sites/default/files/uploads/May30-11.pdf>> [citado el 10 de Noviembre de 2011].

²BBVA Research, Colombia: Novedades, Situación Automotriz Colombia 2011, [en línea], <http://www.bbvarsearch.com/KETD/ketd/bin/esp/publi/colombia/novedades/detalle/346_239557.jsp?id=tc:346-183558-64> [citado el 15 de Diciembre de 2011].

Figura 1: Cambios en los simuladores



Fuente: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – itesm

La técnica de la simulación, se emplea actualmente en diversas áreas del conocimiento humano, permitiendo entre otras cosas, formar distintos y múltiples escenarios en los que se pueden ensayar y manipular numerosas condiciones de trabajo, representando el comportamiento del sistema real sin interferir en el mismo, como sucede en las siguientes situaciones tales como: proyectar y analizar sistemas industriales, evaluar el comportamiento del hardware y software en sistemas de computación, analizar y estimar el desempeño de armas y estrategias militares, valorar la gestión del servicio de urgencias en un hospital, instrucción de operadores, hasta realizar predicciones meteorológicas, etc.

En el caso particular, que compete a las ingenierías, la implementación de la técnica de la simulación trae numerosas ventajas que aportan enormes beneficios entre los que se encuentran: prever los resultados en la ejecución de una determinada acción o medida, reducir el margen de riesgos en la toma de decisiones, identificar problemas incluso antes de que estos ocurran, reducir costos en el manejo de recursos, evaluar la viabilidad de un determinado proyecto en términos técnicos y económicos, etc.

Los elevados costos estimativos de desarrollo de los software, así como de los equipos de trabajo, han sido continuamente un inconveniente no menor para la implementación masiva de esta herramienta, no obstante, los avances ininterrumpidos en los ordenadores, los nuevos lenguajes de programación y las tecnologías vinculadas a estos, han disminuido notoriamente los costos de analizar los entornos animados con un alto nivel de detalle.

La simulación del tráfico vehicular es una herramienta elemental en la ingeniería de tráfico, ya que se implementa como fundamento para desarrollar estrategias previamente definidas, examinar situaciones de tránsito, y valorar la calidad del servicio que una vía presta a los usuarios. Esto, se puede estimar con precisión, a través del uso modelos matemáticos en la vía o tramo objeto del estudio, donde los vehículos, mediante una interfaz gráfica, son modelados con un alto grado de detalle durante el intervalo de tiempo del recorrido a través del sistema, proporcionando información puntual y dinámica sobre el comportamiento operativo de los flujos de tránsito, tiempos de viaje y congestión. Esto permite analizar el fenómeno del tránsito vehicular de una forma más concreta, en pro de la búsqueda de una mejora sustancial en la administración y operación del tráfico. Por ejemplo, el software permite percibir como suceden embotellamientos sin razón evidente, el bloqueo de un carril, así como también el efecto de la integración de tráfico vehicular a un carril rápido. El profesional puede replantear los parámetros y notar los efectos del cambio.

Fundamentalmente, existen dos tipos principales de simulación del tránsito, que están directamente relacionados con la profundidad y el detalle del estudio a realizar. El primer modelo es de carácter macroscópico, éste, estudia el comportamiento de los vehículos a gran escala, considerando las características de un conjunto de vehículos para simular los flujos de tráfico, y, cuenta además, con principios macroeconómicos, en los que toma en cuenta el vínculo existente entre la oferta y la demanda; el análisis del tránsito se considera dentro de una perspectiva global. En cambio, el modelo microscópico describe el comportamiento del tráfico vehicular considerando el movimiento de cada vehículo de forma discreta individual, reproduciendo las particularidades operativas de la infraestructura y de los sujetos de flujo (automóviles, buses, etc.) de los sistemas.

Este estudio, determinó los parámetros de tránsito del corredor vial de la autopista desde Cañaveral hasta el Puente de Provenza, ubicado en el Área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, empleando la simulación microscópica por medio del software especializado VISSIM para el desarrollo de dos modelos, uno base, y, otro propuesto, y posteriormente, plantear alternativas a considerar para mejorar la circulación vehicular en este sector de la ciudad.

Este proyecto presenta los resultados del estudio denominado “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRÁNSITO DEL CORREDOR VIAL DE LA AUTOPISTA DESDE CAÑAVERAL HASTA EL PUENTE DE PROVENZA UTILIZANDO EL PROGRAMA VISSIM”

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el amplio contexto de las áreas de conocimiento y los campos de aplicación de los mismos, el diseño y la construcción de vías de transporte terrestre, ha sido una actividad desarrollada a lo largo del tiempo por los ingenieros civiles, dentro del área específica de diseño y construcción de infraestructuras de transporte.

Conforme a esta orientación, se ha construido en todo el mundo la actual red de infraestructura vial de transporte terrestre, pasando desde dimensiones nacionales hasta escalas locales.

A través del tiempo, éstas obras desarrolladas han prestado un servicio de incalculable valor, contribuyendo a la humanidad en sus más excepcionales necesidades, que giran en el mundo moderno, alrededor de la búsqueda del aumento del aparato productivo, para obtener un equilibrio en relación al aumento poblacional y al modelo de sociedad de consumo, y de esta forma poder satisfacer sus requerimientos, posibilitando a la sociedad en general, representar lo que es hoy en día. No obstante, estos sistemas de redes viales, presentan dificultades relacionadas con su capacidad, en virtud de los elevados niveles de demanda impartidos por parte de los usuarios y de la forma en que se concibe la orientación de la política del transporte terrestre, visualizándolo y contextualizándolo a las condiciones actuales de movilidad en Colombia.

En este orden de ideas, sí, a lo anterior se relacionan los progresos y transformaciones tecnológicas que exhiben los vehículos en la actualidad, en términos de capacidad y diseño, y se asocia a esto el cambio de comportamiento, actitud e imposiciones de los conductores, la función del ingeniero civil no se limita únicamente al diseño y construcción de estos tipos de infraestructura, además, le exige ponerse al frente de otras situaciones relativas a la estructuración y administración de los sistemas, a encontrarse dispuesto a afrontar y a estar a la vanguardia de la problemática, para que se logren conservar y de forma técnica, modernizar las infraestructuras de transporte terrestre, teniendo en cuenta los factores que coexisten y que se interrelacionan en el tráfico como son el vehículo, conductor, peatón, vía y medio ambiente, y para que en virtud de lo señalado, le posibilite un buen uso de las herramientas de planificación, diseño y administración, para tener un sistema de transporte altamente satisfactorio, eficaz y sostenible.

Se estima que en la actualidad, la humanidad dedica cada año alrededor de 10 millones de años en la actividad de conducir el automóvil, siendo ésta acción una parte notable de su quehacer diario. Esto, en términos de demanda, tiene una magnitud incomparable si se relaciona con otros medios de transporte disponibles. No obstante, aunque ha aumentado en forma considerable el interés en la investigación del tráfico, se entienden muy poco - en forma masiva - los elementos que están involucrados en la tarea de conducir.

<<Además de hablar, caminar y comer, conducir es la actividad más empleada en el mundo moderno, y posiblemente sea la más desafiante>> – Richard Rothery –.

Colombia, es un país que para alcanzar su desarrollo, depende en gran medida de la capacidad de movilización de bienes, personas y mercancías de todo tipo, de una forma rápida y eficiente, especialmente en su transporte terrestre, de forma que les permita llegar a las zonas deseadas a tiempo y de forma segura. En este contexto, el transporte es un componente vital en la competitividad y el desarrollo económico de la sociedad.

En el sector del transporte, por ejemplo, la tarea de trasladar carga ha recaído en un 80% en el transporte terrestre³. De esta forma, el sistema de transporte, debería asegurar una mayor eficiencia, proporcionando un mejor servicio en principios de calidad y tiempo, así como articular al sistema la capacidad de ofrecer cobertura en las zonas más apartadas y excluidas del territorio nacional.

En términos sociales, la importancia de los sistemas viales es muy significativa, pues generalmente las personas más pobres y débiles de la sociedad, viven lejos de los centros urbanos y de actividad productiva, frecuentemente en las comunidades rurales; en virtud de lo indicado, su supervivencia depende en gran medida de la facilidad y rentabilidad con que sus productos y mercancías lleguen a los mercados requeridos y, que asimismo, las garantías que preste el estado como saneamiento básico, salud, educación, libertad de movilidad, seguridad física y alimentaria, lleguen con frecuencia y celeridad. Sí la red de carreteras no está en buenas condiciones, es muy difícil que el estado cumpla con sus funciones sociales.

Una de las medidas que se emplean en búsqueda de dinamizar la economía en tiempos de crisis y/o desaceleración económica, es la inversión masiva en infraestructura – lo que se conoce como gasto público -, convirtiéndose el estado en empleador de última instancia. Sin embargo, esta inversión no puede ser improvisada, y de acuerdo a los vaivenes que se presenten en el sistema económico, ésta debe ser planificada técnicamente con antelación, pues como en el caso de la educación, los resultados de la inversión en infraestructura, no son efectivos en el corto plazo, sino en el largo plazo.

Los resultados difundidos en materia de infraestructura a lo largo del país, exponen una red vial carente, ineficaz y con escasa capacidad, con alrededor del 20% de los kilómetros pavimentados del total que conforman la red nacional de carreteras; el atraso en materia de infraestructura vial es alarmante, aún si se compara con otros países de la región en vía de desarrollo.

³Banco de la república de Colombia – Banco Central, Documentos de trabajo sobre economía regional, La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia, [en línea], <www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/pdf/DTSER-64.pdf> [citado el 1 de Diciembre de 2011].

Aunque la aparición del ministerio de transporte se remonta a la mitad de la primera década del siglo XX, no fue hasta la segunda mitad de éste, en la que comúnmente se han realizado esfuerzos para que el transporte en el territorio, se desarrolle en función de las necesidades de los habitantes y del aparato productivo Colombiano, de forma que cumpla un papel de músculo generador de desarrollo y crecimiento. Históricamente, las administraciones públicas, han realizado planes de desarrollo para el transporte que, al final, en su gran mayoría terminan teniendo poco o nulo impacto en la estructura general del sistema.

La eficacia en los sistemas de tránsito urbano, ha ido disminuyendo debido al acelerado proceso de crecimiento de los tejidos urbanos, en términos de expansión territorial como de densidad poblacional.

La ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, eran hasta hace unas pocas décadas, únicamente, un pasaje obligatorio para los viajeros que iban hacia la frontera y/o el centro del país, por lo cual no era el destino solicitado ni deseado colectivamente; pero, éste fenómeno empezó a cambiar de la mano del crecimiento económico, productivo, así como el mismo en términos de competitividad, inversión e infraestructura. Estos cambios, provocaron también, que se disparara el consumo interno, descubriendo nuevos desafíos e interrogantes que estaban por resolver. Hoy en día, Bucaramanga, y su Área Metropolitana, se perfilan como un importante núcleo urbano, con potencialidad de transformarse en un gran actor a nivel nacional, amén de su posición geográfica y su emergente dinámica económica. Estos factores, contribuyen de forma manifiesta, a que la ciudad actualmente sea un escenario atractivo para la inversión, congregando un número cada vez mayor de actividades productivas y sociales. No obstante, para sostener los avances que se han logrado en competitividad y consolidar su posición de ciudad generadora de crecimiento y desarrollo económico, será fundamental contar con administraciones públicas con capacidad de gestión, reacción y cambio, de modo que su disposición, sea acorde en forma expedita a la evolución de las necesidades de los habitantes y de los retos que se presenten en el ejercicio administrativo.

En el contexto local, Bucaramanga y el Área Metropolitana, tienen frente así, la oportunidad de enfrentar y superar los desafíos a través de la implementación de procesos integrales que posibiliten dar pie a soluciones, producto de esfuerzos y decisiones orientadas hacia el futuro. En la figura número 1, se observan los sensibles cambios que han tenido lugar en la zona de influencia del corredor vial en el sector localizado a la altura del barrio Cañaverál. Es palpable la transformación y desarrollo del sector. Ésto, permite observar la disparidad entre la progresión de éste centro urbano y la infraestructura de transporte disponible.

FIGURA 2 : Cambios en el corredor vial



FUENTE: Skypercerty, Abril de 2012

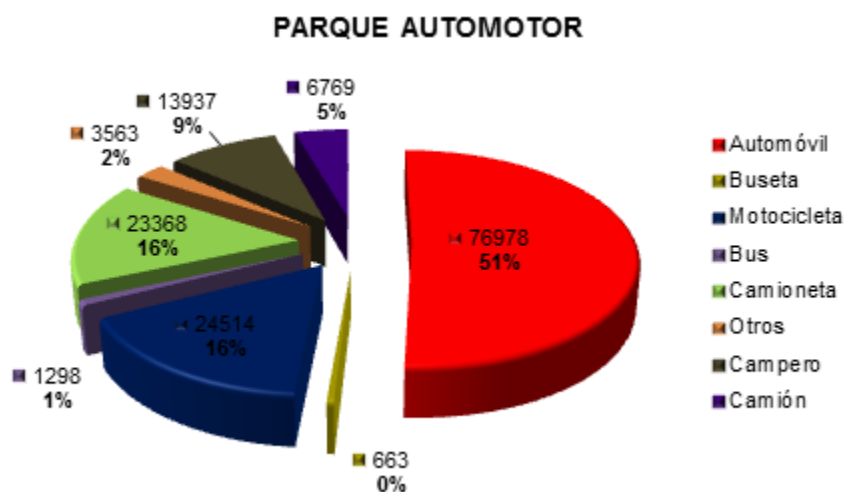
El constante crecimiento del parque automotor que se ha experimentado en los últimos años, asociado al escenario de crecimiento del PIB y del ingreso per cápita, desprovisto de que la malla vial, bien sea por limitantes de carácter fiscal o por déficit de espacios, haya podido crecer a un ritmo igual que los tres fundamentos anteriores, originó que el ingreso de nuevos vehículos haya ocasionado un exceso de demanda sobre las zonas comunes de movilidad urbana, manifestándose en la congestión del tráfico, causado por la saturación de la infraestructura vial disponible. En un informe expedido por la Oficina Asesora de Sistemas de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga, se tuvo que para el año 2000, estaba registrado un parque automotor de 101.528 unidades (solo en Bucaramanga), el cual ha sufrido incrementos anuales que fluctúan entre el 1.6 y el 5.9 porcentuales, para un total de incremento de 40,1 por ciento que, equivale a un parque automotor total de 150.362 vehículos a 31 de Diciembre de 2011 y un aumento en los últimos 12 años de 48.824 unidades. A continuación, en la tabla 1 y en la figura 2, se muestran el cuadro estadístico con el incremento del parque automotor en Bucaramanga y, la distribución del mismo en el Área Metropolitana.

Tabla 1: Parque automotor de Bucaramanga

INCREMENTO PARQUE AUTOMOTOR EN LOS ULTIMOS 12 AÑOS 2000-2011			
AÑO	PARQUE AUTOMOTOR POR AÑOS	INCREMENTO PORCENTUAL	INCREMENTO CON EL AÑO ANTERIOR
2000	101.528	0,0	0,000
2001	103.128	1,6	1.600
2002	105.467	2,3	2.339
2003	107.992	2,4	2.525
2004	110.163	2	2.171
2005	112.652	2,3	2.489
2006	116.520	3,4	3.868
2007	122.822	5,4	6.302
2008	128.639	4,7	5.817
2009	135.538	5,4	6.889
2010	141.957	4,7	6.419
2011	150.362	5,9	8.405
TOTAL INCREMENTO PORCENTUAL Y PARQUE AUTOMOTOR 2000 - 2011		40,1	48.824

Fuente: Dirección de Tránsito y Transporte de Bucaramanga - Vehículos matriculados

Figura 3 : Composición vehicular en el Área Metropolitana de Bucaramanga



Fuente: Dirección de Tránsito y Transporte de Bucaramanga - Vehículos matriculados

Los parámetros de tránsito de las vías urbanas, tienen relación estrecha con la calidad de vida de los habitantes ciudadanos, dado que estos tienen influencia directa en la movilidad y en las características de operación del tránsito y del transporte. El manejo óptimo de estas herramientas de la ingeniería de tránsito, conceden una mejora en el desarrollo y posterior bienestar de las poblaciones. Aportar a estas realidades, es el estímulo que incita a este estudiante a analizar la realidad cotidiana y plantear alternativas de soluciones al problema de congestión de la ciudad, condición que se vive no solo en esta ciudad, en la mayoría de ciudades latinoamericanas y del mundo.

Este antecedente de flujos inestables, congestión vehicular e insostenibilidad del transporte urbano, no es ajeno a la gran mayoría de ciudades Colombianas, donde adicionalmente, los estudios vinculados a los parámetros de tránsito con el propósito de elaborar un diagnóstico y una planificación acertada no tienen más de 20 años de antigüedad. La juventud de esta rama de la ingeniería, las dificultades económicas por las que ha atravesado el país y la poca decisión política han sido entre otros motivos, los que han hecho que el trabajo de recolección de información haya sido menor.

La ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, actualmente están inmersas en graves y profundos problemas de movilidad, con vías intransitables, embotellamientos durante gran parte del día, y una percepción de mayor demora en los trancones por parte de los ciudadanos, entre otros. Las condiciones para que los habitantes puedan movilizarse por la ciudad, en forma eficiente, a un costo adecuado, se están viendo en trance por la congestión vehicular que se observa frecuentemente en las vías.

Usualmente, ha sido difícil contar con recursos económicos y capital humano que permitan realizar inversiones importantes para desarrollar proyectos, desatendiendo inoportunamente esta problemática que afecta claramente a los sujetos de flujo del sistema y por consiguiente a la zona de influencia del corredor vial, al no garantizar adecuadamente la satisfacción de la demanda de los usuarios.

Este es el caso del corredor vial de la Autopista que va desde Cañaveral hasta el puente de Provenza ubicado en el municipio de Floridablanca y que forma parte del área metropolitana de la ciudad Bucaramanga, sobre el cual se desarrollará el estudio.

2. JUSTIFICACIÓN

El tránsito vehicular urbano, es uno de los elementos más importantes de la red viaria a nivel mundial, y es por esto que requiere un cuidado especial en la mayoría de los diseños de autopistas, avenidas, etc. A medida que pasan los años, el tránsito vehicular se intensifica y es por ello que en países como Colombia los usuarios de las vías urbanas demoran demasiado tiempo en desplazarse de un sitio a otro, sin citar las molestias que se presentan durante la ejecución del viaje.

Este considerable incremento en el número de vehículos que circulan dentro de las ciudades, origina que la oferta de vialidades e infraestructura se torne insuficiente, generando problemas en el tránsito vehicular urbano, entre los que se encuentran: accidentes automovilísticos, aumento de tiempo en los traslados, contaminación atmosférica, largos recorridos, estrés, etc.

En repetidas oportunidades, los sistemas viales urbanos de las ciudades en Colombia, deben operar volúmenes de tránsito que superan visiblemente su capacidad, con el propósito de hacer frente a los continuos incrementos que se presentan en términos de demanda, ya sea por servicios requeridos de transporte público o privado. En los últimos años, con la ayuda de los avances en el campo de la tecnología y el continuo progreso en los estudios de tránsito y transporte, se han logrado formular y llevar a cabo la construcción de sistemas viales que tienen como finalidad, cumplir con los requerimientos operativos de los vehículos y conservar una relación más eficiente con el entorno del desarrollo urbano; no obstante, los problemas de circulación vehicular continúan prologándose.

Un horizonte en el que se consiga operar las redes de transporte vial de una forma eficiente, requiere articular el conocimiento científico y la reproducción de los fenómenos de interés que a menudo se presentan en los sistemas de tránsito vehicular urbano.

En el contexto del tráfico real, se pueden observar diferentes fenómenos que se presentan usualmente, no obstante, se tornaría algo complejo reproducir estos mismos en ese entorno, dado que esto requeriría desarrollar las investigaciones con los vehículos actuando en la vía, lo que generaría complicaciones.

Las simulaciones de tránsito son usadas con frecuencia como un intento de responder al interrogante sobre lo que ocurriría en un evento que es altamente complejo y costoso de probar en un escenario real. En este contexto, la simulación se torna en una herramienta eficiente y de bajo costo relativo. Por esto, es importante poder emplear como herramienta, modelos aptos para simular los fenómenos que se presentan en el tránsito de las ciudades, ya que por medio de la representación de estos modelos, se pueden manipular y replantear ciertos parámetros y notar al instante el efecto que esto produce.

El tráfico vehicular en las ciudades y carreteras Colombianas es un tema que cada día cobra una mayor importancia y requiere de estudios que puedan ser puestos dentro del contexto de sistemas complejos.

Al igual que en otras ciudades importantes del país, en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, los problemas de movilidad se han convertido en generadores de molestias cotidianas y masivas, materializándose en pérdida de tiempo, incomodidad e inseguridad en el momento de desplazarse. Al mismo tiempo, la inmovilidad puede generar serias consecuencias sobre el desarrollo y el crecimiento económico de la ciudad y, por ende, la productividad y competitividad se puede ver limitada. Es evidente como cada año es más complejo transitar por las vías ciudad, con el agravante del mal estado de las vías, y la falta de políticas serias con respaldo técnico y compromiso, que permitan moderar el caos de la movilidad.

El corredor vial de la autopista desde Cañaveral hasta el puente de Provenza es una de las vías más importantes del municipio de Floridablanca y de toda el Área Metropolitana de la ciudad Bucaramanga. El barrio cañaveral, por su características y ubicación, es uno de los sectores más atractivos del municipio, ya que cuenta con centros comerciales y una muy variada oferta de servicios, y es tal vez la razón por la cual los problemas en el tema de movilidad de esta zona, dejan de ser un inconveniente de interés local, para pasar a ser un flagelo que incide en zonas de alta demanda comercial, con índices de congestión que cada vez van en aumento. Por ejemplo, el sector del puente del Centro Comercial Cañaveral “ÉXITO”, en el sentido Sur – Norte, es uno de los puntos más críticos del corredor vial, pues a este afluyen altos volúmenes de tránsito que provienen básicamente de sitios residenciales y comerciales de los barrios de Cañaveral y Lagos.

Es preciso señalar que, este no es el único sector que presenta inconvenientes, puesto que este corredor vial guarda una gran concentración del tráfico que va a entrar por el sur a Bucaramanga, y posee además, una elevada demanda de transporte, si se compara con otros que existen en la ciudad; es por eso que en la actualidad, la congestión de este corredor está desbordando las franjas de hora pico, por lo que requiere información de estudios de aforos vehiculares y el uso de un software de simulación especializado que permita la modelación y microsimulación de los eventos que se presentan en el sistema vial, para determinar y redesignar los parámetros de tránsito de la vía, de tal manera que posibilite tener una valoración sobre los factores que afectan la movilidad en este sector.

Por lo anterior, es que se debe tratar el problema de circulación vehicular de este sector cuidadosamente, y buscar medidas objetivas que beneficien a los usuarios de esta vía.

Este trabajo requiere la recolección de los datos que permitan realizar el estudio de este corredor vial y, plantea la utilización del programa VISSIM, software que fue adquirido por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros de tránsito: capacidad, niveles de servicio, densidad, velocidad, tiempos de viaje, del corredor vial de la autopista desde Cañaveral hasta el puente de Provenza, incluyendo el carril de Metrolínea y de vehículos mixtos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar la situación base utilizando el programa VISSIM, por medio de aforos de vehículos motorizados, con el fin de obtener los parámetros del tránsito para realizar el estudio del corredor vial.
- Investigar y analizar las bases de datos sobre accidentalidad que están afectando la movilidad del tránsito en este sector.
- Modelar las soluciones planteadas con el software VISSIM teniendo en cuenta la información de accidentalidad y la metodología de segregación de modos (buses de Metrolínea, motocicleta, vehículo privado y taxis) y/o mezcla de los mismos en los carriles disponibles.

4. ALCANCE

Este proyecto, en consecuencia con los objetivos propuestos, determina, por medio de la compilación de información obtenida y la implementación del software especializado VISSIM, los parámetros de tránsito fundamentales para conocer las condiciones operativas de una vía, como: capacidad, nivel de servicio, densidad, velocidad, tiempos de viaje del corredor vial de la autopista Bucaramanga – Floridablanca, desde Cañaveral hasta el puente de Provenza.

Con esta información, se modelan, calibran y microsimulan en el software, los factores que caracterizan el funcionamiento operativo del corredor vial e influyen finalmente en su comportamiento.

Con el análisis de esta información, se valora la situación actual del corredor vial y, posteriormente, con la implementación de un modelo propuesto, se presentarán alternativas de solución basadas en el análisis de segregación por modos.

Sobre la base metodológica descrita en el manual de capacidad de carreteras HCM (Highway Capacity Manual) se determinará la capacidad y el nivel de servicio del corredor vial en estudio.

Para efectos del proyecto se realizarán dos estudios de velocidades: el primero, se realizará en condiciones de flujo libre para los diferentes tipos de vehículos que circulan a lo largo del corredor vial; el resultado, será la velocidad deseada que se asignará a los tipos de vehículo en el software VISSIM. El segundo estudio de velocidad, se desarrollará en un punto crítico del sector durante la hora de máxima demanda.

El software genera reportes en los que se encuentran: velocidades, nivel de servicio, demoras, tiempos de viajes, los cuales serán confrontados con los reportes generados del modelo propuesto para valorar la eficacia de la alternativa planteada.

El margen del estudio, está limitado a la simulación del corredor vial durante la hora de máxima y, al tramo seleccionado sobre el cual fue desarrollado el estudio.

5. ÁREA DE ESTUDIO

Este apartado del documento presenta una descripción puntual y concreta de la zona correspondiente al corredor vial en estudio y su área de influencia, lo cual, forma parte del programa de actividades desarrolladas por el equipo de trabajo.

En el ámbito de la etapa de diagnóstico de la necesidad preestablecida, un primer paso a seguir es determinar definitivamente los márgenes que van a delimitar el ejercicio del diagnóstico. El propósito es, que a nivel de diagnóstico, el área de influencia determinada sea lo suficientemente amplia, de forma que se comprendan allí, todas las posibilidades en donde se encuentren las causas y los efectos relativos al problema que es materia de estudio.

5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Floridablanca, se encuentra ubicada en el oriente del Departamento de Santander, dentro de la provincia de Soto, y representa el más pequeño (98.68 Km²) de los municipios que forman parte del Área Metropolitana de Bucaramanga.

En el aspecto físico, se encuentra situado en el área montañosa del margen occidental de la cordillera oriental, entre la zona del macizo de Santander y el piedemonte cordillerano.

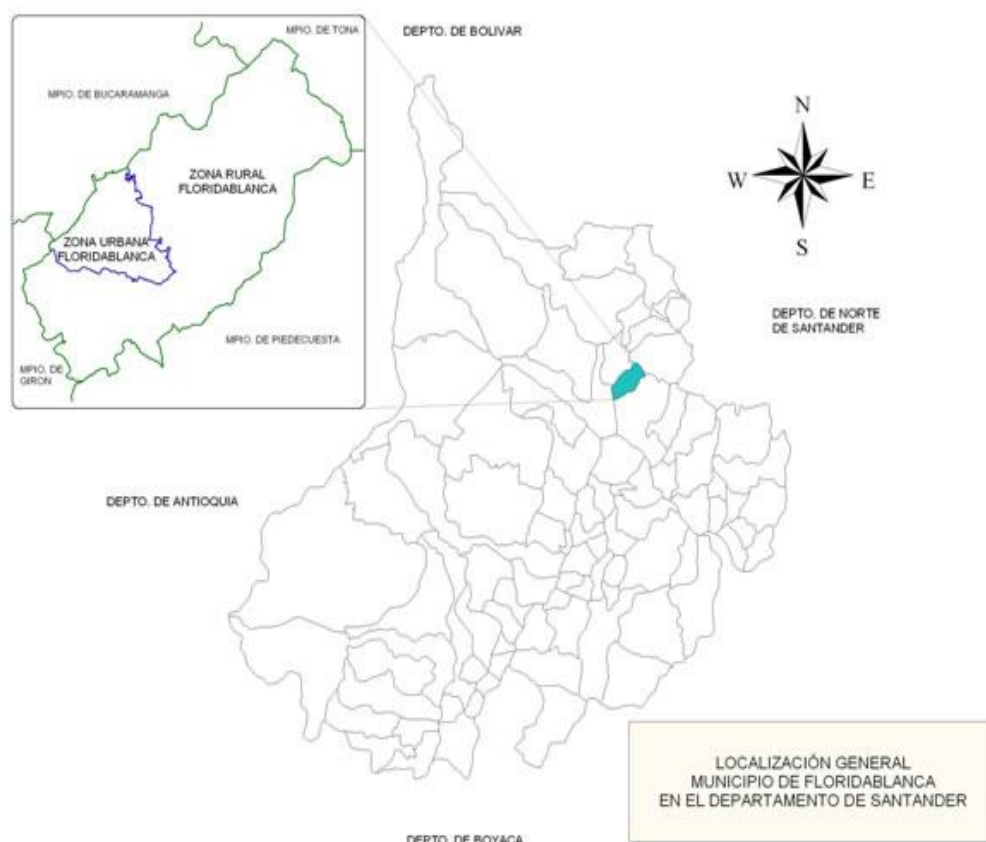
Por las características de su posicionamiento, éste, le permite tener terrenos en el macizo de Santander, en la zona de mesetas y en el valle inter montano llamado “Meseta de Bucaramanga”, en virtud de esto, posee casi todos los pisos térmicos. El municipio posee una ubicación geográfica que lo reconoce como privilegiado en términos de comunicación vial con el sur del país, la costa atlántica y el occidente del departamento.

A 8 Kilómetros al sur de Bucaramanga, se encuentra a una altitud de 925 metros sobre el nivel del mar. Cuenta además, con una temperatura promedio al año de 23°C y, un clima denominado como cálido moderado. El centro o casco antiguo, desde donde comenzó el crecimiento y desarrollo del municipio, se encuentra localizado a los 07° 03' 45" de latitud norte y 73° 05' 10" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Este dinámico municipio, limita por el norte con los municipios de Bucaramanga y Tona, por el oriente con los municipios de Tona y Piedecuesta, hacia el sur con el municipio de Piedecuesta y, por el occidente con los municipios de Girón y Bucaramanga.⁴

En el año 2012, la población es de 263.041⁵ habitantes, repartidos a lo largo de más de 51.000 predios urbanos y rurales.

Figura 4: Ubicación del municipio de Floridablanca



Fuente: Alcaldía de Floridablanca - <http://www.floridablanca.gov.co>

⁴ Plan de Desarrollo de Floridablanca 2012 – 2015, “Primero Floridablanca”.

⁵ Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, Demográficas, Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020.

Según el Área del SIG de la Oficina Asesora de Planeación, en el casco urbano del municipio el número de barrios, urbanizaciones y conjuntos cerrados es de 277, que asimismo se encuentran dispuestos en 8 comunas de la siguiente forma, como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2: Comunas de Floridablanca

COMUNA	NOMBRE	# BARRIOS
Comuna 1	Altamira - Casco antiguo	55
Comuna 2	Cañaveral	61
Comuna 3	Bucarica	4
Comuna 4	Caldas - Reposo	50
Comuna 5	Bosques - Molinos	49
Comuna 6	Lagos - Bellavista	13
Comuna 7	Valencia - Santana	17
Comuna 8	La Cumbre - El Carmen	28
No definido		
	TOTAL	277

Fuente: Plan de Desarrollo de Floridablanca 2012 – 2015, Primero Floridablanca.

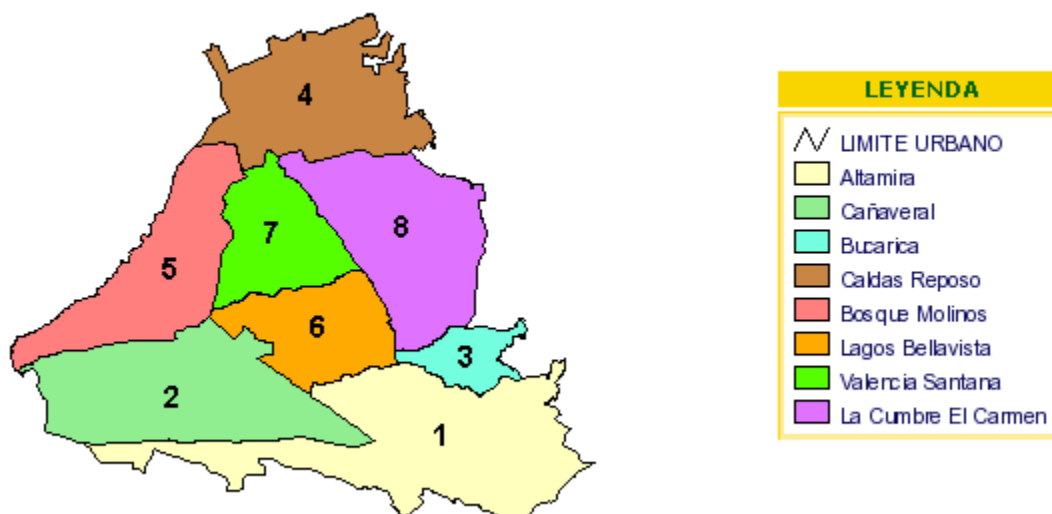
Adicionalmente, se encuentran 3 corregimientos que al mismo tiempo están compuestos por ocho veredas y 13 sectores, como se observa en la tabla 3. Asimismo, en la tabla 4, se encuentra la división por comunas del área urbana de Floridablanca.

Tabla 3: Corregimientos de Floridablanca

CORREGIMIENTO 1	
VEREDAS	SECTORES
1. Vereda Alsacia	Sector Malavar
2. Vereda Guayanas	Sector Altos de Mantilla
	Sector Los Cauchos
3. Vereda Casiano	Sector La Cidra
4. Vereda Helechales	Sector La Judía
CORREGIMIENTO 2	
VEREDAS	SECTORES
5. Vereda Vericute	Sector Santa Bárbara
	Sector Despensas
	Sector Rosa Blanca
6. Vereda Aguablanca	Sector Mortiño
	Sector Buenavista
	Sector San Ignacio
CORREGIMIENTO 3	
VEREDAS	SECTORES
7. Vereda Río Frío	Sector Valle de Ruitoque
8. Vereda Ruitoque	Sector Mesa de Ruitoque

Fuente: Plan de Desarrollo de Floridablanca 2012 – 2015, Primero Floridablanca

Figura 5: División por comunas del área urbana de Floridablanca



Fuente: Oficina Asesora de Planeación de Floridablanca – Floridablancasig.com

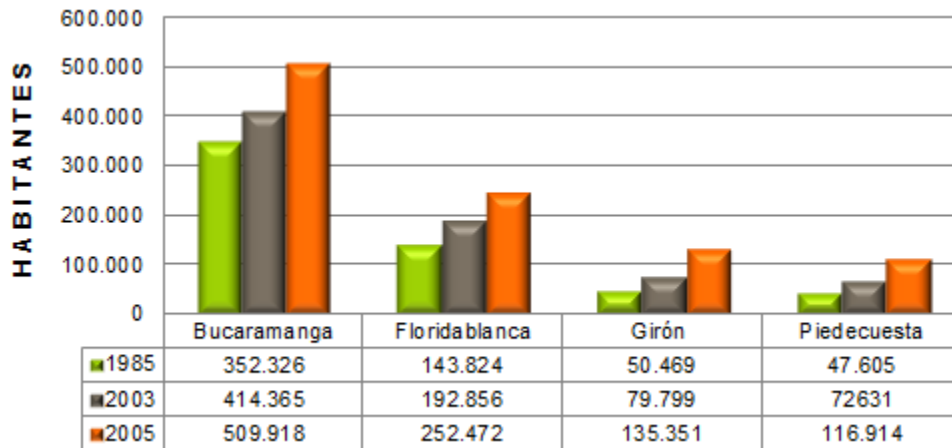
5.1.1.1 ASPECTOS POBLACIONALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS

Teniendo en consideración, que las condiciones socioeconómicas que imperen dentro del área en estudio, influyen evidentemente sobre los patrones de movilización tanto de personas como de bienes y mercancías, es conveniente reconocer los aspectos más importantes que formen parte de este ítem.

En el marco de los 87 municipios que conforman el departamento de Santander, Floridablanca es el segundo municipio con mayor número de población, tanto en el orden departamental como Metropolitano, siendo únicamente superado por su vecino Bucaramanga (526.056 habitantes) en ambos ítems. La población total del municipio presentó entre los años de 1985 y 2012 un incremento del 77,48% con poblaciones de 148.205 y 263.041 habitantes respectivamente, representando en la actualidad el 12,95% de la población total del departamento. Si bien las cifras publicadas por el DANE indican que el crecimiento poblacional ha sido importante, las mayores tasas de crecimiento se encuentran en los municipios de Piedecuesta y Girón. Se estima que la población en Floridablanca, ha crecido a un ritmo semejante al del resto del Área Metropolitana de Bucaramanga, diferente pues, a la dinámica de incremento poblacional que se ha experimentado en Piedecuesta y Girón, máxime por la disponibilidad de suelos con los que cuentan estos municipios. Por ejemplo, la población en Floridablanca creció en un

20,4% en el periodo comprendido entre 1995 y 2005, entretanto, en Piedecuesta y Girón estos porcentajes alcanzan el 41% y 59% respectivamente.

Figura 6: Población en el Área Metropolitana



Fuente: DANE

Floridablanca, guarda una particularidad llamativa con respecto a los otros municipios que forman parte del Área Metropolitana de Bucaramanga, ameritando que éste, es el que cuenta con la menor cantidad de habitantes nacidos en el interior de su jurisdicción.

En el último censo general de población efectuado por el DANE (2005), se obtuvo que únicamente el 18.55% de los 252.472 habitantes que se encontraban para esa época, habían nacido dentro del territorio que corresponde al municipio. Observando este rasgo por grupo de edades, los residentados menores de 20 años, representan el 58.91% del total de la población nacida dentro del municipio, entretanto, los “Florideños” mayores de 54 años representan tan solo el 5.93% de los mismos. Este fenómeno de aumento de habitantes con origen en Floridablanca, está propicio a intensificarse, en condición de que el municipio cuenta en la actualidad con una adecuada oferta de servicios médicos para este menester, el gran número de unidades de viviendas que existen hoy en día y, el desarrollo que se ha visto suscitado en los últimos 10 años.

En el contexto de las actividades en las que se desenvuelven los habitantes del municipio según el DANE (2005), se tiene que el 87,51% se encontraba trabajando para esa época, siendo el 52,03% hombres y el 34.59% mujeres. Entretanto, el 7.60% de los habitantes del municipio estaban en búsqueda de empleo para el mismo periodo.

Hacia la década de 1950, gran parte de la población trabajaba en la agricultura, siendo la caña de azúcar el cultivo más importante, además de la siembra de tabaco, arroz, maíz y otra variada cantidad de legumbres y hortalizas las cuales eran comercializadas, en parte,

en Bucaramanga. Así bien, Floridablanca, pasó de ser un municipio de tan solo 40.000 habitantes en 1975 a uno de 263.000 habitantes en el año de 2012, con una importante fuerza laboral calculada en 150.000 personas.

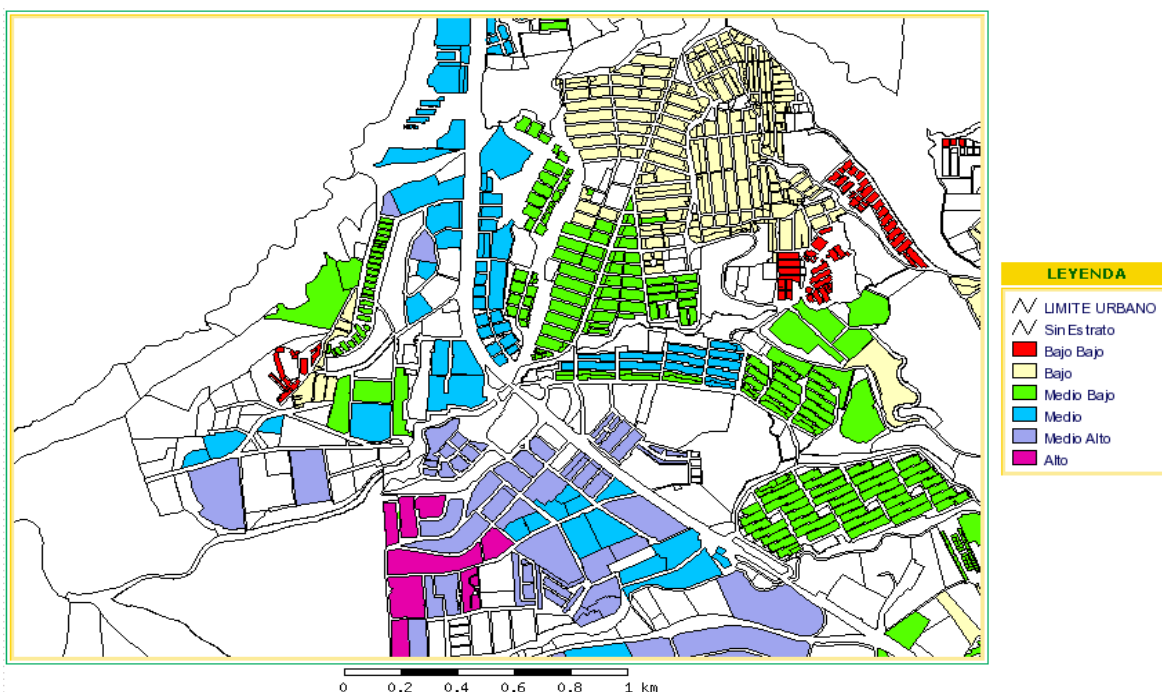
Los diferentes tipos de actividades que se desarrollan (2005), se encuentran repartidas a lo largo de 7.916 unidades de carácter económico, donde en el 18.90% correspondían a actividades industriales, el 46.01% a actividades de tipo comercial, el 25.73% al sector terciario y, el resto se encontraban dedicados a otros tipos de actividad.

En Floridablanca, sectores como el de fabricación de dulces típicos, calzado, ebanistería, metalmecánica, en menor medida el de las confecciones y, algunas primerizas apariciones en el sector terciario, están abarcados hoy por más de cinco mil micro y famiempresarios formales, representando una parte importante del músculo productivo del municipio; asimismo, cuenta con una alentadora proyección en el sector del turismo ecológico y de aventura por contar con reservas naturales, atractivos turísticos y una nueva orientación que contribuya a dinamizar esta área.

En cuanto a la distribución de la población entre el área urbana y rural, se tiene que el 95,9% de los habitantes del municipio viven en el área urbana, y el 4,1% restante lo hace en el área rural. En cuanto a lo correspondiente a la estratificación, se estima que el 77% de las viviendas se encuentran distribuidas en los estratos 1,2 y 3; el 15,46% se encuentran ubicadas en los sectores pertenecientes al estrato 4 y el restante 7% es estrato 5 y 6.

En la siguiente gráfica, se observa que en el área de influencia a lo largo del corredor vial, sobresalen especialmente los estratos 3, 4 y 5; vislumbrando una capacidad adquisitiva de los habitantes medio – alta que se está afianzando en el sector.

Figura 7: Estratificación de Floridablanca



Fuente: Oficina Asesora de Planeación de Floridablanca – Floridablancasig.com

5.1.1.2 USOS DEL SUELO

El uso de suelo urbano, se emplea para asignar en un terreno determinado, una o varias actividades del mismo o diferente carácter, que se pueden desarrollar en él y que requiere para su cumplimiento de unas características de infraestructura definidas.

El evento del crecimiento de los límites urbanos y la especialización de zonas específicas para determinado tipo de actividades, como efecto de la política de ordenamiento espacial del territorio, requiere que los nuevos polos de desarrollo conserven conexión con las tradicionales zonas comunes de actividad productiva y estén comunicados además, con las áreas de residencia de la población que se encuentre productivamente activa.

La designación del uso del suelo urbano en un terreno para una actividad definida, influye en el volumen del tránsito vehicular y en las características de la infraestructura vial de transporte.

Un fenómeno de expansión desordenada en la planeación del uso del suelo, genera un aumento estimativo en los costos que se requieren para procurar movilidad cotidiana a

las personas que presentan las condiciones más desfavorables, entretanto, los usos de suelo con mayor nivel de entrada y eficiencia posibilitan en mejor medida el aumento de la productividad económica y el desarrollo.

En el escenario de las poblaciones que encuentran más apartadas de las áreas en que se encuentran altos niveles de concentración de actividades de índole económico, comercial y financiero, éstas requieren realizar mayores desplazamientos por lo que se incrementan sus recorridos. Esto deja entrever que se deben formular y desarrollar políticas que busquen densificar planificadamente las zonas ya existentes, máxime las que forman parte del centro del municipio, con el propósito de reducir la demanda de movilización y fortalecer asimismo, los servicios de transporte público.

A lo largo del trayecto del corredor vial en estudio, entre los usos de suelo que se encuentran, se realizan las siguientes observaciones.

5.1.1.2.1 USO RESIDENCIAL

Este tipo de suelo, incluye los diferentes sectores destinados a vivienda en la zona de influencia, y corresponde básicamente a las estructuras construidas y los espacios definidos para ser ocupados por familias o personas y, los servicios públicos y sociales que se precisen para su eventual desarrollo.

En cuanto a los terrenos destinados para vivienda, éstos constituyen la mayor parte de la zona de influencia del corredor, conformados por los barrios y unidades residenciales que forman parte de las comunas de Cañaveral y el Bosque – Molinos. Estas dos comunas, son altamente densificadas en términos poblacionales, dada la gran cantidad de edificios residenciales que existen en la zona, y a la construcción masiva de nuevas estructuras de uso residencial. En total, se encuentran 98 unidades residenciales, a los que se suman, los recientemente construidos y los que se encuentran en fase de construcción, que superan por lo general los 15 pisos de altura.

Figura 8: Urbanización en Floridablanca



Fuente: google earth

5.1.1.2.2 USO COMERCIAL

En este ítem, se encuentran todas las actividades relativas al intercambio, compra y venta de bienes y/o prestación de servicios.

El uso de suelo de carácter comercial, presenta una tendencia orientada hacia el desarrollo, teniendo como referencia el eje vial en estudio que, en municipios de poca extensión como Floridablanca, surgió a través de la integración de los comerciantes de una zona o barrio, con la finalidad precisa y diversa de demarcar predio a predio y concebir de forma fluida un eje de tipo comercial, que satisfaga suficientemente las necesidades comerciales que se fijan en el sector.

En el área de influencia del corredor vial, se encuentran importantes zonas de actividad comercial, máxime en la zona de Cañaverál, con una variada oferta de bienes y servicios.

Actualmente, existen 3 grandes centros comerciales y un cuarto en proceso de construcción, que conservan entre sí, una distancia de separación menor a los 650 metros a la redonda.

Los siguientes son los centros comerciales que se encuentran ubicados en el sector:

Tabla 4: Oferta de Centros Comerciales

NOMBRE	DETALLE	DIRECCION
Centro Comercial La Florida	Locales comerciales, oficinas, salas de cine, hipermercado Carrefour.	CI 31 No. 26A-19
Centro Comercial Cañaveral	Locales comerciales, oficinas, salas de cine, hipermercado éxito.	CI 30 No. 25-71
Centro Comercial Carrefour	Locales comerciales, oficinas, salas de cine, hipermercado Carrefour.	CI 31 No. 26 - 42
Centro Comercial Parque Arauco	Locales comerciales, torre de negocios - hotel - , oficinas, salas de cine, tiendas por departamento Falabella.	CI 29 Cra 12

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, el sector de Cañaveral, se está trasformando en el polo comercial más importante y, en la principal zona generadora de desarrollo en todo el municipio. En la figura 8, se observan tres de los centros comerciales ubicados en Cañaveral.

Figura 9: Centros comerciales



Fuente: Skypercivity, 7 de Mayo de 2012

En la tabla 5 y figura 9, se muestran los usos de suelo en el Área Metropolitana de Bucaramanga, con el propósito de contextualizar al municipio de Floridablanca, en el escenario metropolitano:

Tabla 5 : Suelos por municipio

Usos del suelo	B/ga (Ha)	Girón (Ha)	Floridablanca (Ha)	Piedecuesta (Ha)	Área total (Ha)	Habitantes	%Área	% Habitantes
Urbano	2689	809	1573	627	5698	954362	5%	94%
Expansión urbana	574	476	504	331	1886	60295	2%	6%
Suburbano	536	0	131	4128	4795		4%	
Protección	2352	30338	4014	30783	67487		55%	
Rural	9111	18382	3330	12865	43688		35%	
Área (Ha)	15262	50005	9552	48734	123553	1014657	100%	100%

Fuente: CDMB

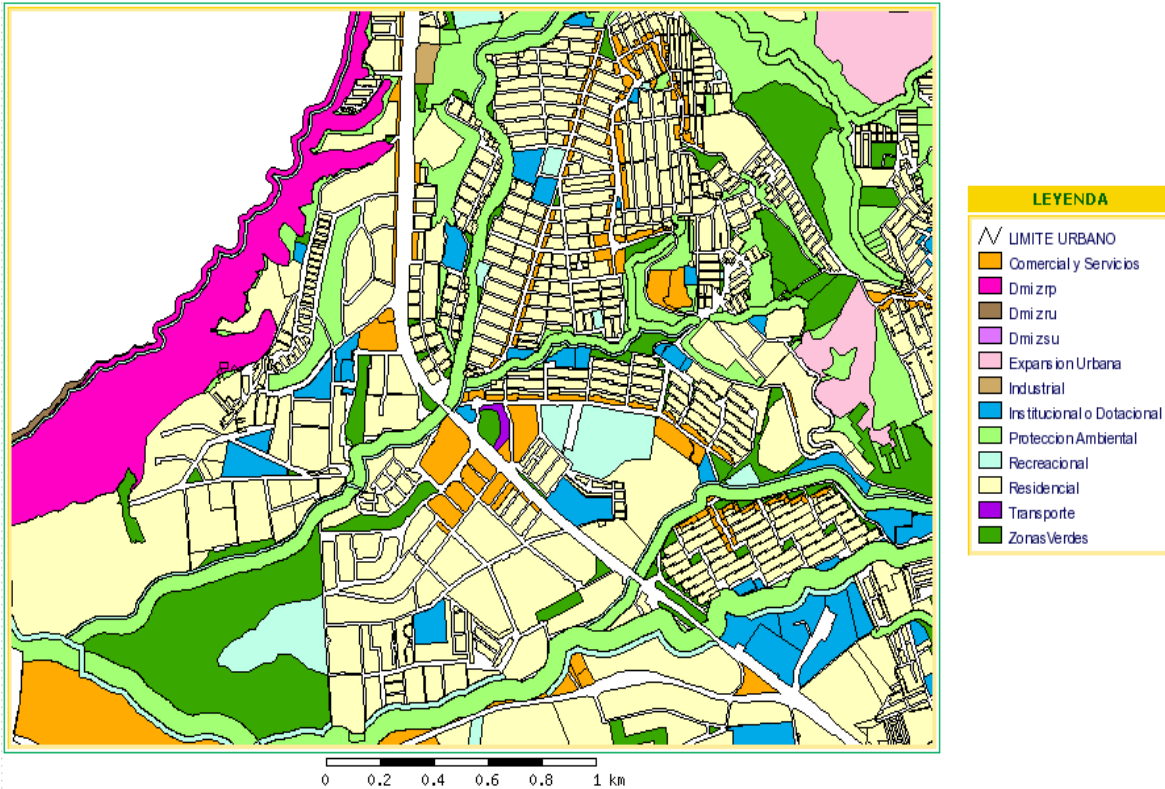
Figura 10: Tipos de suelo por municipio



Fuente: CDMB

En la figura 10, se observan los diferentes usos de suelo del área urbana, en la zona de influencia del corredor vial:

Figura 11: Uso del suelo del área urbana de Floridablanca



Fuente: Oficina Asesora de Planeación de Floridablanca – Floridablancasig.com, Febrero de 2012

5.1.2. INFRAESTRUCTURA VIAL

Como ha acontecido en la mayoría de ciudades y municipios del país, el municipio de Floridablanca dió inicio a su periodo de desarrollo en el ámbito urbano y vial, partiendo de un esquema y una estructura de tipo monocéntrico, que fue generado al interior del casco antiguo. En vista de lo anterior, el desarrollo de la infraestructura vial que dió inicio en el año 1920 entrando en servicio la carretera que conduce de Floridablanca hacia Piedecuesta, no se basó sobre patrón de planificación alguno, sino que surge como respuesta al fenómeno del desarrollo y crecimiento urbano, en la búsqueda de satisfacer los requerimientos de movilidad por parte de los habitantes, dejando atrás aspectos fundamentales de carácter restrictivo de tipo geofísicos y ambientales. Las políticas de planeación en el municipio, se consideran solo hace unos años.

El proceso de desarrollo económico y social observado en Floridablanca, ha dado lugar con el tiempo, a la construcción de algunas vías para el transporte, procurando mejorar la conexión del municipio con el resto del Área Metropolitana y una mejor circulación al interior del mismo.

El sistema vial de la zona urbana, cuenta actualmente con conexiones con destino hacia Bucaramanga, a través de las siguientes vías articuladoras:

- ✓ La transversal oriental Km 9, situada en el extremo oriente que, a la altura del Puente de la Flora, se une con la Meseta de Bucaramanga. Inicia su recorrido, en el margen de la transversal Oriental, entrando al sector llamado “El Campanazo”, El Reposo y realiza conexión en el Kilómetro 9 de la vía Bucaramanga – Cúcuta.

Esta vía, se concibió como una ruta alternativa de integración entre el sur del Área Metropolitana y la capital Santandereana. Las condiciones actuales de la vía, evidencian un estado de la Carpeta asfáltica deficiente, localizándose la zona más crítica hacia el barrio El Carmen, asimismo, se presentan deslizamientos de taludes con asiduidad, causados por el estado del tiempo que, en oportunidades logran encubrir los cuatro carriles de la vía. Si bien, se hizo efectivo un cobro de impuesto de valorización en los barrios inmediatos a la vía, por parte de la administración no se han efectuado los trabajos requeridos, dando lugar a inconvenientes.

- ✓ En el sector centro, la carretera antigua conecta los barrios del suroriente de Floridablanca con Bucaramanga.

Esta vía, ha soportado a lo largo de los años, deslizamientos de tierra que han obstruido el tránsito y, en oportunidades ha puesto en peligro la integridad de conductores y peatones.

Entre los problemas, se ha observado el desprendimiento de rocas y piedras, mayormente en periodos de invierno. Pese a que el margen de esta vía, requiere una intervención para estabilizar los taludes, las únicas medidas que toman las autoridades competentes, han sido la de remover el material que cae a los carriles, implementando así, disposiciones ligeras y parciales, sin abarcar el problema técnicamente, divisoando una notable falta de compromiso.

A lo largo del recorrido de la autopista a la altura de la zona urbana, se encuentran cerca de 13 intersecciones transversales con las vías urbanas primarias (sentido oriente – occidente), que tienen como función comunicar las diferentes zonas urbanas y asimismo, contribuir como eje al desarrollo comercial de los sectores, entre las más considerables se encuentran: Lagos – Cañaveral, Lagos – Anillo Vial, Área Institucional – Rio Frio, Casco antiguo – Bajos de Ruitoque.

Asimismo, existen otras vías que comunican a Floridablanca con los otros municipios del Área Metropolitana:

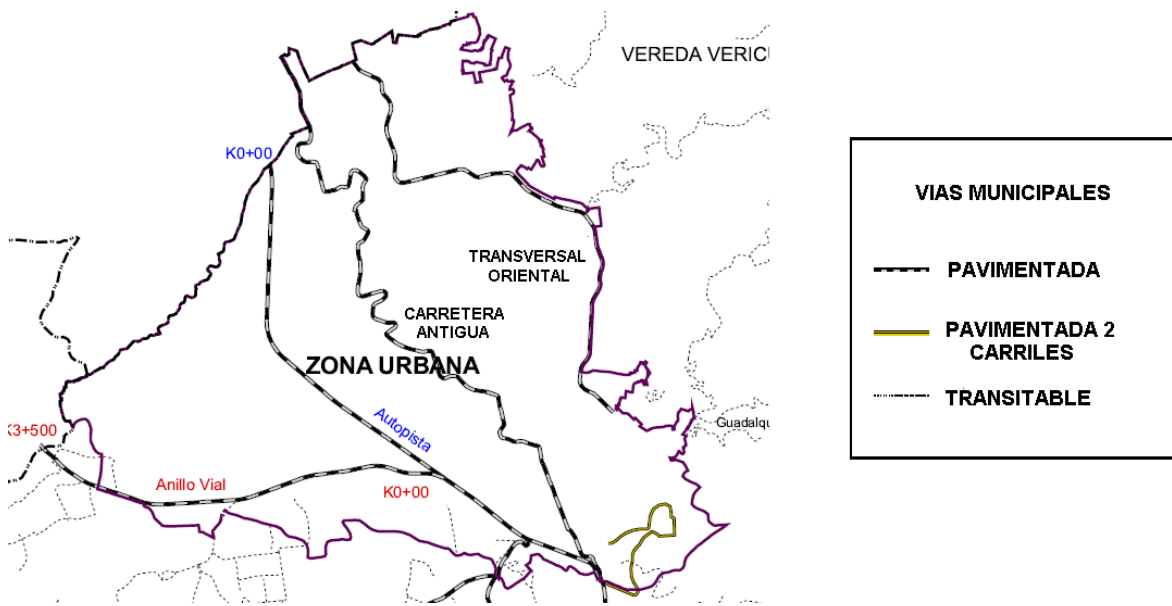
- ✓ Anillo vial Floridablanca – Girón, inicia en el intercambiador del colegio de la Reina de la Paz, en Floridablanca, hasta el intercambiador del barrio el Palenque en el municipio de Girón. Su función consiste en ser una vía urbana alimentadora del desarrollo de la zona urbana del valle de Rio Frio. En la actualidad, tiene

funcionalidad de anillo vial externo, permitiendo accesibilidad y conexión funcional interurbana entre estos dos municipios.

- ✓ La autopista Floridablanca – Piedecuesta, que conecta ambos municipios. Esta vía es de gran importancia, ya que comunica al municipio con un nuevo polo de desarrollo del Área. Inicia su trayecto en el intercambiador del colegio de la Reina de la Paz, hasta la zona denominada Tres Esquinas, en el sector sur del municipio de Piedecuesta. Esta vía, cumple una función estructurante urbana de los valles de Río Frio, Mensulí y Guatiguará.

En la figura 11, se observa el mapa vial del área urbana, sobresaliendo las tres principales vías que comunican al municipio con Bucaramanga.

Figura 12: Mapa vial del área urbana de Floridablanca



Fuente: Elaboración a partir de información de la Oficina Asesora de Planeación de Floridablanca – Floridablancasig.com, Febrero de 2012

Los componentes básicos a nivel vial del municipio de Floridablanca, están organizados y conformados de la siguiente forma:

5.1.2.1 VÍA REGIONAL

Son vías que tienen como función, prestar un servicio de conexión de tipo regional, sobre las que se presentan usos urbanos con un alto impacto, con fuentes generadoras de desarrollo.

- ✓ En este ítem, la vía más importante es la de la autopista de Floridablanca, contando esta vía, además, con la mayor sección transversal. Su inicio, se encuentra situado a la altura del intercambiador del colegio de la Reina de la Paz, hasta el intercambiador de la Puerta del Sol. En un sector de entre 1 y 2 kilómetros es la troncal nacional 45A, con calzadas paralelas a los costados, que se interrumpen parcialmente. Su función, se basa en servir como vía estructurante urbana del corredor vial Floridablanca – Bucaramanga.

En la dirección oriente – occidente, se ha generado una discontinuidad, provocando un desvío por el valle de Rio Frio hacia la costa; por su funcionalidad de actividad intra - urbana, el tránsito que circula por esta vía en este movimiento, está compuesto básicamente por tránsito interurbano y urbano.

5.1.2.2 VÍA METROPOLITANA

Por su función de conectar zonas interregionales sobre las que aparecen usos urbanos y, su alto impacto a nivel metropolitano, la vía Transversal Oriental, especialmente al margen oriental del casco urbano, se encuentra dentro de esta clasificación, en virtud de que interconecta la meseta de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta.

Su función, consiste en formar un corredor vial que preste el servicio al margen del perímetro urbano oriental de Floridablanca, que contribuya a consolidar el sistema de movilidad en el sentido norte – sur, sin generar impacto alguno la red vial de Floridablanca.

En las inmediaciones de esta vía, se han adelantado importantes proyectos de construcción de viviendas, convirtiendo el sector en un interesante eje de desarrollo.

5.1.2.3 VÍA MUNICIPAL URBANA

Están conformadas, por ejes viales que alimentan las zonas urbanas, y que sirven como conectores entre las vías metropolitanas, contribuyendo a optimizar su funcionamiento.

La carretera antigua a Floridablanca (antigua troncal), en calidad de su importancia por el servicio que presta al interior del casco urbano y como conector metropolitano, se sitúa en este apartado. Se constituye además, en un eje vial alternativo de conexión en

dirección norte – sur entre los municipios de Bucaramanga y Floridablanca, orientada a favorecer la movilidad de esta parte de la población. La ausencia de espacio público, se constituye quizás, en el principal problema se presenta en esta vía.

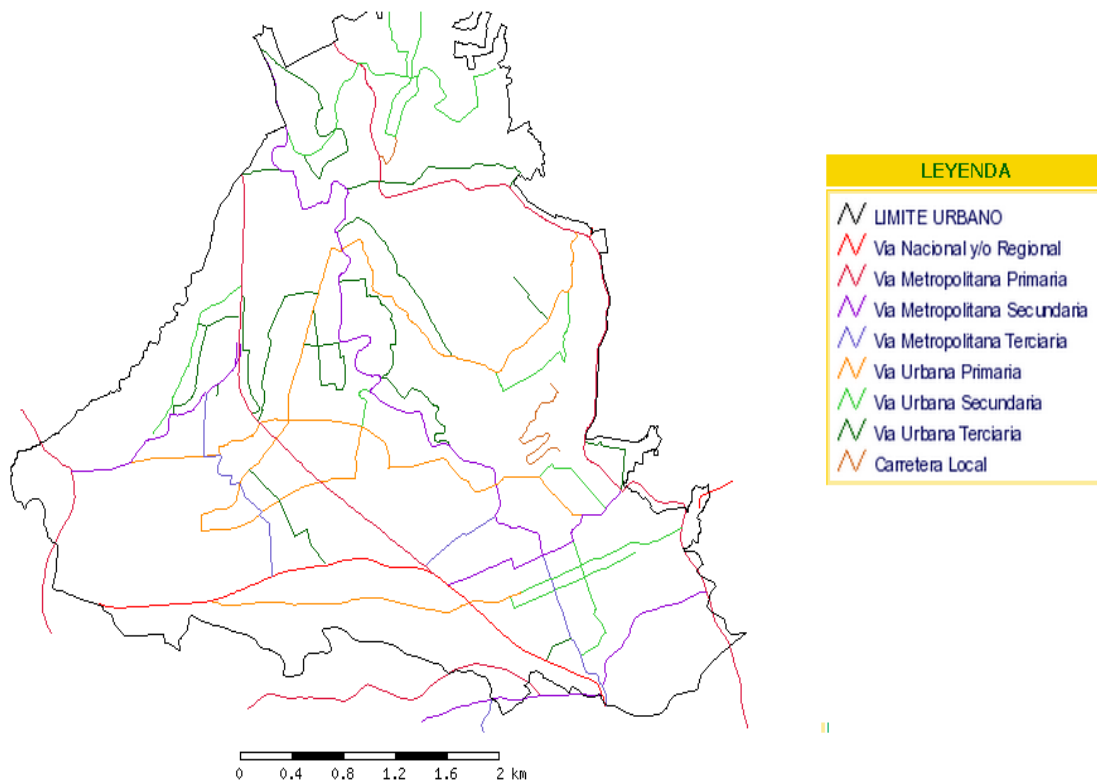
5.1.2.4 VÍA MUNICIPAL RURAL

Tiene como función, intercomunicar en todas las direcciones, la zona urbana con el área rural del municipio, donde se establecen los corregimientos y las veredas. Este sistema, que constituye la red vial de las veredas, cumple un papel de tipo local, visto que, solo comunican zonas del área municipal.

La vía a Ruitoque, se encuentra encasillada en este índice vial. Comunica el caso urbano de Floridablanca, con la meseta de Ruitoque. En forma de anillo semicircular, esta vía conecta asimismo, Ruitoque Bajo con Ruitoque Alto en el corregimiento 3 del municipio.

En la figura, se observa la jerarquización de las vías del municipio:

Figura 13: Jerarquización vial del área urbana de Floridablanca



Fuente: Oficina Asesora de Planeación de Floridablanca – Floridablancasig.com

Según información publicada en el plan maestro de movilidad de Floridablanca, contenida en el plan de desarrollo 2012 del municipio, el estado de las vías no están tan deficiente como la mayoría de la opinión pública acredita; del total de kilómetros que conforman la malla vial del municipio, el 5% de las vías requieren mantenimiento periódico y un 9% mantenimiento rutinario.

Figura 14: Indicadores de las vías

VIAS		INDICADORES RECIENTES DE FLORIDABLANCA		FUENTE
Vías metropolitanas, intermedias y locales	Malla vial	Km requieren mantenimiento periódico / Km totales x 100	5%	Plan maestro de movilidad Floridablanca
		Km requieren mantenimiento periodico / Km totales x 100	9%	Plan maestro de movilidad Floridablanca
		Km requieren reconstrucción y rehabilitación / Km totales x 100	10%	Plan maestro de movilidad Floridablanca
		Puentes viales que requieren mantenimiento / Total puentes existentes	50%	Secretaría de infraestructura
Proyectos viales metropolitanos y urbanos prioritarios urbanos	Conexión en zonas de expansión	Proyectos de expansión ejecutados / Total de proyectos de expansión identificados	0%	Plan maestro de movilidad Floridablanca
		Proyectos de corredores viales urbanos ejecutados / Total de proyectos corredores viales urbanos identificados	0%	Plan maestro de movilidad Floridablanca
		Intercambiadores viales ejecutados / Total de intercambiadores viales identificados	0%	Plan maestro de movilidad Floridablanca

Fuente: Plan de desarrollo de Floridablanca 2012 – 2015, “Primero Floridablanca”

5.1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA MOVILIDAD

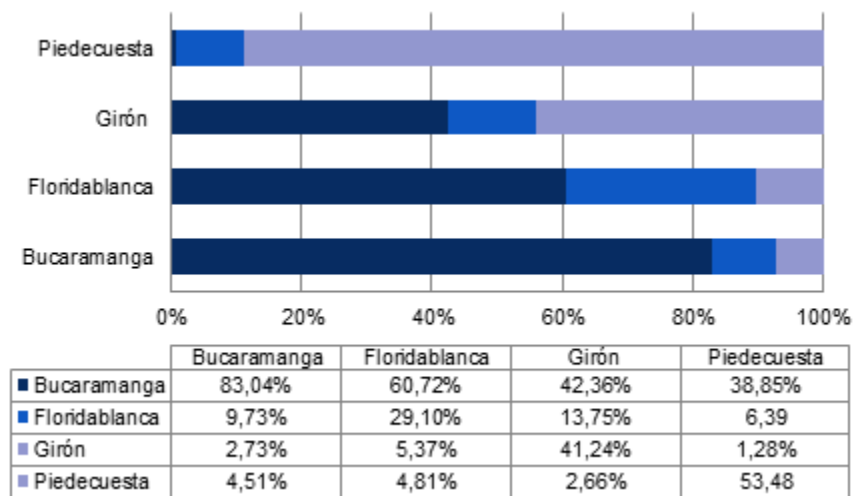
En este fragmento, se citan los desplazamientos realizados por la población residentada en el sector en que se desarrolla el estudio.

Para este fin, se tomó como referencia información de tipo secundario. Esta información, la constituyen las encuestas de distribución de viajes que se encuentran contenidas en el Plan Maestro de Movilidad Floridablanca 2011 – 2030.

Como producto, se obtuvo la distribución cualitativa y cuantitativa de los viajes totales por modo como se observa en la figura 14 y, por distribución de origen y destino por municipios como se muestra en la figura 15.

En el escenario de la distribución de viajes de Floridablanca hacia otros municipios del área metropolitana, se tiene a Bucaramanga como principal destino. Por otro lado, la distribución de viajes internos en el municipio es el más bajo para Floridablanca con 29,10% si se compara con los otros municipios del área, donde este concepto representa más del 40% de la totalidad de los viajes.

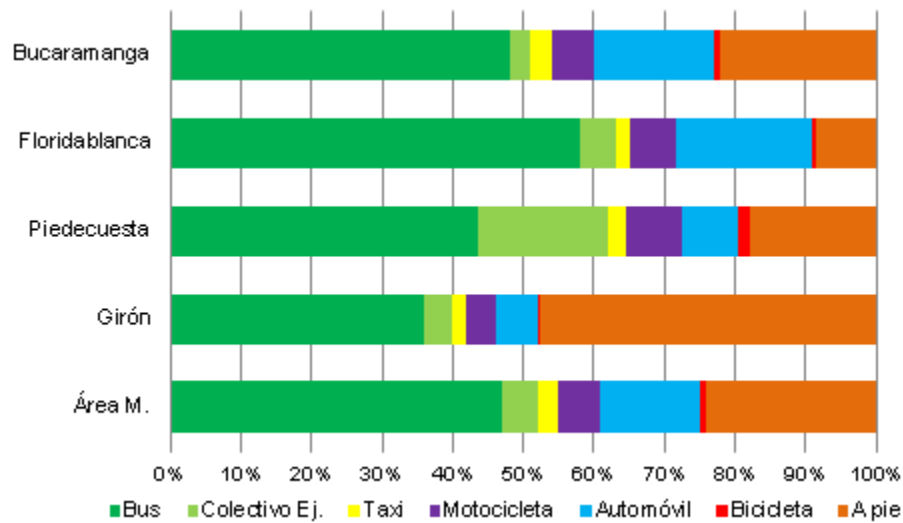
Figura 15: Distribución de viajes en los municipios



Fuente: Plan Maestro de movilidad de Floridablanca 2011 -2030

En cuanto a la modalidad de los viajes, se tiene que el municipio de Floridablanca es el que guarda la participación más alta de viajes en transporte público entre las medias de los municipios del área Metropolitana. Asimismo, Floridablanca cuenta con la más baja participación de viajes a pie entre los municipios sondeados.

Figura 16: Modalidad de viajes



Fuente: Plan maestro de movilidad de Floridablanca 2011 -2030

5.1.4. SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO

5.1.4.1 SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO METROLÍNEA

En el municipio de Floridablanca y en el resto del área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, el tema de la movilidad urbana, ha adquirido una connotación bastante particular, adquiriendo una importancia mayúscula en la agenda de las administraciones locales y en el transcurso de la rutina regular de los habitantes ciudadanos.

El proyecto del sistema integrado de transporte masivo dispuesto para el área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, se planteó y desarrolló bajo la urgente necesidad de dar un giro sustancial a las características del modelo de movilidad que se estaban presentando a lo largo del área.

Proyectos de las características y naturaleza de Metrolínea, se presentan como valiosas oportunidades para efectuar profundos cambios urbanos, en vista de una mejora efectiva de la calidad de vida de los habitantes y buscar un mejor equilibrio entre los componentes que forman parte de la dinámica del territorio. Sin embargo, todos los proyectos no terminan materializándose en la respuesta positiva que se buscaba desde el instante de su concepción visto que, los alcances de las iniciativas en materia de movilidad urbana no tienen que ver únicamente con la modalidad del transporte y de las características tecnológicas que traigan estos proyectos consigo, sino que además, es fundamental la competencia del análisis de la problemática, a partir de la cual se comienzan a plantear alternativas de soluciones y de los procesos que se llevan a cabo dentro del mismo.

En vista del cúmulo de características negativas que presentaba el sistema de transporte público colectivo urbano a lo largo del área metropolitana, y de las externalidades negativas representadas en deficiencias operativas acentuadas y, la baja calidad de la prestación del servicio transporte, el gobierno nacional, a través del Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Integrado de Desarrollo Urbano, decidió replantear sus orientaciones en el tema del transporte urbano, apoyando activamente las iniciativas de los proyectos de transporte que se caractericen por disponer del empleo de autobuses modernos de alta capacidad y el uso de un carril exclusivo del corredor troncal para su circulación. Por medio de la adopción de este nuevo sistema de transporte, se buscaba que Metrolínea se convirtiera en un elemento transformador del tradicional sistema de transporte público colectivo urbano, que impulse la reestructuración y fortalecimiento del sistema de movilidad bajo un esquema operacional eficiente, introduciendo un concepto nuevo del servicio que guarde un equilibrio entre los factores económicos, ambientales y sociales.

Figura 17: Pasado y presente del transporte público

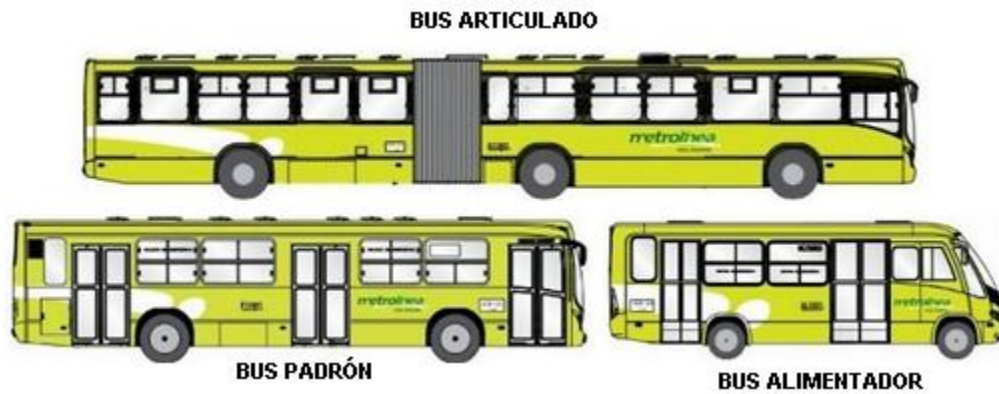


Fuente: Flickr.com, Abril 2012

El sistema de transporte Metrolínea opera con autobuses modernos de tipo articulado que, operan en las vías troncales a través de un carril segregado y, sobre las vías petroncales y rutas alimentadoras con tránsito mixto, funciona a través de autobuses padrones y alimentadores. De igual forma, la flexibilidad le posibilita al sistema, que los autobuses padrones ingresen al corredor troncal y lo utilicen para realizar su recorrido.

En la figura 17, se observan los diferentes tipos de autobuses a través de los cuales el sistema integrado de transporte masivo Metrolínea, presta el servicio:

Figura 18: Vehículos del sistema

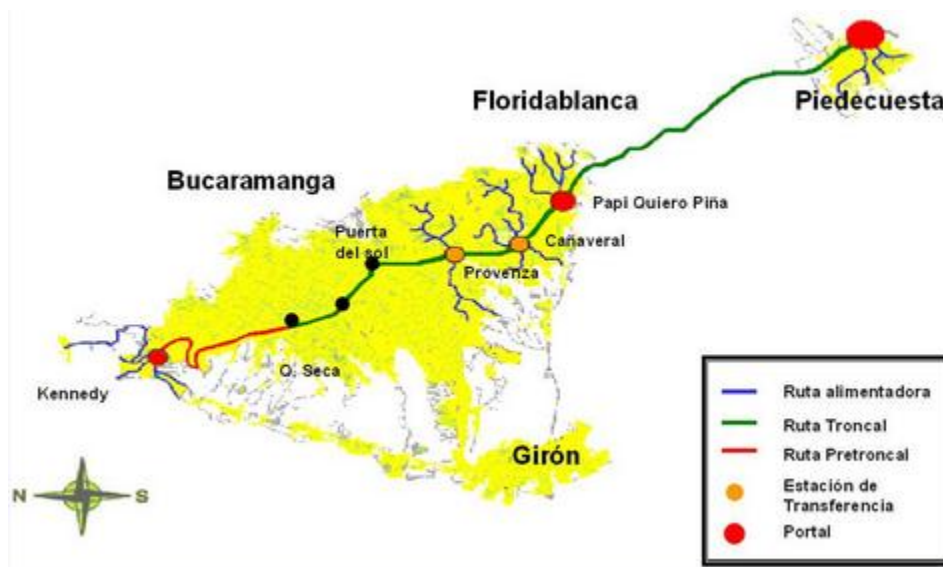


Fuente: Metrolinea

El sistema inició su primera fase de construcción en el año 2006, siendo inaugurado el 22 de Diciembre de 2009, justamente cuando se cumplían 387 años de la fundación de Bucaramanga.

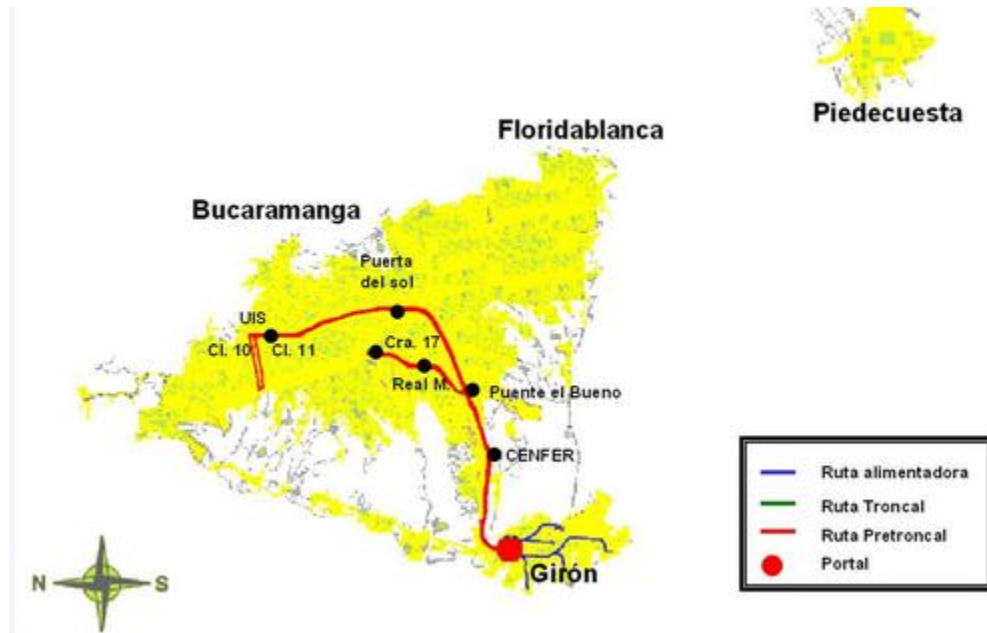
En las figuras 18 y 19, se muestra la configuración del sistema integrado de transporte masivo Metrolinea:

Figura 19: Configuración del sistema



Fuente: Metrolinea

Figura 20: Configuración del sistema



Fuente: Metrolínea

Con el inicio del funcionamiento de Metrolínea, se daba por descontado que los problemas de movilidad en el área irían a desaparecer rápidamente, cosa que no ha ocurrido y después de poco más de 2 años de operación del sistema, cada vez son más severas las dificultades que atraviesan los conductores y los usuarios, cuando de transitar por una vía se trata.

Es indiscutible que, los problemas de movilidad en el área han alcanzado su máxima expresión y, conforme a esto, es imperativa la formulación y aplicación de medidas dirigidas a buscar soluciones que ataquen este problema de forma drástica. Desde hace un tiempo, se han venido implementando medidas de diferente naturaleza; la más común y “políticamente correcta”, es el pico y placa que, en realidad, su significación es mínima en comparación con la dimensión fáctica de la problemática.

La aparición en el escenario del nuevo sistema, prometía mejorar la calidad de vida de los habitantes y, la irrupción de un nuevo modelo de desarrollo más equilibrado y amigable con el medio ambiente. Si bien, al inicio, el nuevo sistema despertó grandes expectativas dado que, hasta hace unos años era impensado que la ciudad pudiera acoger un proyecto de semejante magnitud. No obstante, estas expectativas no se han satisfecho, entre otras razones, por la negativa del gremio de los transportadores a chatarrizar sus viejos vehículos de servicio público, para darle lugar al nuevo sistema. Actualmente, el paralelismo es uno de los grandes problemas que afronta Metrolínea y el que más pérdida le genera en términos financieros.

En la tabla 6, se muestra como se redujo la oferta de buses de servicio público colectivo en la fase 1 y, cómo se disminuirá la misma con la incursión de la fase 2 del sistema. La información se encuentra dispuesta entre las diferentes empresas encargadas de prestar el servicio:

Tabla 6: Reducción de la oferta de vehículos de transporte público colectivo urbano

OPERADOR	FASE 1		FASE 2	
	CAP INICIAL	PARQUE QUEDA	A RETIRAR	PARQUE QUEDA
METROCINCO	1210	872	293	579
MOVILIZAMOS	679	529	201	328
UNITRANSA S.A.	512	369	124	246
TRANSCOLOMBIA S.A.	317	228	77	151
COTRANDER LTDA.	248	179	60	119
TRANSPORTES GIRON S.A.	133	96	32	63
TRANSPORTES PIEDECUESTA S.A.	200	156	66	109
ORIENTAL DE TRANSPORTES S.A.	131	102	36	59
METROPOLITANA DE SERVICIOS S.A.	63	49	17	28
LUSITANIA S.A.	117	91	34	56
TRANSPORTES VILLA DE SAN CARLOS S.A.	43	34	13	20
COOTRAGAS CTA.	38	30	11	17
TRANSPORTES SAN JUAN S.A.	87	68	24	39
TOTALES	1889	1401	494	907

Fuente: Metrolínea

En la tabla 7, se expone la información correspondiente a la reducción de la oferta de rutas en las fases 1 y 2 de Metrolínea para las diferentes empresas que se encargan de prestar el servicio de transporte público colectivo urbano. En la tabla 8, se presenta la información de la evolución del parque automotor en sus diferentes modalidades, que se encuentra dispuesto para las diferentes fases de Metrolínea.

Tabla 7: Reducción de la oferta de rutas de transporte público colectivo urbano

OPERADOR	NUMERO DE RUTAS		
	INICIAL	FASE 1	FASE 2
METROCINCO	69	39	25
MOVILIZAMOS	34	23	11
UNITRAMSA S.A.	28	14	8
TRANSCOLOMBIA S.A.	20	13	10
COTRANDER LTDA.	14	5	1
TRANSPORTES GIRON S.A.	7	7	6
TRANSPORTES PIEDECUESTA S.A.	10	6	0
ORIENTAL DE TRANSPORTES S.A.	8	3	1
METROPOLITANA DE SERVICIOS S.A.	3	3	3
LUSITANIA S.A.	6	4	2
TRANSPORTES VILLA DE SAN CARLOS S.A.	2	2	0
COOTRAGAS CTA.	1	1	1
TRANSPORTES SAN JUAN S.A.	4	4	4
TOTALES	103	62	36

Fuente: Metrolínea

Tabla 8: Evolución del parque automotor en cada una de las fases (I, II, III)

FASE	OPERADOR	ARTIC	PADR	ALIM	TOTAL	TOTAL
1	METROCINCO	9	28	41	78	132
	MOVILIZAMOS	7	19	28	54	
2	METROCINCO	8	21	33	62	103
	MOVILIZAMOS	5	14	22	41	
TOTAL		29	82	124	235	235

Fuente: Análisis de la situación actual y futura de los sistema de transporte masivo y complementario
Área Metropolitana de Bucaramanga SUBDIRECCION DE TRASPORTE

Este sistema que presta el servicio de transporte masivo, cuenta para su funcionamiento con el siguiente grupo de rutas alimentadoras, troncales y petroncales cómo se puede observar en la tabla 9:

Tabla 9: Rutas del sistema

RUTAS ALIMENTADORAS		RUTAS PETRONCALES	
AC1	Cañaveral - Bellavista		
AC2	Hormigueros - palomitas	P1	Quebradaseca - La Cumbre
AC3	Molinos	P2	Quebradaseca - Villabel
AF1	Lagos - Limoncito	P3	UIS - Bucarica
AF2	Lagos - Versailles	P6	UIS - Lagos
AP1	Provenza - Reposo		
AP2	Diamante - El Carmen		
AP8	Provenza - Portón del Tejar		

Fuente: Metrolínea

5.1.4.2 TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO

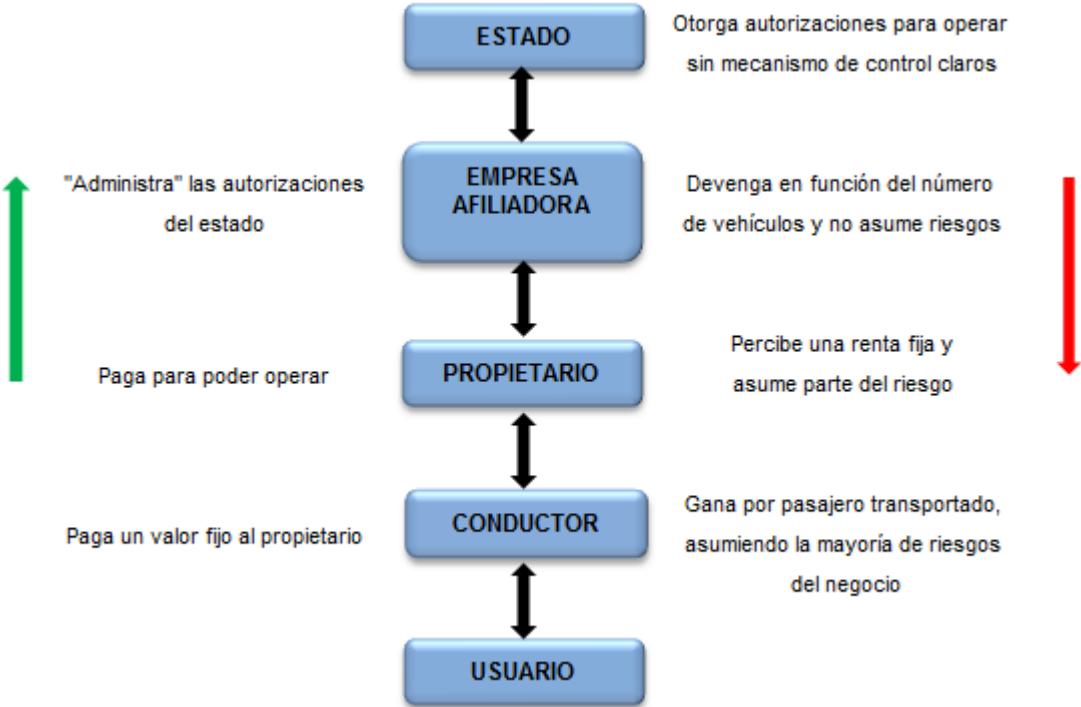
En el escenario metropolitano, Floridablanca es un municipio con una densidad poblacional considerable (2666 hab/km²), por lo que es vital contar con un sistema de transporte público urbano que satisfaga los altos y crecientes niveles de demanda, para asimismo, asegurar el oportuno traslado hacia los sitios de las actividades que se realizan por parte de los usuarios del sistema.

Las empresas que tienen por razón la prestación del servicio de transporte público colectivo urbano en el municipio y en el resto del Área Metropolitana, tienen una estructura organizacional y una política administrativa semejante a la mayoría de las que operan en el resto del territorio nacional. Los propietarios de los vehículos, son afiliados, para que se ocupen de cubrir las rutas que le sean asignadas por la autoridad habilitada de transporte dentro de la figura de economía de mercado. Bajo estas condiciones, los propietarios de los vehículos que prestan el servicio, son los que asumen los gastos por concepto de operación de los mismos y, no pueden, discriminadamente, cumplir con el uso óptimo de los recursos empleados. En vista de lo anterior, los empresarios, tienen como propósito conseguir las mejores rutas y captar la mayor cantidad de propietarios de vehículos pasando evidentemente, a un segundo plano la eficiencia administrativa y la calidad de la prestación del servicio.

Estas empresas, compiten constantemente entre sí en los tramos más importante de las rutas – competencia en el mercado –, por tanto, presentan serios problemas para coordinar apropiadamente entre ellas los trabajos para que la salida a operación de los vehículos sobre las rutas que cubren, sean realizadas en consideración de los condiciones de demanda que se presenten ese momento.

En la figura 20, se presenta la estructura empresarial y el modelo sobre el cual opera el sistema:

Figura 21: Estructura empresarial y la guerra del centavo

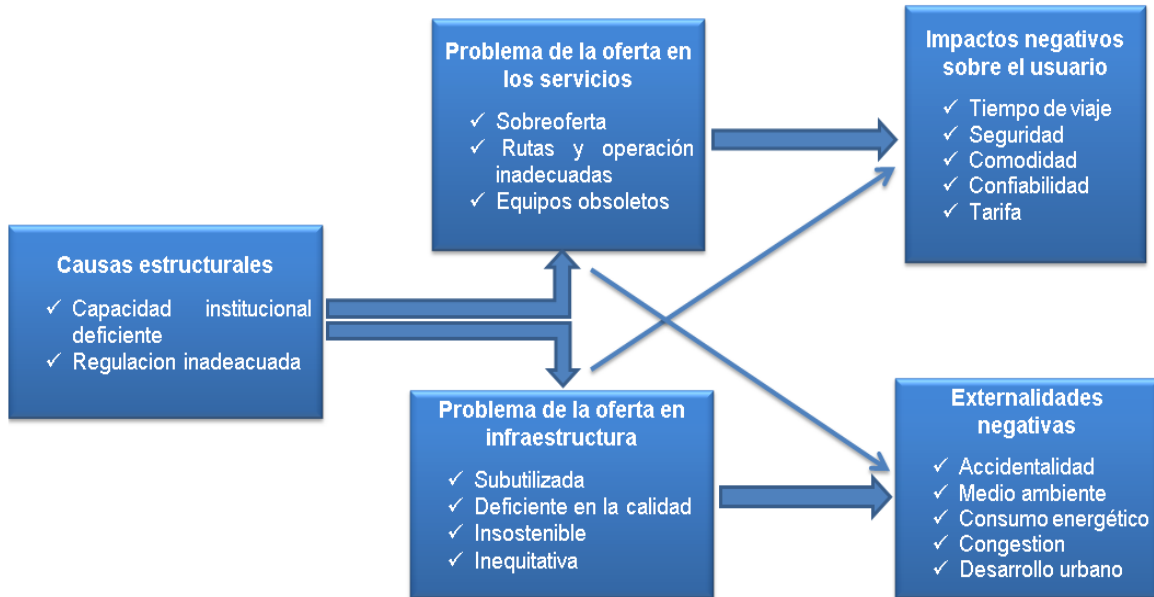


Fuente: Elaboración propia a partir de información del Departamento Nacional de Planeación Documento CONPES 3260

El sistema de rutas de transporte colectivo en el municipio y en el resto del Área Metropolitana, es consecuencia de varios años de permanentes modificaciones en la forma cómo se ha estructurado el gremio y los propietarios de los vehículos, de las reformas en el marco normativo legal y de la limitada capacidad de gestionamiento por parte de la autoridad gubernamental para planificar, administrar y operar de forma adecuada el sistema.

En la figura 21, se aprecia en forma global, la problemática existente en el transporte público de pasajeros:

Figura 22: Problemática del transporte público de pasajeros



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Departamento Nacional de Planeación Documento CONPES 3167

El transporte público colectivo urbano que en la actualidad opera en el municipio de Floridablanca, está compuesto por el sistema de rutas complementarias para el Área Metropolitana de Bucaramanga. En el municipio, operan 19 rutas complementarias que lo cubren en su totalidad, siendo estas rutas a su vez, controladas por 8 empresas encargadas de prestar el servicio de transporte (ver tabla 10). Es importante tener en cuenta que, las rutas del municipio de Piedecuesta, durante su recorrido atraviesan el municipio de Floridablanca, por ser un punto obligado de paso.

Tabla 10: Transporte público colectivo en Floridablanca

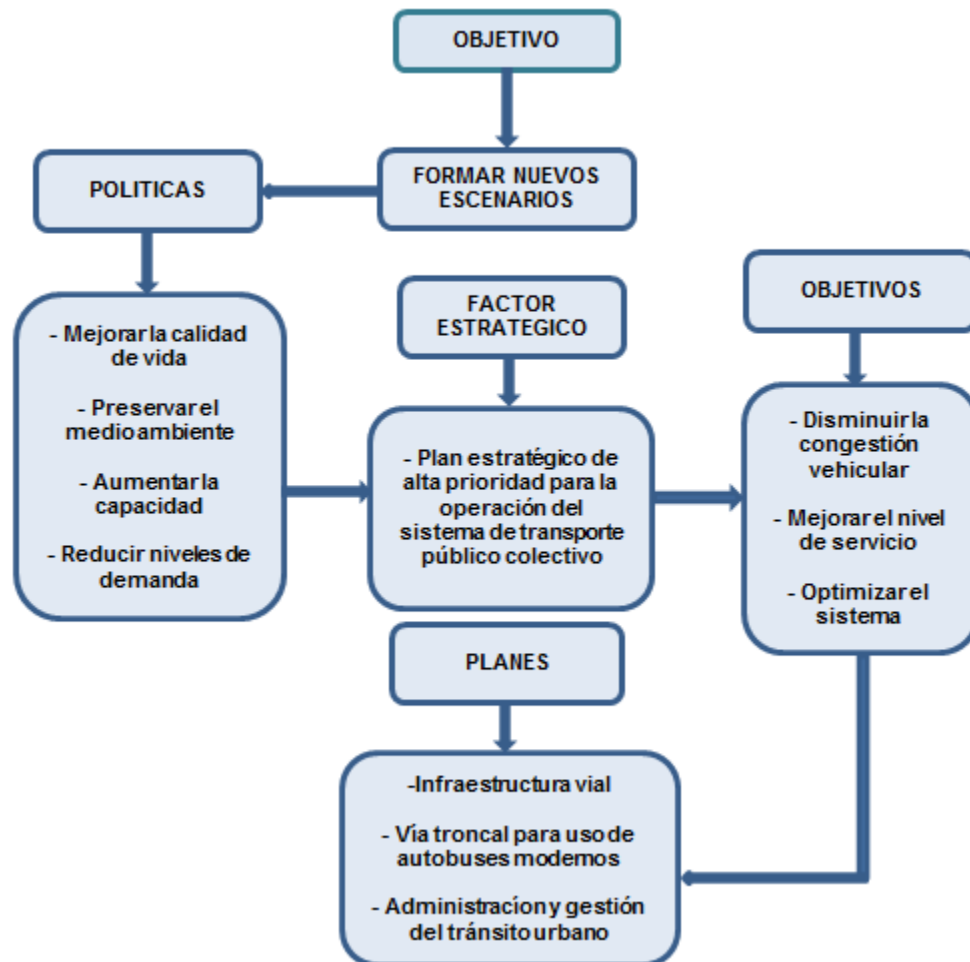
RUTA N°	NOMBRE	EMPRESA	RUTA N°	NOMBRE	EMPRESA
11	Portón del Tejar	Unitransa S.A	34	La joya - C. Valencia	Oriental de Transportes S.A
12	Limoncito	Unitransa S.A	35	Cumbre - Terminal - Centro	Oriental de Transportes S.A
13	Oasis - Terminal	Unitransa S.A	40	Florida	TransporteS Piedecuesta S.A
18	Zapamanga	Transcolombia S.A	52	Caracolí	Lusitania S.A
19	Valencia	Transcolombia S.A	53	Panorama	Lusitania S.A
28	Carmencita	Cotrander Ltda.	54	Florida	Lusitania S.A
29	Cañaveral	Cotrander Ltda.	56	Floridablanca - Terminal	Villa de San Carlos S.A
30	Igsabelar	Cotrander Ltda.	57	Vivero - Cra 33	Villa de San Carlos S.A
31	EL Carmen	Cotrander Ltda.	62	Anillo vial	Transportes San Juan S.A
32	Caracolí	Cotrander Ltda.			

Fuente: Dirección de tránsito de Floridablanca

La gran dinámica que se está observando, propia de un municipio atractivo para la inversión, lo que estimula activamente la fase de crecimiento y desarrollo económico que está atravesando, exige asimismo, un sistema integrado de transporte masivo que opere eficientemente, con coberturas óptimas que garanticen el acceso a éste de toda la población. Este sistema, debe contribuir a mejorar la productividad y competitividad del municipio sobre la base de óptimos tiempos de desplazamiento y, estar acorde con el modelo de ciudad sostenible, donde se busque por todos los medios disminuir las emisiones de agentes contaminantes y, otorgue la posibilidad real de preferir modos de transporte alternativos al automóvil particular.

El objetivo sobre el cual se debe orientar el transporte público, se puede apreciar en la figura 22:

Figura 23: Objeto del transporte público



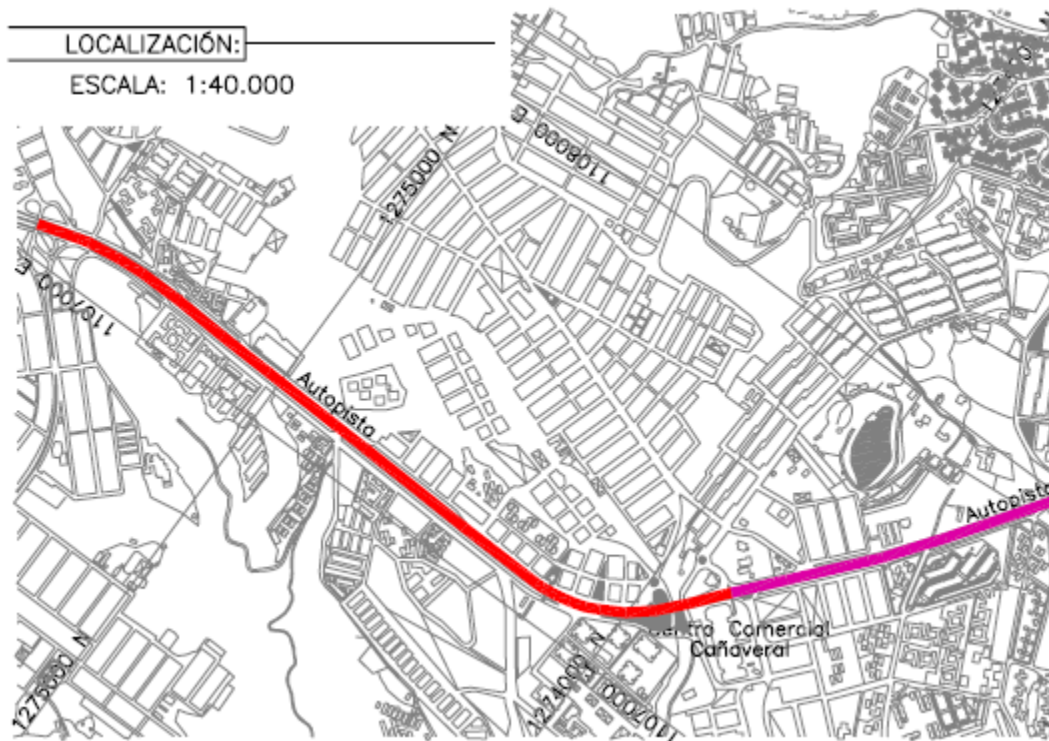
Fuente: Elaboración propia

5.2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL CORREDOR VIAL Y LA ZONA DE INFLUENCIA

El tramo vial en estudio, se encuentra situado en los terrenos que van dirigidos con una leve pendiente hacia el occidente, demarcados además, hacia el oriente por terrenos escarpados a modo de cerros bajos, localizados al lado borde del macizo de Santander, que se alzan más hacia el oriente y que llegan a niveles que sobrepasan los 4.000 metros sobre el nivel del mar en el Páramo de Santurbán. Hacia el margen oriental de este tramo del corredor vial, sobresalen los cerros bajos de los barrios Caldas y La Cumbre, entretanto, hacia la parte occidental entre Provenza y El Bosque se distingue igualmente el cerro bajo de Palomitas.

En la figura 23, se observa la localización del corredor vial:

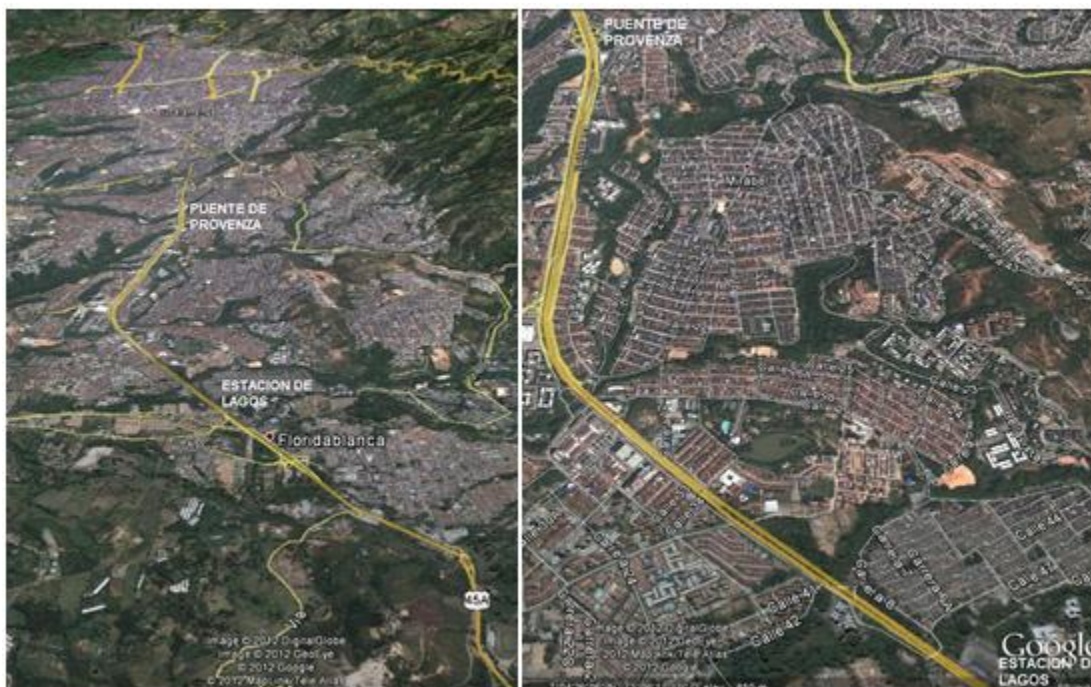
Figura 24: Localización del corredor vial



Fuente: Metrolínea

En la figura 24, se observan dos vistas aéreas del corredor:

Figura 25: Vista aérea del corredor vial



Fuente: Imagen satelital de google earth, Marzo 2012

En el transcurso del corredor vial, se presentan terrenos en ascenso en el tramo que se dirige en sentido Cañaveral - Puente de Provenza, con una diferencia de nivel de 65 metros, en los 2.7 Km que separan los dos puntos, no obstante, el sector comienza con un leve descenso entre la estación de Metrolínea Los Lagos y el puente del Centro Comercial Cañaveral, para iniciar luego, el ascenso continuo hasta el puente de Provenza

En el plan de ordenamiento territorial (POT – Decreto 078 de 2008) de la ciudad de Bucaramanga, se clasifican las vías en dos tipos: las primeras son las Vías Arteria Tipo y las segundas se denominan Vías de la Red local del municipio. Asimismo, las primeras se dividen en 4 tipos: Tipo V-0, Tipo V-1, Tipo V-2, Tipo V-3.

El corredor vial de la autopista Bucaramanga – Floridablanca correspondiente a este estudio, se encuentra clasificado como Vía de Arteria Tipo V-0, visto que, su sección vial transversal supera los 60 metros.

El área de influencia directa del sistema vial del presente estudio, corresponde al actual corredor de la autopista Bucaramanga – Floridablanca, desde Cañaveral (Metrolínea – estación Lagos) hasta el puente de Provenza.

El área de influencia indirecta del estudio, la conforma en su forma más simple todo el municipio de Floridablanca, y en general el Área Metropolitana de Bucaramanga, por ser la potencial beneficiaria directa de las alternativas planteadas en este proyecto que, busca a través de alternativas una mayor agilidad y fluidez del tránsito vehicular. Asimismo, los residentes ubicados en barrios lindantes al corredor como son: Cañaveral de la Riviera, Lagos II, Torres de Aragón, Cerros de Cañaveral, Buganvilia, Serranilla de Cañaveral, Cañaveral Oriental, Lagos I, Molinos Altos, El Bosque, La Zafra, Cerros del Campestre, Andalucía, Carabelas, Villa Firenze, Parque Campestre, Niza, Torres de Madeira, Guayacanes, Marsella Real, Trinitarios y Torres de San Felipe.

En el área de influencia del proyecto, se encuentran las comunas El Bosque (comuna 5), Cañaveral (comuna 2), Lagos (comuna 6).

En la tabla 11, se muestran los barrios por comuna dentro del área de influencia del proyecto.

Tabla 11: Barrios por comuna

BARRIO	COMUNA	BARRIO	COMUNA
Cañaveral de la Riviera	Comuna 2	Cerros del campestre	Comuna 5
Lagos II	Comuna 6	Andalucía	Comuna 5
Torres de Aragón	Comuna 2	Carabelas	Comuna 5
Cerros de cañaveral	Comuna 2	Villa Firenze	Comuna 5
Buganvilia	Comuna 2	Parque Campestre	Comuna 5
Serranilla de cañaveral	Comuna 2	Niza	Comuna 5
Cañaveral oriental	Comuna 2	Torres de Madeira	Comuna 5
Cañaveral	Comuna 2	Guayacanes	Comuna 5
Lagos I	Comuna 2	Marsella Real	Comuna 5
Molinos Altos	Comuna 5	Trinitarios	Comuna 5
El Bosque	Comuna 5	Torres de San Felipe	Comuna 5
La Zafra	Comuna 5		

Fuente: Plan de Desarrollo de Floridablanca

Este sistema vial, presta un servicio sustancial a los centros de actividad urbana más importantes del Área Metropolitana. Asimismo, éste corredor guarda una gran concentración del tráfico que va a entrar por el sur hacia Bucaramanga, así como los que se movilizan desde Bucaramanga y Floridablanca hacia el municipio de Piedecuesta; éstos, tienen la ruta principal por este trayecto. En el sector del puente de Provenza, se encuentran dispuestos intercambiadores viales en los dos sentidos de circulación

vehicular; éstos, comunican hacia la diagonal 105 para el sentido de circulación norte – sur y, en dirección hacia la calle 105 para los usuarios que circulan en sentido sur – norte. De estos sectores, también proviene tráfico que se integra al corredor vial.

Este tramo, es básicamente uno de los que guarda una mayor cantidad de volúmenes de tránsito a nivel Metropolitano, así como los trayectos de viajes más largos y, proporciona el servicio a una cantidad elevada del total de viajes realizados en la ciudad.

Figura 26: Vista aérea del Puente de Provenza



Fuente: google earth, Marzo de 2012

En la tabla 12, se observan las características geométricas más relevantes del corredor vial.

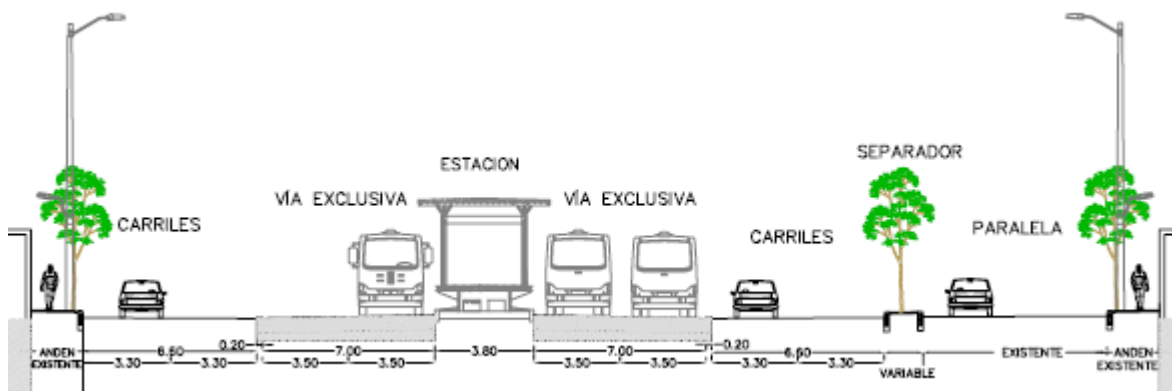
En las figuras, 26,27 y 28, se muestran los diferentes perfiles viales que se presentan en la vía. Estos perfiles, reúnen las características más importantes que se pueden observar en cada uno de ellos.

Tabla 12: Características geométricas del corredor vial

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
Longitud del tramo	3,290 Km
Número de calzadas	Perfil tipo estación - 3 -
	Perfil tipo típico - 3 -
	Perfil tipo típico con vías paralelas - 3 - 4 -
Separador mínimo	2,00 m
Separador en la zona de estación	3,80 m
Ancho del carril para el sistema de transporte masivo sin estación	3,30 m
Ancho de carriles para transporte particular	3,30 m
Número de carriles para el sistema de transporte masivo	1 carril
Número de carriles para transporte particular	2 carriles
Ancho de bahías de paradas puerta derecha	3,00 m
Pendiente promedio	2,40%
Cota promedio estación de Lagos	855 m
Cota promedio estación de Provenza	920 m

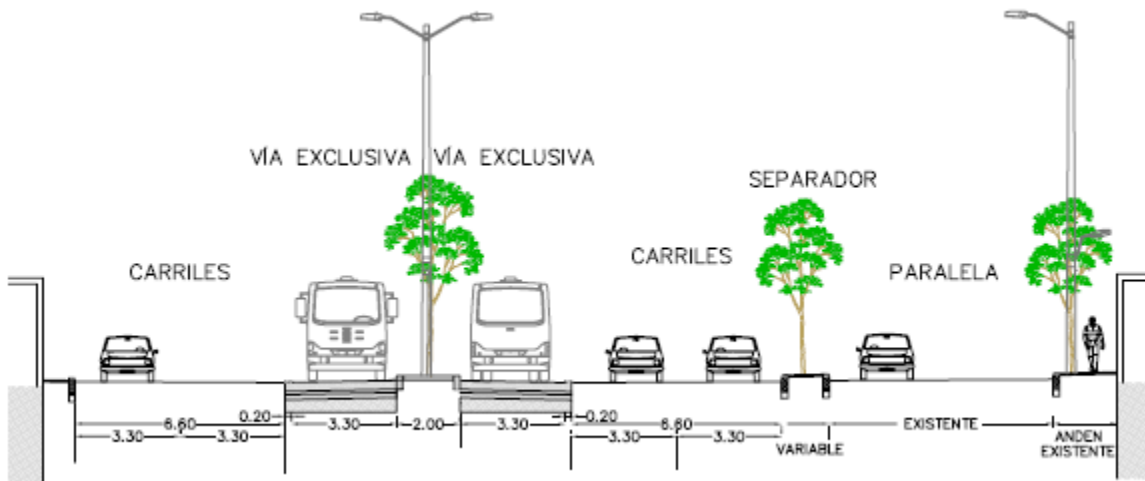
Fuente: Elaboración propia a partir de información de Metrolínea

Figura 27: Perfil tipo estación del corredor vial



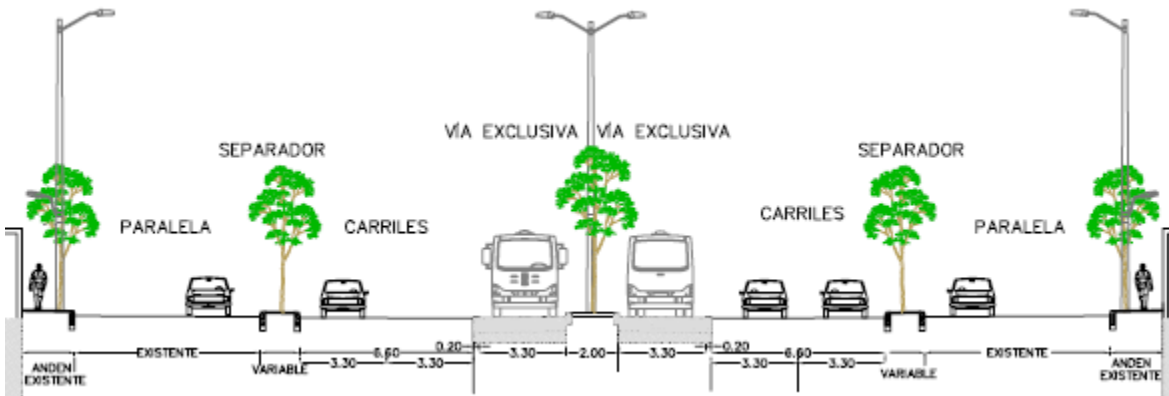
Fuente: Metrolínea

Figura 28: Perfil típico del corredor vial



Fuente: Metrolínea

Figura 29: Perfil típico del corredor vial con vías paralelas



Fuente: Metrolínea

5.2.1. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

Entendiendo que las características físicas de la infraestructura vial y el estado del pavimento afectan el flujo vehicular, se realizó el ejercicio de valorar la situación actual del corredor.

Este corredor vial, por encontrarse situado en la categoría más alta de la clasificación de vías del Área Metropolitana de Bucaramanga y debido a su importancia por servir de conector entre municipios y, asimismo, cumplir de distribuidor de grandes volúmenes de tráfico, presenta mejores condiciones si se compara con otras vías del municipio de y del Área Metropolitana.

En términos generales, el tramo en estudio se encuentra en un estado aceptable. Su estructura de pavimento flexible se encuentra en buenas condiciones ofreciendo regularidad a lo largo del corredor, sobre todo en el sentido sur – norte y, en gran medida, solo precisa de labores normales relativas a su mantenimiento. La topografía compleja a lo largo del sector, dificulta el desarrollo de vías de altas especificaciones.

Figura 30: Estado del pavimento



Fuente: Clickr.com, Marzo de 2012

Situación diferente, se presenta en algunos sectores de la vía en el sentido norte – sur, donde se aprecian baches con pérdida de carpeta asfáltica, dando origen a la formación de aberturas con bordes y profundidades irregulares, dificultando así la transitividad de los vehículos al desplazarse en la zona. Asimismo, el deterioro de la vía fijará su tendencia a aumentarse, si se entra a considerar que en la zona operan un gran número de vehículos de transporte público. En la vía Paralela, a la altura de la urbanización Trinitarios, Plaza Marsella, frente del restaurante Jarris y en la zona correspondiente a la estación de servicio del bosque, se puede apreciar el mal estado en que se encuentra la vía; ésto, ocasiona que los conductores se vean obligados a reducir la velocidad para evitar daños en sus vehículos y, en otras oportunidades, aún peor, provocando accidentes, especialmente en los conductores que se movilizan en motocicleta.

En la figura 30, se puede apreciar el estado del pavimento en diferentes sectores de la vía.

Figura 31: Estado del pavimento



Fuente: Revista Gente Cañaveral

El pavimento presenta un bache con pérdida de base en las inmediaciones a la estación de servicio de El Bosque, en el sentido de circulación norte – sur, como se puede apreciar en la figura 31:

Figura 32: Estado del pavimento



Fuente: Revista Gente Cañaveral

Igualmente, es conveniente mencionar que, recientemente fueron ejecutados los trabajos correspondientes a la adecuación de los sectores donde el mal estado de la vía era especialmente preocupante, como sucedió al frente de la urbanización Condominio Florida Club y de Lechesan. En las figuras 32 y 33, se pueden observar las dos situaciones.

Figura 33: Arreglos en el pavimento



Fuente: Gente Cañaveral

Figura 34: Arreglos en el pavimento



Fuente: Gente Cañaveral

6. MARCO TEÓRICO

El conjunto de conceptos relacionados con el fundamento teórico del presente documento, fueron divididos fundamentalmente en dos partes. La primera parte comprende los conceptos referentes al tránsito y sus implicaciones y, la segunda, abarca los conceptos relativos a la simulación y al software empleado para el desarrollo de la investigación.

6.1. CONCEPTOS DEL TRÁNSITO

6.1.1. ESTUDIO DE TRÁNSITO

El propósito de desarrollar estudios de tránsito es obtener por medio de métodos sistemáticos de compilación, datos referentes a los componentes fundamentales del tráfico urbano como lo son: vehículo, conductor, peatón, vía y medio ambiente, así como su interrelacionamiento.

A través de los estudios de tránsito, se puede valorar: el número de vehículos que circula en una determinada vía en un periodo dado, las velocidades, las acciones mutuas, las zonas donde se generan una mayor cantidad de accidentes, etc. Estas investigaciones, posibilitan determinar cuantitativamente la capacidad de las vías y, como resultado, la información necesaria para dar lugar a la implementación de medios constructivos orientados a mejorar las condiciones de movilidad o las características del proyecto.

Por ejemplo, los estudios de tránsito permiten conocer el origen y destino de los viajes de los vehículos, posibilitando esto, fijar las líneas de deseo de los pasajeros y mercancías, así como información relativa al motivo del viaje, tipo, etc. En conjunto, éstas informaciones proporcionan datos relevantes e información concreta sobre el tráfico actual; y, por medio del conocimiento de la forma de generación y distribución del tráfico, se obtiene el pronóstico de la circulación vehicular en el futuro, dato fundamental para el planeamiento de la red vial.

En síntesis, los estudios de tránsito son una herramienta valiosa de la ingeniería de tráfico, para que ésta cumpla con sus finalidades como lo son: el planeamiento de las vías y la movilidad del tránsito por las mismas, con el propósito de transportar personas y mercancías, de forma eficiente, cómoda, segura y económica.

6.1.2. AFOROS VEHICULARES

Para determinar las características del tránsito en una sección o tramo de una determinada vía, es indispensable realizar conteos vehiculares, como también consultar

los estudios desarrollados en las carreteras existentes. Los datos que sean obtenidos en esta actividad, serán utilizados como base para la planeación del trabajo.

Existen diversas técnicas para la ejecución de estos estudios que, basándose en experiencias pasadas, permiten la obtención de datos suficientemente seguros con un mínimo costo. Estas técnicas y métodos de estudio dependen ciertamente, de la clase de datos que se deseen obtener y, de la extensión y precisión con que haya que realizar la investigación.

Los principales parámetros del tránsito en los que suelen desarrollarse estudios y, donde es necesario contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red viaria son: capacidad, niveles de servicio, densidad, velocidad, tiempos de viaje, Etc. Esta operación, se puede realizar manualmente o mediante el uso de aparatos especiales, y puede hacerse clasificando detalladamente o no tanto, los tipos de vehículos que circulan por el tramo en estudio. La precisión y el costo del estudio, dependerán del número de secciones en que se precisen realizar los aforos y de la duración de los mismos. Por consiguiente será necesario considerar y estudiar:

- ✓ Los medios de los que se dispone para realizar los aforos.
- ✓ Los métodos para elegir las secciones sobre donde aforar y la duración de los aforos.
- ✓ Los procedimientos para la obtención de los datos necesarios a partir de los resultados de los aforos.

6.1.2.1 PROCEDIMIENTOS DE AFOROS VEHICULARES

La intensidad del tránsito en una sección vial, se puede medir manualmente ubicando un observador que cuente todos los vehículos que pasan por dicha sección durante un determinado periodo de tiempo. Para simplificar un poco el trabajo, generalmente se utilizan unas planillas o formatos preparados anticipadamente, con la clasificación de los vehículos que interesa aforar. Para realizar este trabajo de una forma más cómoda, se pueden utilizar contadores manuales digitales que, el observador en campo acciona cada vez que pasa un vehículo. Se suelen disponer varios contadores en una especie de bandeja, correspondiendo cada contador a una de las categorías de vehículos que interesa contar.

Los aforos que se realizan manualmente, tienen la ventaja de que permiten diferenciar entre distintos tipos de vehículos, lo que puede resultar imposible con dispositivos automáticos y, con personal bien capacitado su exactitud resulta superior. El principal inconveniente, es su elevado costo, que normalmente hace imposible su utilización en conteos de una duración superior a las 24 horas. Por ello, este tipo de aforo se emplea

como un complemento a los aforos automáticos, para obtener datos que de otra forma sería imposible obtener cómo la clasificación detallada de los tipos de vehículos o los distintos movimientos de giro en determinados sectores; también, se utilizan en aforos de corta duración en los que no merecería la pena instalar dispositivos automáticos.

La gran parte de los aforos en carreteras y calles, se realizan de la forma automática, empleando unos dispositivos capaces de detectar cuando pasa un vehículo, contar el número de pasos detectados y registrar la cantidad de pasos contados en un periodo de tiempo determinado. En las estaciones de aforo, estos dispositivos se instalan de forma permanente en un punto. Existen diferentes tipos pero, los más utilizados son los detectores de lazo o bucle de inducción magnética, que se consisten en un cable enterrado en el pavimento, formando un lazo por el que circula una corriente eléctrica. Al pasar la masa metálica del vehículo por encima del lazo, se ocasiona un cambio en las características de la corriente eléctrica que hace accionar el contador; los resultados se almacenan periódicamente en soportes magnéticos y, se envían telefónicamente o por radio a un centro encargado de la elaboración de los aforos.

Los dispositivos que emplean detectores de lazo, no solo pueden controlar el número de vehículos que pasan, sino que también los puede clasificar por su longitud y número de ejes y, empleando dos lazos próximos, permiten medir las velocidades de los vehículos.

Cuando se hacen aforos ocasionales en instalaciones provisionales, se utilizan detectores que se pueden colocar fácilmente sobre la calzada. Se emplean comúnmente tubos de goma cerrados por un extremo y ubicados transversalmente sobre la calzada. Cuando las ruedas de los vehículos pasan sobre él, aumenta la presión de aire en su interior, lo que provoca que se cierre un contacto electrónico que accione inmediatamente el dispositivo contador.

De los datos de aforos vehiculares en una determinada sección o tramo de una vía, elaborados adecuadamente, se pueden obtener además de otras, las siguientes informaciones: intensidad media diaria anual, intensidades horarias, composición del tráfico, variación, distribución por sentidos, movimientos de giro, etc.

6.1.3. VOLÚMENES VEHICULARES

Los estudios que se desarrollan sobre volúmenes de tránsito, permiten recoger información valiosa sobre aspectos tan importantes, cómo: el movimiento de vehículos sobre tramos, secciones específicas o algún punto en particular, o la demanda que circulará en el sistema vial en un determinado periodo de tiempo, así como su variación, su composición, distribución, etc.

Este concepto, se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo de tiempo específico⁶. Se expresa como:

Ecuación 1: Volumen vehicular

$$Q = \frac{N}{T}$$

Fuente: Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones

Donde,

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo

N = Número total de vehículos que pasan

T = Periodo determinado

El volumen de tránsito incluye todos los vehículos que pasan por la vía en uno o ambos sentidos, o aún, los que circulan en un solo carril. Cuando el volumen se representa con la suma de los vehículos, independientemente del tipo, éste se expresa en unidades de tráfico mixto.

6.1.3.1 VOLÚMENES DE TRÁNSITO ABSOLUTOS O TOTALES

- ✓ **TRÁNSITO ANUAL (TA):** Número total de vehículos que pasan en un año.
- ✓ **TRÁNSITO MENSUAL (TM):** Número total de vehículos que pasan en un mes.
- ✓ **TRÁNSITO SEMANAL (TS):** Número total de vehículos que pasan en una semana.
- ✓ **TRÁNSITO DIARIO (TD):** Número total de vehículos que pasan durante un día.
- ✓ **TRÁNSITO HORARIO (TH):** Número total de vehículos que pasan durante una hora.
- ✓ **TASA DE FLUJO O FLUJO:** Número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora.

⁶ Alonzo Salomón Lauro A., Rodríguez Rufino Gabriel J., Carreteras, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, 2005. P. 60-63.

6.1.3.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO

- ✓ **TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL:** $TPDA = TA / 365$
- ✓ **TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO MENSUAL:** $TPDM = TM / 30$
- ✓ **TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL:** $TPDS = TS / 7$

En estos casos, la unidad resultante es vehículos/día (TPD), TPDA, o sencillamente VMD, que es el de mayor importancia. Los demás, generalmente se utilizan como muestras a ser ajustadas y expandidas para determinar el volumen horario de máxima demanda.

6.1.3.3 VOLÚMENES DE TRÁNSITO HORARIOS

- ✓ **VOLUMEN HORARIO MÁXIMO ANUAL (VHMA).** Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado.
- ✓ **VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD):** Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos.
- ✓ **EL FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (FHMD):** Es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos dentro de la hora de máxima demanda. $FHMD = VHMD / (60/n)(q)$

El **VHMD** se puede expresar en unidades de flujo, para cada periodo, de la siguiente manera:

- ✓ **VHMD** (para periodos de 5 minutos) = $VHMD / 12$
- ✓ **VHMD** (para periodos de 10 minutos) = $VHMD / 6$
- ✓ **VHMD** (para periodos de 15 minutos) = $VHMD / 4$

- ✓ **TRIGÉSIMO VOLUMEN HORARIO MÁS ALTO:** Es el volumen horario que es excedido sólo por el 29% de los volúmenes horarios durante un año dado.
- ✓ **VOLÚMEN HORARIO DE DISEÑO (VHD):** Es el volumen horario futuro utilizado para el diseño. Usualmente se toma el trigésimo volumen horario más alto para el año futuro de diseño.

- ✓ **DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL:** Es el volumen durante una hora en particular en el sentido predominante, expresado como un porcentaje del volumen en ambos sentidos durante la misma hora.
- ✓ **COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO:** Vehículos pesados o de transporte público expresados (excluyendo vehículos livianos, con una relación peso/potencia similar a vehículos privados) como un porcentaje del volumen horario de diseño.

6.1.3.4 APLICACIÓN DE LOS DATOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO

La toma de datos de volúmenes de tránsito es de gran valor en el diseño vial, planeación del transporte, operación del tráfico e investigación. En la siguiente tabla se muestran diferentes tipos de volúmenes y sus aplicaciones⁷:

Tabla 13: Aplicaciones del estudio de volúmenes

TIPO DE VOLUMEN	APLICACIÓN
VOLÚMENES DE TRÁNSITO ANUAL (TA)	✓ Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
	✓ Calcular índices de accidentalidad.
VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)	✓ Medir la demanda actual en calles y carreteras.
	✓ Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
	✓ Localizar áreas donde se necesite realizar ampliaciones en la vía o construir nuevas
VOLÚMENES DE TRÁNSITO HORARIO	✓ Determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda.
	✓ Evaluar deficiencias de capacidad.
	✓ Establecer controles en el tránsito como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamientos, paradas y maniobras de vueltas.
TASAS DE FLUJO	✓ Analizar flujos máximos.
	✓ Analizar variaciones del flujo máximo dentro de las horas de máxima demanda.
	✓ Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
	✓ Analizar las características de los volúmenes máximos.

Fuente: Carreteras, Alonzo Salomón Lauro A., Rodríguez Rufino Gabriel J

⁷ Alonzo Salomón Lauro A., Rodríguez Rufino Gabriel J., Carreteras, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, 2005. P. 60-63.

6.1.4. PARÁMETROS DE TRÁNSITO

Los parámetros de tránsito, se pueden describir como una serie de variables o factores interrelacionados que, por medio de su interacción influyen en las características de operación del tránsito en un sistema vial. En este apartado, se comprenden los principales parámetros que son objeto de estudio.

6.1.4.1 VELOCIDAD

La velocidad, es un factor de considerable importancia para estimar la calidad de servicio que una vía proporciona a los usuarios; asimismo, ésta puede ser percibida de forma directa por parte del conductor cómo por el resto de usuarios del sistema, situación que no ocurre con otros parámetros de tránsito como volumen o densidad, que son de conocimiento exclusivamente por los profesionales del tránsito o por quien se ocupe de su estudio. Este parámetro, en su conceptualización más simple, se define como la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que éste emplea en recorrerlo.

Las distintas variantes que forman parte del estudio de velocidad, se encuentran dentro de las principales características del tránsito que pueden ser objeto de estudio, ya que éstas constituyen parte de los factores que tiene mayor incidencia en la accidentalidad y, del mismo modo, se utiliza para definir los “niveles de servicio” en muchos tipos de vías.

La velocidad en un punto específico de una vía, varía notablemente entre los vehículos que circulan en ella; además, en el momento en que se analiza la velocidad de un vehículo en particular, se puede observar que ésta no se mantiene constante, así el conductor procure no variarla en el trayecto.

En el contexto del estudio de valores medios de velocidad, estos se pueden obtener de diferentes formas, arrojando resultados distintos. Por esto, se consideran los siguientes conceptos de velocidad:

VELOCIDAD PERCENTIL

Este análisis de velocidades, es elaborado para diversos estudios de trazado o regulación del tráfico, donde concierne utilizar una velocidad que sea rebasada por un determinado número de vehículos.

Como **Percentil 15** se conoce a la distribución de velocidades, en la cual el 15% de los vehículos transitando libremente, la igualan o van a una más reducida. En la **Velocidad del Percentil 50**, el 50% de los vehículos circulando en forma libre, la igualan o van más despacio. Cuando el 15% de los vehículos, circulando libremente, superan dicha velocidad, esta adopta el nombre de **Velocidad del percentil 85**. Este, se puede estimar

como el valor estadístico más significativo desde la concepción y el principio de la seguridad vial. Se determina **percentil 98**, a aquella velocidad que tan solo es sobrepasada por **el 2% de los vehículos** circulando libremente.

- ✓ **VELOCIDAD INSTANTÁNEA** es la velocidad de un vehículo en un momento determinado.
- ✓ **VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL** corresponde a la media aritmética de las velocidades instantáneas de los vehículos que pasan por un punto específico en un determinado intervalo de tiempo.
- ✓ **VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL** corresponde a la media armónica de las velocidades instantáneas, es decir, la media de las velocidades de los vehículos que en un instante específico están en un tramo de vía dado.

En la siguiente tabla, se aprecian aplicaciones de los estudios de velocidad⁸:

Tabla 14: Aplicaciones de los estudios de velocidad

APLICACIONES DE LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fijar parámetros para la operación y el control del tránsito, como zonas de velocidad (se usa percentil 85 como el límite de velocidad en un camino), o las restricciones de paso.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, tales como los señalamientos de mensajes variables en las zonas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar y/o determinar lo adecuado de las características geométricas de la carretera, tales como los radios horizontales de las curvas y las longitudes verticales de las mismas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar el efecto de la velocidad en la seguridad de las carreteras mediante el análisis de los datos de accidentes para diferentes características de velocidad.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localizar y definir los tiempos de semaforización.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

Fuente: Ingeniería de Tránsito y Carreteras, Garber Nicholas J., Hoel Lester A.

⁸ Garber Nicholas J., Hoel Lester A., Ingeniería de Tránsito y Carreteras / Traffic and Highway Engineering (Spanish Edition), Thomson , 2005, p. 77-79.

6.1.4.2 DENSIDAD

Es el número de vehículos que se encuentra en un tramo de calzada o carril en un instante dado, dividido entre la longitud del tramo, siendo éste un valor instantáneo. Suele expresarse generalmente en vehículos por kilómetro⁹.

Este parámetro se puede obtener a través de la toma de fotografías y el posterior conteo de los vehículos, aunque rara vez ésta magnitud se mide de forma directa, ya que se puede calcular fácilmente a partir de medidas de intensidad y velocidad media de recorrido (magnitudes en las que la obtención de datos es más sencillo). El valor máximo de densidad se obtiene cuando todos los vehículos están detenidos en fila, sin que existan vacíos entre ellos. En estas condiciones, a los conductores les resultaría imposible moverse incluso a pequeña velocidad sin chocar unos con otros.

La densidad del tránsito influye directamente en la calidad del servicio, por esto, es uno de sus indicadores, ya que cuando ésta aumenta, resulta más complicado para el conductor mantener la velocidad que desea y, este se ve forzado a realizar un mayor número de maniobras (aceleraciones, cambios de carril, frenados, etc.), ocasionando que la conducción se torne incomoda. Por lo tanto, con densidades que son muy bajas, la circulación se puede considerar fluida, pero a medida que va en aumento y se acerca a su valor máximo, los vehículos comienzan a circular con velocidades muy bajas con constantes paradas y arranques.

6.1.4.3 TIEMPO DE VIAJES Y DEMORAS

Un estudio de tiempos de viajes, sirve para determinar el tiempo que precisa un vehículo para desplazarse de un punto a otro en una ruta dada. Con la elaboración de este estudio, también se puede obtener información puntual sobre los lugares, la duración y las causas de las demoras.

Los datos que se obtienen en este estudio, ofrecen un buen indicio para valorar el nivel de servicio a lo largo de una ruta. Éstas informaciones, también ayudan al profesional del tránsito a localizar las zonas que presentan problemas, lo que puede requerir una atención especial, con la finalidad de mejorar el flujo total del tráfico en la ruta.

⁹Dirección general del tráfico, TEMA 94 - Educación y Seguridad Vial, sistema de recogida de datos en tiempo presente. variables de tráfico y meteorológicas y datos de localización. captura de datos: detectores, descripción, tipos y tecnologías. otros elementos del sistema de captura en carretera, [en línea], <www.dgt.es/was6/portal/contenidos/.../la_dgt/.../TEMA_094.doc> [citado el 10 de Noviembre de 2011].

Para efectos del proyecto, las mediciones en campo son tomadas a través de un vehículo test que, recorre la ruta seleccionada integrándose en la corriente del tráfico. Este método, es utilizado con frecuencia, visto que permite obtener una serie de información de una forma simple y rápida, disminuyendo la cantidad requerida de recursos humanos y materiales.

En las tablas 15 y 16, se presentan aplicaciones de éste estudio y algunos conceptos relacionados al mismo, con el propósito de entender mejor las variables que se encuentran relacionadas¹⁰:

Tabla 15: Aplicaciones del estudio de tiempo de viajes y demoras

APLICACIONES DEL ESTUDIO
✓ Determinar la eficiencia de una ruta con respecto a su capacidad para desahogar el tráfico.
✓ Identificar las zonas con demoras relativamente altas y sus causas.
✓ Elaboración de estudios previos y posteriores para valorar la efectividad de las mejoras de la operación del tránsito.
✓ Determinación de los tiempos de recorrido en conexiones específicas, para emplearse en los modelos de asignación de viajes.
✓ Compilar los datos de tiempos de viajes, que puedan ser usados en los estudios de tendencias para evaluar los cambios con el tiempo de la eficiencia y el nivel de servicio.

Fuente: Elaboración propia

¹⁰ Garber Nicholas J., Hoel Lester A., Ingeniería De Tránsito y Carreteras / Traffic and Highway Engineering (Spanish Edition), Thomson , 2005, p. 110-112.

Tabla 16: Conceptos a considerar en el estudio

CONCEPTO	DEFINICIÓN
TIEMPO DE VIAJE	✓ Tiempo que dura un vehículo para transitar por un segmento de vía.
TIEMPO DE RECORRIDO	✓ Tiempo durante el cual el vehículo está en movimiento.
DEMORA	✓ Tiempo perdido en el viaje, por condiciones en el tránsito y los mecanismos de control del mismo.
DEMORA DE TIEMPO DE VIAJE	✓ Diferencia entre el total del tiempo empleado en el viaje y el tiempo tasado para el mismo, basado en atravesar la sección en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tráfico sin congestión sobre el tramo.
VELOCIDAD	✓ Tasa de movimiento del vehículo en distancia por unidad de tiempo.
VELOCIDAD DE VIAJE	✓ La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.
VELOCIDAD DE RECORRIDO	✓ Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.
VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE	✓ Es la distancia dividida por el valor medio de los tiempos de viaje de diversos viajes sobre un segmento determinado de vía.
VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO	✓ Distancia de viaje dividida por el valor medio de los tiempos de recorrido sobre un segmento determinado de vialidad.

Fuente: Ingeniería de Transito y Carreteras, Garber Nicholas J., Hoel Lester A.

6.1.4.4 CAPACIDAD

Una dimensión de la eficiencia con la que una vía presta el servicio a los usuarios es su capacidad y, evidencia asimismo, su condición para acomodar un flujo móvil de vehículos.

La capacidad de una infraestructura vial, es el máximo de número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevaletientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control¹¹.

¹¹ Universidad de Buenos Aires, Notas de clase, operación y control de sistemas de transporte, [en línea], < <http://materias.fi.uba.ar/6807/contenidos/Notas%20Operacion.pdf> > [citado el 15 de Noviembre de 2011].

Para valorar la capacidad vial, no basta solo con tener información de las condiciones de diseño de la red vial, sino que además es importante conocer el comportamiento de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

La capacidad que ofrece una infraestructura vial es generalmente tan variable cómo lo pueden ser las características físicas de la misma o, las condiciones de operación del tránsito. Por lo anterior, los estudios de capacidad, se suelen elaborar aislando los diversos componentes del sistema vial como: tramos rectos, con pendientes, con curvas, accesos a intersecciones, etc. El propósito en este ejercicio, es buscar condiciones uniformes en cada una de esas partes, por consiguiente, tramos con continuidad de características dispares, tendrán una capacidad diferente.

Existen diversos factores que están estrechamente relacionados con la capacidad de una determinada vía, por lo tanto influyen en ésta. Dentro de éstos se encuentran: la sección transversal, geometría y trazado de la vía, composición vehicular, la frecuencia y distribución del tránsito entre carriles, además de las condiciones ambientales y meteorológicas.

6.1.4.5 NIVEL DE SERVICIO

Este concepto, es utilizado básicamente para valorar la calidad del flujo vehicular en un tramo vial determinado. Se emplea como un recurso que, intenta describir cualitativamente las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por parte de los conductores y/o pasajeros, reflejado en el grado de satisfacción o contrariedad de los mismos.

Esta situación, se plantea en términos de factores como: velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobras y movimientos, interrupciones del tránsito, comodidad, conveniencia, y seguridad vial. Para los profesionales del transporte, las medidas cuantitativas de estos factores son las de importancia; no obstante, el concepto de los niveles de servicio es de gran utilidad para la comunicación con el público en general. En este contexto, se encuentran factores que afectan el nivel de servicio, esencialmente se diferencian dos tipos: los internos y los externos. En los factores internos, se encuentran parámetros como la velocidad, el volumen, la composición del tránsito, la relación existente entre el volumen y la capacidad de la vía, etc. Los factores externos, por otro lado, se relacionan con características fijas, como el ancho de los carriles, distancia libre lateral, ancho de cunetas, pendiente, estado de la superficie de rodadura, etc.

Para la escala cualitativa, se definen seis niveles de servicio, designados desde el A hasta el F, según el manual de capacidad de carreteras HCM, denotados en la siguiente tabla:

Tabla 17: Nivel de servicio

NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
A	✓ Condiciones de circulación a flujo libre, bajos volúmenes de tránsito, altas velocidades, alta facilidad de maniobra. La única restricción de operación radica en las características geométricas de la vía	Excelente
B	✓ Aún se está en el rango de flujo libre, con velocidades de operación un poco restringidas por la aparición de vehículos, las interrupciones ligeras se absorben con facilidad. El grado de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A.	Muy bueno
C	✓ Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente, la velocidad y maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el tráfico, se producen demoras de bajas magnitudes.	Bueno
D	✓ Presenta una circulación de densidad elevada acercándose a la inestabilidad, la velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.	Aceptable
E	✓ La operación del tránsito está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La densidad varía dependiendo de la velocidad del flujo libre, la velocidad de todos se reduce a un valor bajo, bastante uniforme. Las detenciones son frecuentes y generalmente terminan en la formación de filas y la disminución del servicio.	Capacidad
F	✓ Condiciones de flujo forzado, el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía, rompiendo la continuidad del flujo. Suelen formarse largas colas y las operaciones dentro de estas se caracterizan por constantes detenciones y cortos avances, extremadamente inestables.	Malo

Fuente: Elaboración propia

6.1.4.6 MANUAL CAPACIDAD HCM

El método básico aplicado por el manual de capacidad HCM, fundamentalmente contempla tres niveles de análisis de la capacidad:

- ✓ **ANÁLISIS DE CIRCULACIÓN:** esta aplicación se basa en información actual sobre tránsito, vía y dispositivos de control, asimismo, es la que requiere mayor precisión. Si se desea conocer el nivel de servicio en una vía o un tramo de ella en las condiciones actuales, esto se puede realizar midiendo el parámetro directamente en el terreno y no tomar en cuenta las relaciones que ofrece el manual; no obstante, el manual se emplea cuando el parámetro ha sido medido en solo un tramo de la vía, y se necesita extrapolar valores cuando se interesa

conocerlo en toda la vía. Sin embargo, su mayor utilidad se logra cuando se quiere valorar el efecto de una medida de corto o mediano plazo.

- ✓ **ANÁLISIS DE DISEÑO O PROYECTO:** este nivel de análisis, se emplea para determinar las características físicas – cambios en los diseños - , los elementos permanentes que intervendrán en una alternativa y que deben implantarse en el sistema vial para lograr los objetivos establecidos. En esta aplicación, la precisión es intermedia, en vista de que siempre existe un grado de incertidumbre en la proyección de la demanda de tráfico.
- ✓ **ANÁLISIS DE PLANEAMIENTO:** Cuando se inicia la etapa de planeación de una vía o sistema vial y no se conoce con certeza todos los detalles necesarios, se contempla esta aplicación. Este nivel de análisis es menos preciso, visto que, no se conocen todos los valores de las variables involucradas.

6.1.5. ACCIDENTALIDAD

En el marco de los diferentes eventos que se presentan en un sistema vial durante su funcionamiento, los accidentes de tránsito representan un grave problema para la ciudadanía en general, sin embargo, es desatendido en copiosas oportunidades, dado que para su efectiva prevención y disminución en cifras, se requiere una apropiada orientación de esfuerzos. La interacción constante de los vehículos, las condiciones de la vía, limitaciones en la infraestructura, niveles de control insuficientes, poca instrucción de los usuarios en cuanto a las normas, constituyen entre otros, los principales motivos que generan aumento de los accidentes tornándose esto en un flagelo de dimensión considerable.

De todos los sistemas con los que los ciudadanos se deben afrontar habitualmente, el de tránsito, es quizás el más complejo y al que las personas están más expuestas.

En un informe realizado conjuntamente entre el banco mundial y la organización mundial de la salud, los accidentes de tránsito representan la séptima causa de morbilidad a nivel mundial. Este concepto, no ajeno a la realidad Colombiana, donde se presenta un promedio 450 accidentes de tránsito diarios, dejando como consecuencia 15 víctimas fatales, según información del fondo de prevención vial.

En el municipio de Floridablanca donde se encuentra localizado el corredor vial en estudio, se presentan a menudo, una cantidad de accidentes considerable, generando entre los usuarios y peatones una percepción generalizada de inseguridad en el sistema.

Desde el plano del conductor; no conservar la distancia, no respetar debidamente las señales de tránsito, adelantar en zonas prohibidas y sin precaución alguna, conducir en exceso velocidad y conducir bajo los efectos del alcohol u otro tipo de sustancias psico-activas, son algunos de los motivos por los cuales se producen los accidentes viales en el

municipio, según la Dirección de Tránsito y Transporte del municipio, siendo los fines de semana, los días que se reportan mayor cantidad de accidentes

Los datos correspondientes al comparativo de las cifras de accidentalidad en el municipio de Floridablanca de los años 2007 a 2010, se puede apreciar en el siguiente cuadro:

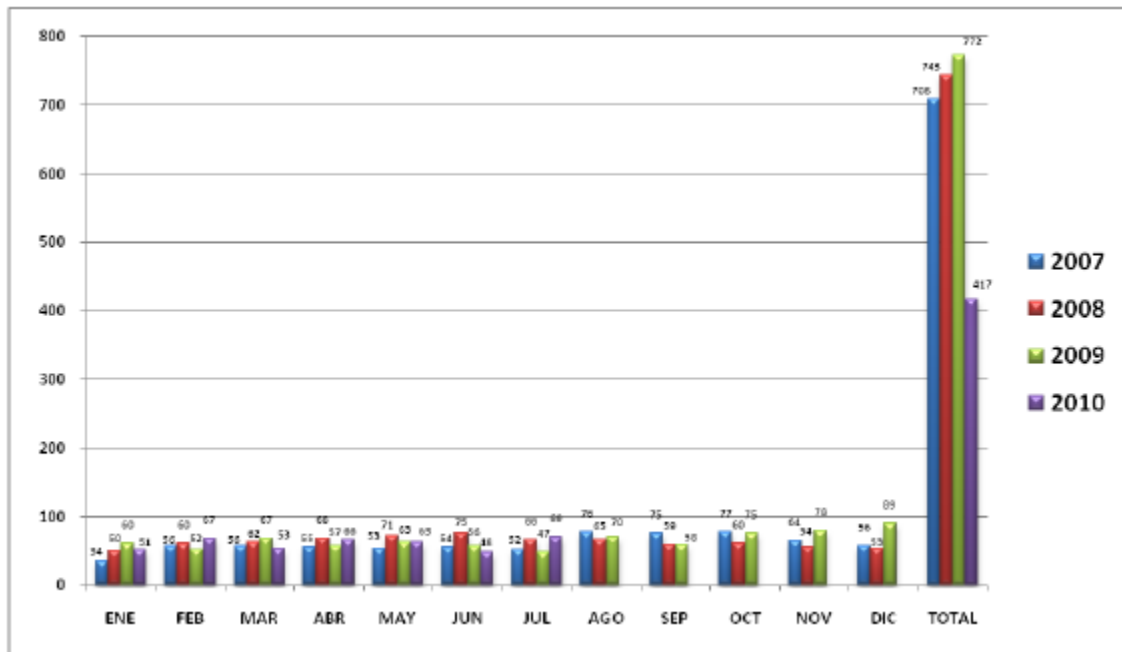
Tabla 18: Accidentalidad de los años 2007- 2010 en Floridablanca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%
2007	34	56	56	55	53	54	52	76	75	77	64	56	708	
2008	50	60	62	68	71	75	66	65	59	60	54	53	743	5
2009	60	52	67	57	63	56	47	70	58	75	78	89	772	4
2010	51	67	53	66	63	48	69						417	

Fuente: Estudio de oportunidad y conveniencia - Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca

En la figura 34, se muestra la gráfica comparativa con los accidentes de tránsito en el mismo periodo de tiempo:

Figura 35: Comparativo de accidentes de tránsito años 2007 al 2010 en Floridablanca



Fuente: Estudio de oportunidad y conveniencia - Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca

Estas cifras exponen, en primera medida, el trágico problema que representa para el municipio la accidentalidad vial, y como segunda medida, la urgente necesidad de implementar y ejecutar medidas orientadas a disminuir la problemática actual que afecta fuertemente la municipalidad, no solamente en términos humanos, sino también en términos económicos dadas las implicaciones que representan los accidentes.

En la siguiente tabla, se observan los accidentes de tránsito según la clase:

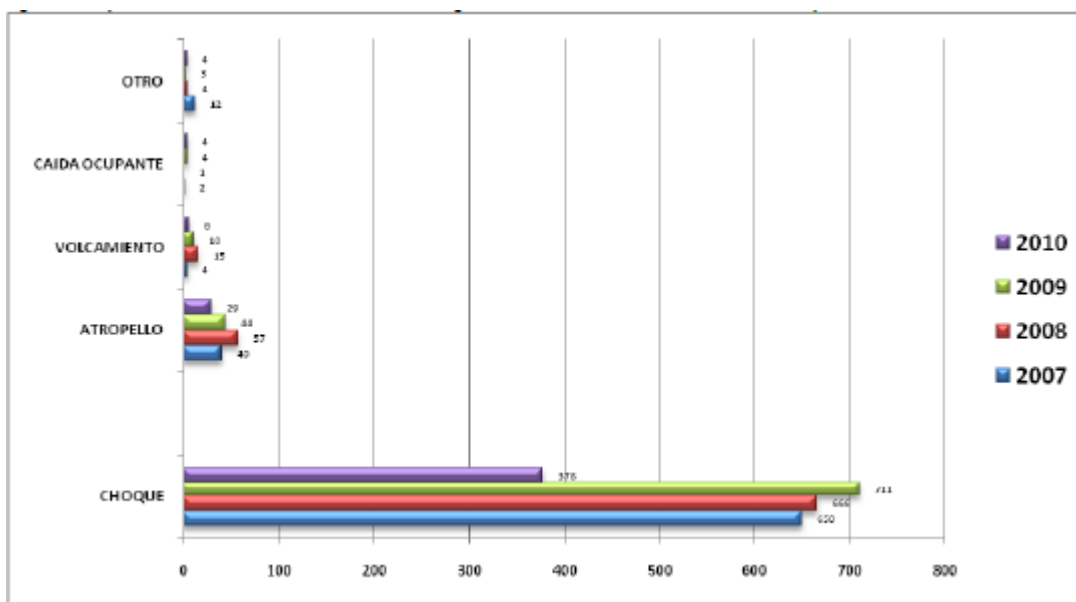
Tabla 19: Comparativo de los accidentes de tránsito según la clase de los años 2007 al 2010

año	accidentes	clase									
		choque	%	atropello	%	volcamiento	%	caída de ocupante	%	otro	%
2007	708	650	92	40	6	4	1	2	0	12	2
2008	743	666	90	57	8	15	2	1	0	4	1
2009	772	711	92	44	6	10	1	4	1	3	0
2010	417	378	91	29	7	6	1	4	1	4	1

Fuente: Estudio de oportunidad y conveniencia - Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca

Asimismo, en la siguiente figura se muestran los comparativos para el mismo periodo:

Figura 36: Comparativo de accidentes de tránsito según la clase de los años 2007 al 2010



Fuente: Estudio de oportunidad y conveniencia - Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca

De la figura anterior, es evidente que la clase de accidente que se presenta con mayor frecuencia en el municipio es el choque, registrando un porcentaje mayor al 90% todos los años de registro. En segundo lugar, sigue el atropello situándose entre el 6 y 8% y, por último se tienen otras clases de accidentes como volcamiento, caída del ocupante y, otros, como incendios, con porcentajes mínimos.

La gravedad de los accidentes, se encuentran registrados en la siguiente tabla:

Figura 37: Accidentes de tránsito de los años 2007 a 2010, según gravedad

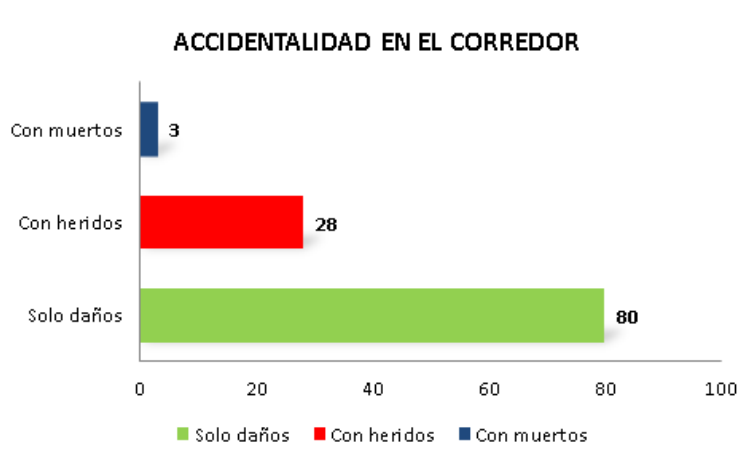
GRAVEDAD	2007	2008	2009	2010
Con Muertos	6	10	5	8
Con Heridos	177	226	195	132
Solo Daños	525	507	572	278

Fuente: Estudio de oportunidad y conveniencia - Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca

De la información de la tabla se puede decir que, de la totalidad de accidentes registrados la gravedad que más se presenta es solo daños, seguida por choques con heridos y, en último lugar accidentes con víctimas fatales.

En la siguiente figura, se muestra la accidentalidad en el corredor vial en el año 2011:

Figura 38: Accidentalidad en el corredor año 2011



Fuente: Dirección de tránsito y transporte de Floridablanca

De la siguiente figura se aprecia que, la mayor frecuencia de gravedad en los accidentes es solo daños, seguido de heridos y, en menor medida de muertos. Lo anterior refleja que

son pocos los saldos de accidentes con muertos pero, la cifra de accidentes es importante, por lo cual se hace necesario adoptar un modelo de compromiso colectivo en la búsqueda de una movilidad segura, donde los accidentes de tránsito estén lejos de representar un problema de salud pública, como desafortunadamente ocurre en la actualidad.

6.2. CONCEPTOS DE LA SIMULACIÓN DEL TRÁNSITO

INTRODUCCIÓN

Para los especialistas en el área del tráfico vehicular, la simulación representa un método útil, en vista de que permite comparar y evaluar la conveniencia, o no, de las diferentes alternativas de proyecto vial, asimismo, también posibilita de antemano realizar el análisis y estimación de impactos y, seleccionar las formas de intervención en las redes viales, de forma que se puedan minimizar las incomodidades de los usuarios y maximizar la eficiencia en el uso de los recursos económicos.

Para conocer el comportamiento de un sistema vial, ante la implantación de diversas situaciones impuestas, ya sea bajo condiciones de operación habituales o no, se dispone fundamentalmente de dos eventuales situaciones. La primera opción, consiste en realizar múltiples experimentos en campo sobre el mencionado sistema; para el desarrollo de este ejercicio, el sistema se debe someter a una variada combinación del cúmulo de parámetros que determinan las condiciones en que este funciona, tanto en condiciones normales como en condiciones no habituales. La otra opción seleccionable, consiste en emplear la técnica de la simulación que, permite reproducir el comportamiento y los diferentes fenómenos que se originan continuamente en el sistema y, posibilita asimismo, determinar – predecir – cómo respondería éste ante una condición de funcionamiento en particular, o modificaciones antes de llevarlas a cabo y, de igual forma definir los impactos importantes sobre los principales parámetros bajo dichas condiciones. Esta herramienta, posibilita estimar la eficacia e ineficacia de las opciones de diseño.

Las aplicaciones de simulación que se ofrecen en el mercado, cuentan con toda la estructura necesaria para diseñar, ejecutar y obtener resultados concretos del ejercicio de simulación, que permitan visualizar apropiadamente el contexto y las características del sistema en estudio, y asimismo posibiliten analizar apropiadamente situaciones e interpretar convenientemente la información para la selección de alternativas y posterior toma de decisiones.

En la actualidad, el empleo de las herramientas de simulación del tránsito vehicular, permiten la modelación y simulación de la operación real del sistema, con el propósito de verificar por medio del proceso de experimentación, los fundamentos teóricos descritos anteriormente.

En este contexto, se destaca el profesor Jaume Barceló, de la Universidad Politécnica de Cataluña. El profesor catedrático, ha sido autor de numerosos artículos publicados en revistas internacionales, así como de capítulos de libros colectivos sobre gestión del tráfico. Estos antecedentes y su gran conocimiento, lo han posicionado como una autoridad en materia de simulación de sistemas y, aplicaciones de las mismas a los problemas del transporte. Su bibliografía sobre construcción y análisis de modelos de simulación de tráfico, es de gran importancia en este capítulo que, abarca consideraciones importantes sobre la teoría de la simulación.

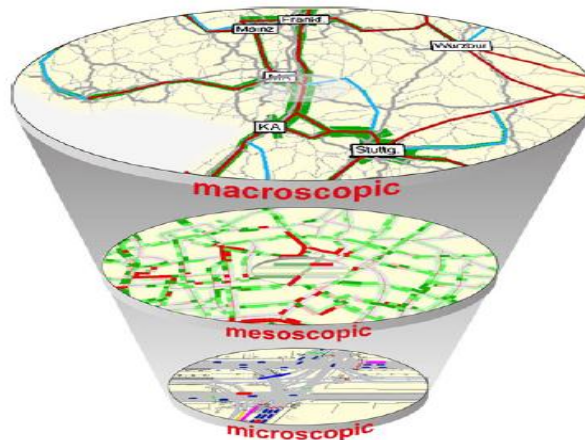
6.2.1. MODELOS DE SIMULACIÓN DEL TRÁNSITO

Los modelos matemáticos que se emplean para la simulación, se pueden clasificar de diferentes formas, si se toman en cuenta diferentes tipos de elementos.

Desde el punto de vista del proceso de selección de trayectos, estos modelos pueden ser determinísticos o estocásticos; si el fundamento se basa en la forma como se obtienen las soluciones, se tienen de tipo analítico o de simulación; en términos de la incorporación de efectos dinámicos del tráfico, pueden ser estáticos o dinámicos; si se observa desde la perspectiva del nivel de detalle de los elementos a ser modelados, estos se clasifican como macroscópicos, mesoscópicos y microscópicos.

A continuación, se corresponde a realizar una descripción de los modelos clasificados en función del último criterio.

Figura 39: Modelos de simulación



Fuente: ptv vision, VISSIM Overview, Analyzing the Transportation System.

6.2.1.1 MODELOS MACROSCÓPICOS

Estos modelos, se emplean básicamente para la descripción y el análisis integrado del comportamiento de las corrientes de tráfico vehicular, representándolo a gran escala. Estos análisis, se basan en la premisa de que las corrientes de tráfico son un medio con carácter continuo.

Para poder estudiar el comportamiento de un flujo vehicular, el modelo macroscópico aplica leyes de la hidrodinámica, es decir, que el tráfico que circula a través de la red vial es considerado como un fluido unidimensional, razón por la cual, se conoce también como analogía hidrodinámica del tráfico. Por lo anterior, no son los más apropiados para estudiar comportamientos dinámicos de tipo discreto, al no considerar los automóviles desde una visual individual, sino en un conjunto global como tal.

La simplicidad de este modelo - por decirlo de alguna forma - , posibilita su empleo en las investigaciones que se realizan para implementar estrategias de optimización de sistemas de control del tráfico. Esto, tiene que ver con la construcción de modelos analíticos que establezcan relaciones entre las principales variables involucradas en la corriente del tráfico, representando los cambios que se producen en las condiciones de circulación a lo largo del tiempo. Este enfoque, precisa en forma considerable menos requerimientos computacionales que los modelos con enfoque microscópico.

6.2.1.2 MODELOS MESOSCÓPICOS

En este ítem, el comportamiento de los vehículos se describe por conjuntos o pelotones de vehículos, considerando fundamentalmente, el comportamiento de los conductores a través del espacio y el tiempo, sin examinar de forma especial el comportamiento de los otros vehículos. Se considera en una escala intermedia entre los dos modelos que forman parte de este criterio, combinando propiedades de ambos modelos.

Los modelos mesoscópicos de tráfico, conservan en su tipología ciertos niveles de segregación en la forma como representan la entidades de flujo y de las interacciones entre ellas.

Al igual que en los modelos microscópicos, la unidad del flujo del tráfico es el vehículo individual, no obstante, su movimiento sigue el comportamiento del enfoque macroscópico y, está dado por la velocidad promedio del viaje a través del enlace.

Estos modelos, presentan características adecuadas para analizar las redes viales interurbanas, no obstante, presentan limitaciones en el ambiente de medios urbanos.

6.2.1.3 MODELOS MICROSCÓPICOS

Con los constantes avances en materia de recursos computacionales, la implementación de modelos microscópicos de simulación para la evaluación de proyectos de transporte y diagnósticos operativos es cada vez más frecuente.

Estos modelos, son utilizados con hábito para efectuar el ejercicio de analizar el rendimiento actual de una vía a partir del uso de información de patrones conocidos del tránsito que, de otro modo sería muy complejo estimar si se emplean los métodos convencionales de recolección de datos o los métodos analíticos de la ingeniería de tráfico. Asimismo, los modelos microscópicos, también se emplean para predecir el rendimiento futuro estimado en una vía que va a ser sometida a cambios en diferentes aspectos como: la demanda de volúmenes vehiculares o de los patrones de viaje, cambios propuestos en la configuración geométrica de la vía – como ampliación de la misma o rediseño – o posibles estrategias de control y gestión de la operación del tráfico urbano.

Los modelos microscópicos, se caracterizan además de otras cosas, por analizar el comportamiento del flujo del tráfico vehicular desde un plano individual, reproduciendo la dinámica de cada vehículo a través de la red, basado en las características de los vehículos y de los conductores, proporcionando al usuario una observación muy puntual del comportamiento operacional de la red vial, lo cual es un mecanismo de gran valor para entrar a analizar el funcionamiento del sistema cuando se somete a modificaciones específicas en las características de la infraestructura viaria o de demanda vehicular.

Estos modelos de microsimulación, debido a su profundidad de análisis, permiten una comprensión detallada de los sistemas de transporte urbano individual y colectivo.

La microsimulación cuenta con una magnífica ventaja, dado que las situaciones objeto de estudio son reproducidas en una realidad virtual tridimensional, posibilitando esto, la visualización con un alto grado de detalle de los comportamientos operativos y su eventual reproducción en video con un notable nivel de percepción de la realidad. De igual forma, las escenas animadas que son generadas, constituyen una herramienta que proporciona señales de diagnóstico valiosas durante la etapa de desarrollo del modelo, que a su vez aumenta la confianza del usuario de la simulación en la validez de los resultados arrojados por el modelo resultante.

La aplicación empleada en este proyecto, concede la posibilidad de simular diversos tipos de infraestructuras complejas como intercambiadores, glorietas, puentes, rampas, puestos de control, etc.

En la siguiente tabla, se observan las posibilidades que ofrece la microsimulación

Tabla 20: Facultades de los modelos de simulación microscópica

LOS MODELOS MICROSCÓPICOS POSIBILITAN	
✓	No tener límites en el tamaño de la red en estudio.
✓	Visualizar y simular simultáneamente.
✓	Visualización tridimensional.
✓	Editor de la red gráfico e intuitivo.
✓	Colección de datos estadísticos comprensivo.
✓	Modelación integrando zonas urbanas y autopistas.

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. VISSIM

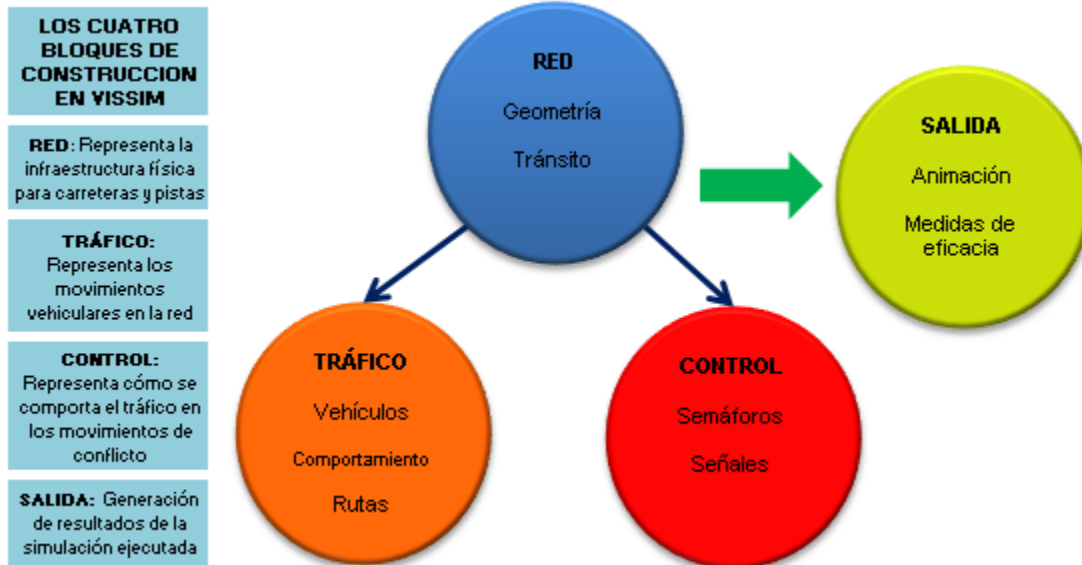
(En Alemán: Verkehr in Städten SIMulation - Simulación de tránsito en ciudades) es un software de simulación microscópica o microsimulación que, permite reproducir en tres dimensiones las características operativas del flujo de tráfico urbano y de carreteras en sus diferentes modos (vehículos, buses, camiones, motos, peatones, ciclistas, etc.) y la interacción entre ellos.

Esta aplicación, puede analizar la operación del transporte vial público y privado bajo diferentes condiciones tales como: las particularidades del carril, composición vehicular, señales de tránsito, pares, etc., por lo que se constituye en una herramienta de gran utilidad para la evaluación de distintas alternativas basadas en la ingeniería de tránsito y medidas efectivas de planeación. Su estructura de red flexible proporciona a los usuarios confianza, para que perciban que se puede modelar cualquier tipo de configuración geométrica o comportamiento especial de la operación de los vehículos y de los peatones encontrados en el sistema de transporte.

Últimamente, este software está siendo implementado para analizar redes de todos los tamaños, variando desde intersecciones individuales, hasta áreas metropolitanas completas. Con estas redes de transporte, el programa puede modelar todas las clasificaciones funcionales de las vías, desde carreteras hasta accesos residenciales.

VISSIM se basa en modelos matemáticos que articula diversos parámetros de tránsito como densidad, velocidad, volúmenes horarios, etc.

Figura 40: Bloques de construcción en VISSIM



Fuente: Elaboración propia a partir de información de ptv vision, VISSIM Overview, Analyzing the Transportation System.

6.2.2.1 VOLÚMENES DE TRÁFICO

En VISSIM, coexisten un número ilimitado de modelos de vehículos, permitiendo y facilitando al usuario modelar en gran escala situaciones operativas multi-modales. Los diversos tipos de vehículos incluyen: carros, camiones, buses, motos, peatones, ciclistas, etc., de igual modo, ofrece la capacidad de situar estos vehículos en la red vial usando apenas una, o la combinación de tres métodos. El método básico, presume que el tráfico es estocásticamente distribuido por medio de rutas fijas de usuarios definibles del punto de origen y destino. Para las codificaciones de conteo de movimientos de conversión de intersecciones, esos puntos de origen y destino cubren una única intersección, pero esos también pueden continuar a través de múltiples intersecciones o hasta toda el área de estudio.

Las rutas dinámicas, posibilitan que el tráfico sea ubicado dinámicamente en las rutas previamente definidas por el usuario, cuando algún evento específico ocurriera. Un evento de ruta dinámica, por ejemplo sería, el desvío de vehículos para pasajes alternativos cuando un cruce ferroviario a nivel, que está en la zona que normalmente es utilizada, se bloquea debido al paso de un tren. La ubicación de tráfico dinámico, permite situar el

tránsito en la red, implementando matrices origen/destino y técnicas de ubicación estocástica de viaje.

6.2.2.2 CONTROL DEL TRÁFICO

Con este programa, se pueden modelar intersecciones que controlan el tráfico usando las siguientes placas: Dé la preferencia, PARE y combinaciones de estas. Lo que diferencia notablemente a VISSIM de los demás paquetes de simulación microscópica, es su flexibilidad para modelar todas las formas de control semafórico. Existen varios métodos para modelar el control semafórico con esta importante aplicación, por ejemplo: planos semafóricos de tiempo fijo, comunicación en serie para controladores externos, etc.

6.2.2.3 TRANSPORTE PÚBLICO

VISSIM, ha sido el software de elección de los estudios de tránsito, incluyendo: BRT, VLT y terminales multi-modales de transporte público. Además de la capacidad de análisis de la red del transporte público y controlar los aspectos de señalización semafórica, el software también permite la modelación de: rutas de transporte público, diversos tipos de vehículos de transporte público, tablas de horarios, paradas, tipos de paradas y tiempo de permanencia en las paradas.

6.2.2.4 ANÁLISIS

En esta aplicación, el usuario puede definir cuándo, dónde y cómo son referidos los datos. Las informaciones pueden ser referidas para cualquier periodo de tiempo e intervalo dentro de aquel periodo. Los datos, también pueden ser referidos para cualquier punto de localización en la red, para una intersección, a lo largo de cualquier camino y/o para toda una red.

Las informaciones y los datos pueden ser agregados por modo o clase de vehículo, si bien, estos también pueden ser implementados para un solo vehículo. Por medio del programa, se pueden obtener diversos parámetros de tránsito; los más comunes incluyen: atrasos, velocidad, densidad, tiempo de viajes, longitud de las filas, etc. La decisión de cual, como, donde y cuando se obtiene la información está basada en las necesidades propias del proyecto en activo.

6.2.2.5 SIMULACIÓN DE PEATONES

Los viajes de peatones crean interacciones individuales complejas. La simulación de peatones de VISSIM fue creada para ser flexible, lo bastante como para lidiar con proyectos complejos y para adecuar el software a una extensa gama de aplicaciones. Estas incluyen ingeniería de tráfico y planeamiento de transporte, planeamiento urbano, proyecto de construcciones, así como animaciones y evacuaciones.

VISSIM, es la primera aplicación de naturaleza multi-modal de simulación microscópica que incluye la interacción real entre peatones y vehículos. Las señales de tránsito, el desplazamiento de peatones, y partes comunes de la calle, pueden ser en su totalidad modeladas y simuladas en VISSIM. Por ejemplo, usted puede definir usuarios que voluntariamente infringen las normas del tránsito, así como peatones que no obedecen las señales rojas en cruces.

6.2.2.6 GRÁFICOS

El programa presenta animaciones en tres dimensiones, asimismo, permite a los usuarios desarrollar videoclips realísticos en formato AVI, una excelente herramienta para la presentación de proyectos. Este software también ofrece a los usuarios la posibilidad de utilizar y/o integrar fotografías aéreas y diseños CAD como imágenes de fondo durante las simulaciones, igualmente, ejemplares de edificios pueden ser importados desde google sketchup. Para una visualización de la realidad aun mayor, el trafico simulado puede ser exportado para el programa AutoDesks 3DSMAX.

En el siguiente cuadro, se exponen algunas propiedades más relevantes:

Tabla 21: Propiedades de VISSIM

PROPIEDADES DESTACADAS DE VISSIM
✓ Integración con el modelo de demanda de viaje: redes, datos de demanda, y los resultados pueden ser transferidos entre VISSIM y VISUM.
✓ Multimodalidad de vehículos en una sola simulación: carros, camiones, buses, LRT, bicicletas, peatones y edición de vehiculos.
✓ Detallamiento de la geometría de las vías de acuerdo a sus necesidades.
✓ Amplio abanico de herramientas para el control semafórico: interfaz para programación de controles semafóricos, firmwares, tests automáticos y manuales.
✓ Convinciente visualización tridimensional de la simulación.

Fuente: ptv vision, Traffic mobility logistics, VISSIM - Estado-da-arte em micro-simulação de tráfego.

Dentro de la amplia gama de usos, las aplicaciones más comunes incluyen:

Tabla 22: Aplicaciones de VISSIM

APLICACIÓN	
✓	Estudios de carreteras y vías arteriales.
✓	Estudios de planeamiento de subáreas.
✓	Estrategias de gerenciamiento de vías.
✓	Evaluaciones de prioridad semafórica para el transporte público.
✓	Esquemas de gerenciamiento del tráfico actual y futuro.
✓	Estudios de impacto ambiental.
✓	Estudios de transportes públicos multimodales.
✓	Evaluaciones de sistemas inteligentes de transporte.
✓	Estudios de movilidad.
✓	Reproducción en 3D para presentaciones y registros ilustrativos.

Fuente: ptv vision, Traffic mobility logistics, VISSIM - Estado-da-arte em micro-simulação de tráfego.

6.3. GENERALIDADES Y CARACTERITICAS DEL MODELO (R. WIEDEMANN)

El modelo empleado por VISSIM, se denomina con el nombre de “seguimiento de vehículo” (car – following) y, fue formulado originalmente en 1974 por el profesor Rainer Wiedemann, en la universidad Alemana de Karlsruhe, y desde entonces se ha mejorado continuamente.

Este modelo de simulación microscópica, describe el proceso de seguimiento uno por uno de los vehículos circulando en un mismo carril. En principio, el comportamiento de seguimiento de un solo vehículo, fue interpretado antes de describir como el movimiento de un solo vehículo afectaba a una corriente completa de flujo de tráfico. Debido a ello, este modelo ha sido también criticado, dado que esto influye el en comportamiento global del flujo del tráfico.

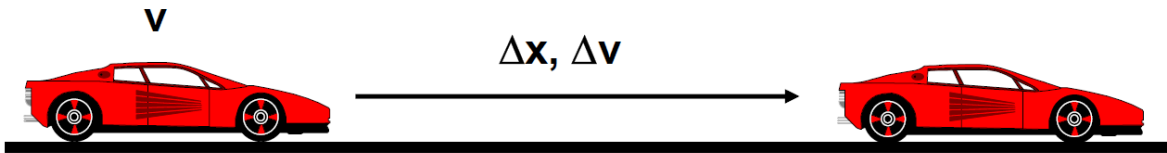
Como un fenómeno habitual del tránsito, seguir el comportamiento de un vehículo es de gran importancia en el micro-tráfico. En virtud de lo señalado, el modelo de seguimiento de vehículo ha prestado una gran atención. En el ejercicio de comparación con otros modelos de flujo de tráfico, este modelo sobresale, ya que integra los factores humanos y refleja la situación del tráfico de una mejor forma.

En este modelo, el fundamento consiste dividir las características del conductor en cuatro (4) estados donde el conductor se comporta de forma diferente, que corresponden a los siguientes:

- ✓ **ESTADO DE CONDUCCIÓN EN CONDICIÓN LIBRE**, es decir, sin influencia de algún vehículo antecesor que sea observable. En este estado, el conductor procura alcanzar y sostener una determinada velocidad, su velocidad particularmente deseada. En la práctica, esto no ocurre, dado que la velocidad en estado de libre conducción no se puede mantener constante, debido a que el control de la aceleración es imperfecto, sin embargo, ésta oscila alrededor de la velocidad deseada.
- ✓ **ESTADO DE PROXIMIDAD A UN VEHÍCULO MÁS LENTO, CON ADAPTACIÓN PROPIA DEL CONDUCTOR A LA VELOCIDAD - MÁS BAJA - DE SU PREDECESOR**. En este estado, al aproximarse al siguiente vehículo, el conductor desacelera de modo que la diferencia de las velocidades sea cero en el instante que alcanza la distancia deseada de seguridad.
- ✓ **ESTADO DE SEGUIMIENTO AL VEHÍCULO ANTECESOR CONSERVANDO UNA DISTANCIA DE SEPARACIÓN SEGURA**, en otras palabras, el conductor sigue al vehículo sin ningún tipo de aceleración o desaceleración consciente. La distancia de seguridad que mantiene el conductor es medianamente invariable, no obstante, debido a que el control de la aceleración no es perfecta y la estimación de la diferencia de velocidad tampoco lo es, ésta, oscila alrededor de cero.
- ✓ **ESTADO DE EMERGENCIA POR DEBAJO DE LOS NIVELES DE SEGURIDAD**. De todos, éste, el más crítico; en este estado, el conductor del vehículo que sigue a un antecesor, aplica altas tasas de frenado si la distancia entre éstos, cae por debajo de la distancia deseada de seguridad. Esto, ocurre si el conductor del vehículo predecesor cambia bruscamente su velocidad, obligando al conductor del vehículo de atrás a reaccionar o, si un tercer vehículo cambia de carril en frente de la vista del conductor.

El concepto principal de este modelo, se basa en el principio de que el conductor de un vehículo que se desplaza en forma rápida, comienza a desacelerar cambiando de un estado a otro según los umbrales de percepción establecidos, cuando percibe que en su camino le precede un vehículo que se moviliza en forma más lenta. Los umbrales de percepción, se definen en función de la distancia o separación existente entre vehículos y la diferencia de velocidad con el vehículo que le antecede.

Figura 41: Modelo de seguimiento de vehículo – Modelo psicofísico de Wiedemann



Fuente: ptv vision, VISSIM Overview, Analyzing the Transportation System.

VISSIM, simula el movimiento del flujo de tráfico bajo la relación “conductor – vehículo – unidades” a través de una red vial de modelación. Los conductores con sus características específicas de comportamiento, se asignan a un vehículo en particular. Por lo anterior, el comportamiento de conducción, corresponde a las características técnicas del vehículo en el que se desplaza.

La capacidad intrínseca de cada conductor de percibir en mayor o menor dimensión – sensibilidad – las diferencias de velocidad entre los vehículos y de estimar la distancia que los separa, varía eventualmente entre la población de conductores, asimismo ocurre con las velocidades y distancias de seguridad deseadas. En vista de la combinación resultante de factores psicológicos y fisiológicos de las restricciones en las condiciones perceptivas que intervienen en el conductor, el modelo se conoce también como *modelo psicofísico de seguimiento de vehículo*.

Los atributos que caracterizan cada relación “conductor – vehículo – unidades” se distinguen en tres categorías que, se observan en la siguiente tabla:

Tabla 23: Atributos de las relaciones “conductor – vehículo – unidades”

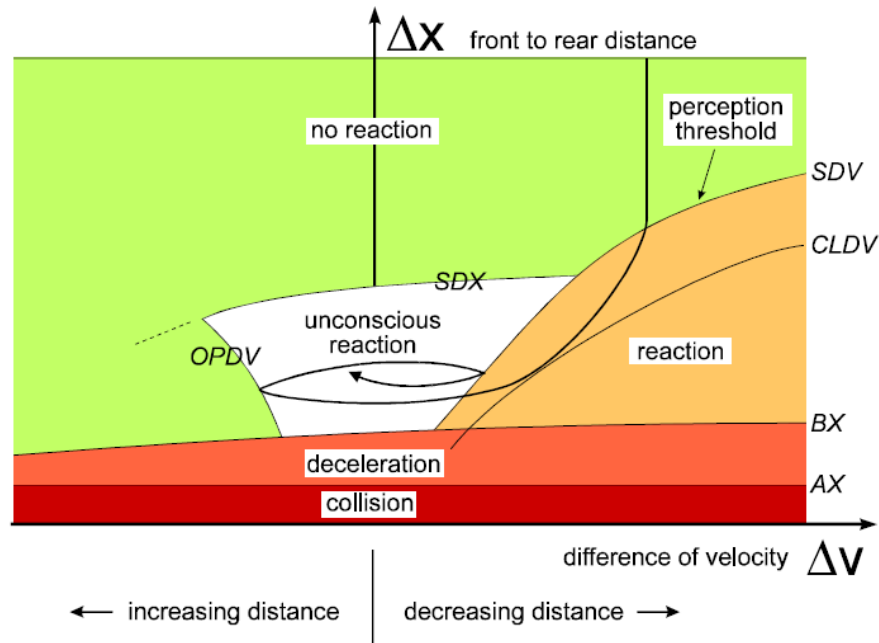
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS VEHICULOS	✓ Longitud
	✓ Velocidad máxima
	✓ Potencia de aceleración
	✓ Posición actual en la red
	✓ Velocidades y aceleraciones actuales
COMPORTAMIENTO DE UNIDAD "CONDUCTOR - VEHICULO"	✓ Umbrales de percepción psico - físicas del conductor (capacidad de estimación, agresividad)
	✓ Memoria del conductor
	✓ Aceleración basada en la velocidad actual y la velocidad deseada por el conductor
INTERDEPENDENCIA DE LA UNIDAD "CONDUCTOR - VEHICULO "	✓ Referencia de sobrepasar y/o seguir en el carril propio o adyacente
	✓ Referencia a la conexión actual y la siguiente intersección
	✓ Referente a la próxima señal de tránsito

Fuente: ptv vision, Traffic mobility logistics, VISSIM 5.30-05 User Manual, PTV Planung Transport Verkehr AG, Alemania 2011.

En condiciones de circulación en un solo carril, cuando un vehículo se aproxima a otro que va más lento, este tiene que desacelerar, ajustándose su separación. El punto de acción o reacción consciente, depende de la diferencia de velocidad de los vehículos, la distancia que los separa y el comportamiento del conductor.

En el caso de vías con varios carriles, el modelo emplea una serie de consideraciones para cambiar de carril. Un conductor estimará cambiar de carril, si percibe que debe conducir a una velocidad más lenta que la velocidad que desea, debido a un vehículo que lo precede circula a una velocidad menor. Seguidamente se comprueba, si su situación actual mejora con la acción de cambiar de carril. A continuación se verifica, si el conductor, cuenta con espacios aceptables, para poder cambiar de carril sin generar una situación peligrosa.

Figura 42: Modelo de seguimiento de vehículo (car – following) – Umbrales y trayectoria del vehículo



Fuente: PTV vision, Traffic mobility logistics, VISSIM 5.30-05 User Manual, PTV Planung Transport Verkehr AG, Alemania 2011

Uno de los desafíos más importantes que presenta el modelo psico- físico corresponde en la forma en cómo se encuentran definidas las distribuciones de los límites de percepción de los conductores. Las percepciones particulares de los conductores y el comportamiento individual de riesgo se modelan sobre la base de adición de valores aleatorios en cada uno de los parámetros que se observan en la figura 25; donde¹²

- ✓ **AX** – Distancia deseada entre dos vehículos en una fila.
- ✓ **ABX** – Distancia mínima deseada de seguimiento, la cual se encuentra en función de AX, y asimismo, depende de la velocidad en ese periodo y de la distancia de seguridad.
- ✓ **SDV** – Punto de acción sobre el cual, el conductor pasa a percibir que se está aproximando hacia un vehículo más lento localizado en frente suyo. Este punto, se altera en la medida que cambian las diferencias de velocidad entre los vehículos.

¹² Martin Fellendorf, Peter Vortisch, Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM, Karlsruhe, Germany.

- ✓ **CLDV** – Punto de acción sobre el cual, el conductor se percata de la disminución de distancia entre su vehículo y el de adelante, viéndose obligado a desacelerar para evitar un accidente.
- ✓ **OPDV** – Punto de acción sobre el cual, el conductor del vehículo advierte el aumento de distancia entre su vehículo y el vehículo del frente, pasando a acelerar nuevamente.
- ✓ **SDX** – Umbral de percepción sobre la cual se modela la máxima distancia de seguimiento, que representa alrededor de 1.5 a 2.5 veces ABX

El proceso de seguimiento de vehículo, se modela básicamente como una ecuación de movimiento en condiciones de estado estacionario (cuando el primer vehículo se desplaza a una velocidad constante y el seguidor inmediato, como los otros seguidores tienen un comportamiento idéntico en términos de velocidad), sumado una serie de restricciones que rigen el comportamiento de los vehículos cuando pasan de un estado estacionario a otro (desacelerar - acelerar).

Expresamente, las condiciones de estado estacionario determina la velocidad deseable de los vehículos en los diferentes niveles que se presentan de congestión, la capacidad de la vía y, las longitudes de las colas que se forman. Evidentemente, estos factores tienen impactos significativos sobre la formación de las colas que se presentan con frecuencia en las vías.

En términos generales, para este ejercicio se consideran dos tipos de restricciones: la primera restricción, rige al vehículo en estado de aceleración, que es normalmente una función dinámica del vehículo. La otra restricción, considera que el vehículo está en una posición segura respecto al vehículo inmediato que lo sucede, de forma que este pueda desacelerar bruscamente sin que ocurra un choque entre los vehículos, sin ocurrir tampoco choque entre el primer vehículo que lo sucede y los otros que lo siguen detrás cuando este también desacelera de forma brusca.

7. METODOLOGIA

Para emprender el ejercicio del desarrollo del proyecto, como precepto inicial, fue necesario seguir una serie de etapas de forma sistemática, las cuales, fueron definidas sobre la base y el principio de un procedimiento mixto, tomando en cuenta los pasos a seguir para solucionar situaciones de tránsito y adoptando asimismo, el proceso metodológico oportuno para resolver problemas a través del método de simulación de sistemas dinámicos; estas etapas, dispuestas en un orden lógico, fueron articuladas por la directora del proyecto, así como por el integrante del grupo, de acuerdo a las necesidades y requerimientos del estudio, para buscar de forma practica la obtención de resultados válidos que posibiliten la consecución de los objetivos planteados.

El orden secuencial que se presenta, se emplea con asiduidad, en vista de que permite mejores avances en dirección a la respuesta de la problemática, si bien sucede, que en diversas oportunidades aparece alguna información relevante o una idea nueva, que dé lugar a replantear posiciones o regresar a una etapa ya desarrollada, asunto que no debería originar inconveniente alguno, visto que, el proceso metodológico debe ser flexible y tener margen para recoger aspectos y disposiciones puntuales que contribuyan a la obtención de resultados apropiados.

7.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Para afrontar técnicamente el problema planteado, como primera medida, fue necesario identificarlo y tener un conocimiento objetivo de las causas podrían estar originándolo. En esta fase de diagnóstico, se proveyó de información, a fines de conocer los aspectos característicos y operativos más relevantes del tramo vial, su contexto y, de esta forma, realizar una observación cuidadosa de la realidad, que permita identificar la problemática actual del corredor, para citarla en forma clara, concreta y accesible. El problema puede parecer al principio obvio, no obstante, a veces esto resulta no ser percible a primera vista. Para llegar a identificar acertadamente el problema, como medida importante, se debieron orientar los recursos y ánimos para eliminar los motivos que lo originan, dado que si se trabajaba sobre los problemas que este produce, no se podrían plantear alternativas que lo solucionarían efectivamente.

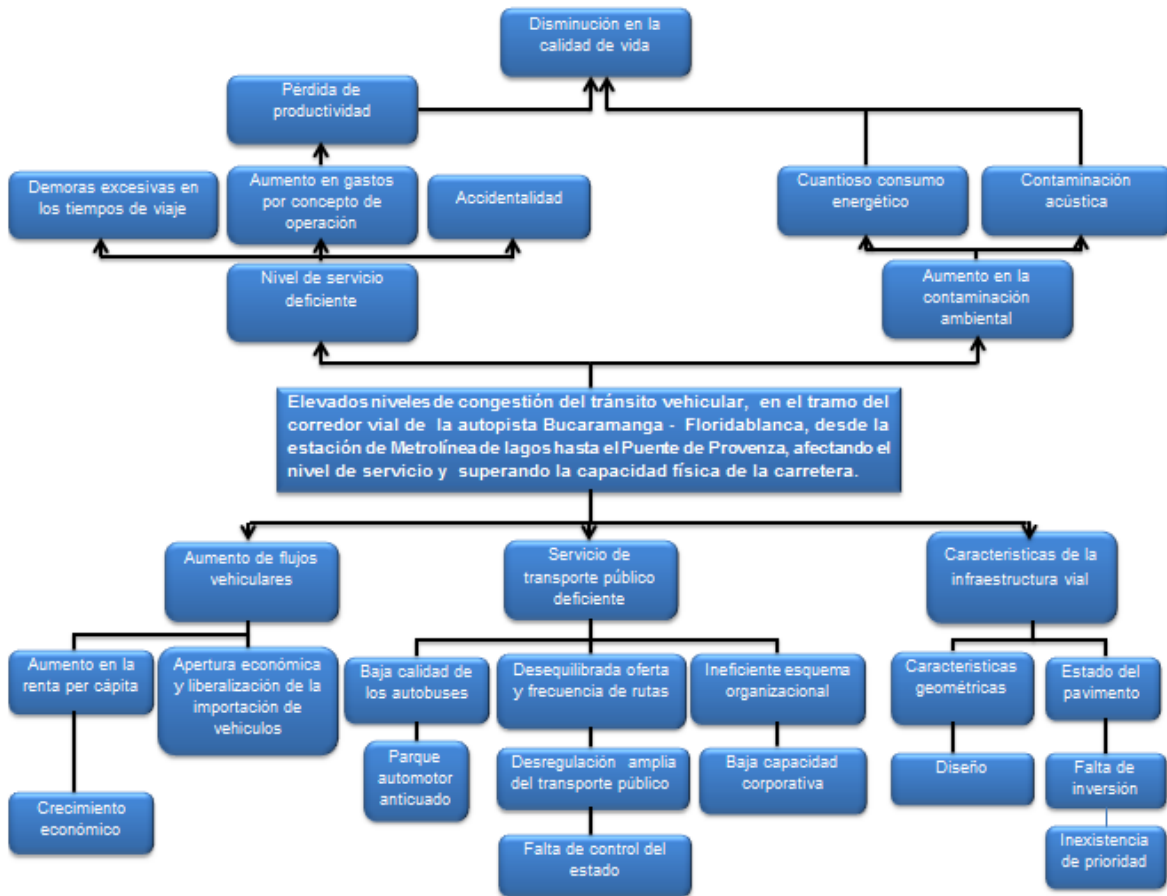
En el marco del procedimiento implementado en este estudio, se realizó el ejercicio de reconocer detalladamente la zona y tomar contacto de forma directa con el área física del problema, de tal forma que se definiera detalladamente el tiempo, la cantidad y el tipo de información, requeridos para emprender la actividad del desarrollo del proyecto.

El asunto, corresponde en tratar de plantear en forma descriptiva y explicativa, porqué sucede el problema e identificar adecuadamente los factores o elementos que tienen mayor incidencia en él.

Al igual que el ejercicio de identificación, el análisis de las causas generadoras del problema no siempre resulta ser una tarea sencilla, dado que, en muchas oportunidades sus señales no se aprecian en primera instancia o es complicado despejar o aislar sus indicadores de las otras variables.

En el siguiente árbol de problemas, se desarrolla la relación que se presenta entre causa – problema – efecto; esta herramienta, es de gran utilidad, en vista de que posibilita analizar una determinada situación de una forma más concreta, tener conocimiento en propiedad de él o los problemas, así como jerarquizarlos y visualizar en forma más inteligible los componentes involucrados y su interrelación, para lograr una conceptualización apropiada del escenario en estudio.

Figura 43: Árbol del problema



Fuente: Elaboración propia

En la fase de obtención del diagnóstico, se puntualizaron los problemas que afectan la circulación vehicular en esta zona de la ciudad.

- ✓ En la actualidad, la situación del tráfico en este corredor vial, se encuentra en una situación delicada, que se generalizó a lo largo de todo el trayecto y a muchas horas del día, ocasionando largas y concentradas hileras de carros que se presentan durante las horas de mayor flujo vehicular, con sobrados aspectos negativos que se originan en esos periodos; además, progresivamente el tramo se ve más congestionado, tornando el tránsito insostenible. Lo anterior causó como consecuencia, que cada vehículo circule en forma lenta, en comparación a la circulación en condiciones de operación normales.

Por ejemplo, en la paralela en sentido norte – sur, se presenta una de las peores condiciones de congestión en el tramo, en vista de que existen 4 accesos de la autopista hacia la paralela, con una única salida desde el puente de Provenza hasta el Bosque, forzando a los usuarios a ir hasta el final de la vía porque no hay más salidas.

En este corredor vial, donde la velocidad promedio debería estar alrededor de los 60 Km/h, hoy en día la velocidad máxima se encuentra solo en los 29 Km/h. En el periodo de tiempo que corresponde entre 8:30 am y una vez se termina el pico y placa, el transitar por el tramo se torna aún más incómodo.

Figura 44: Problemática de la zona



Fuente: Gente Cañaveral - Vanguardia liberal

- ✓ La crisis en la que se encuentra actualmente el sistema masivo de transporte Metrolínea, que aparenta ser insoluble. Este nuevo sistema, no ha podido irrumpir

en la población, prefiriendo esta, en la mayoría de las ocasiones, continuar empleando el tradicional sistema de transporte público urbano.

- ✓ En el momento en que se presentan problemas de congestión y molestias en la cobertura de transporte público urbano, los pasajeros que se encuentran residentados más lejos, optarían por tomar el transporte informal, aumentándolo. Esto se origina al no atender a los usuarios del servicio de forma correcta.

En virtud de los articulados e insostenibles problemas de circulación vehicular, estas, son algunas las externalidades negativas generadas por el transporte en el tramo en estudio:

- ✓ Congestión vehicular representada en el aumento en los tiempos de viaje hacia Bucaramanga, máxime en las horas punta. Esto genera cierta incertidumbre, visto que, no se tiene certeza sobre el tiempo que se emplee en recorrer el trayecto. Este factor es gran generador de pérdida de productividad, además, estimula la obstrucción a la movilidad, accesibilidad e incrementa costos.
- ✓ Retrasos en los tiempos de llegada. Lo anterior, provoca no llegar a tiempo al trabajo, a cumplir una actividad o a estudiar, traduciéndose en una reducción de la productividad.
- ✓ Aumento en la contaminación ambiental. La emisión de gases de efecto invernadero por parte de los vehículos, además de la contaminación acústica, es provocada por los usuarios cuando estos permanecen por más tiempo en la vía. Este agente origina consecuencias en la calidad de vida de los ciudadanos. Por ejemplo, la calidad de vida de los residentes en las zonas más congestionadas se ve degradada por las molestias – deterioro urbano y del entorno – que conllevan los constantes congestionamientos. El contexto actual, ha obligado a la industria automotriz a realizar esfuerzos importantes para desarrollar nuevas tecnologías, dado que se requiere reducir las emisiones de los vehículos, y como resultado de esto, se han logrado avances importantes de tipo técnico para reducir las emisiones de las unidades, no obstante, en objeción de esto, los automóviles continúan representando el principal emisor de gases contaminantes en las ciudades.
- ✓ Desperdicio de combustible y por ende se incrementan los gastos de los usuarios por este concepto, además del aumento de gastos operacionales en general. La constante aceleración y frenado de los vehículos durante un embotellamiento, ocasiona frecuentemente que se presente la necesidad de reparar y/o reemplazar partes.
- ✓ Aumento de accidentes de tránsito. Al limitarse la capacidad de maniobra del conductor, sumado al nerviosismo o la falta de serenidad en medio de un flujo congestionado, estos factores contribuyen a la aparición de accidentes.

Generalmente, estos no son muy severos, dado que los vehículos viajan a bajas velocidades.

El motivo básico por el que se origina el congestionamiento en una sección o un tramo determinado de una vía, es la presencia de fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito, ocasionada por la interacción vehicular intensa.

Entre las causas que motivan el problema de congestión de tráfico a lo largo del corredor vial en estudio, se puede indicar que:

El municipio de Floridablanca, al igual que el resto del Área metropolitana de Bucaramanga, están experimentando un cambio profundo, que se generó por la celeridad del crecimiento del tejido urbano en forma no planificada, considerando que su expansión y crecimiento no estuvo sujeto a medida alguna de planeación urbana, si no que las disposiciones de regulación, ordenamiento espacial y gestión urbanística se implementaron posteriormente. Es característico del municipio su población diversa y las dificultades que se han presentado en materia administrativa en los últimos años, representándose esto, en inestabilidad e incumpléndose consecutivamente las metas proyectadas.

Las condiciones particulares que se presentan en el municipio, en cuanto a sus características tangibles, agregado a elementos limitantes de orden político, fiscal, técnico y social han contribuido en gran medida a un fenómeno de crecimiento desorganizado que impulsa la utilización masiva del vehículo particular.

- ✓ Bucaramanga y su Área metropolitana, son relativamente una ciudad pequeña, particularmente el municipio de Floridablanca.

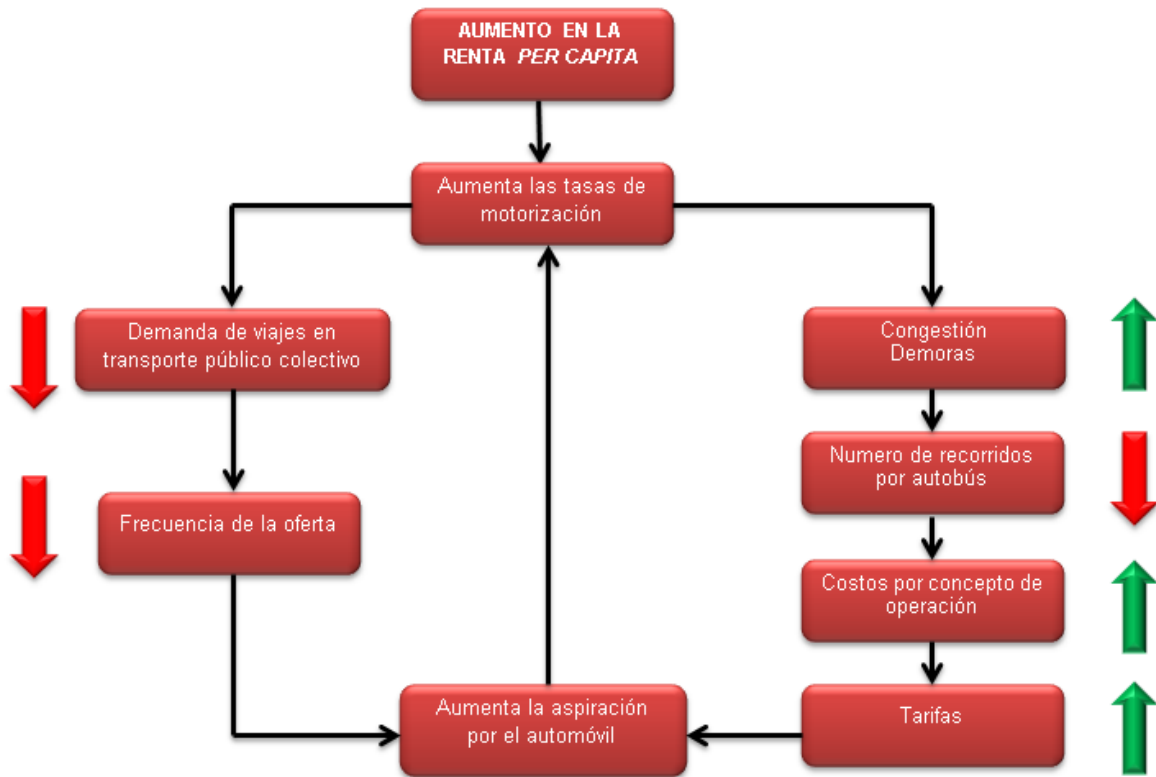
El “Boom” de la construcción experimentado en las zonas lindantes al trayecto en estudio, hizo que el municipio se densificara de forma desaforada, atrayendo población de otros sectores del Área y, por ende, ha estimulado la entrada en operación de nuevos volúmenes vehiculares que, sumados a los ya existentes, conforman el tráfico actual. En este contexto, la demanda vehicular supera la capacidad de la vía, rompiendo la continuidad del flujo. Es así, como en el tramo en estudio, el Tráfico Promedio Diario (TPD) se ha visto aumentado en un 49%, equivalente a 15.000 vehículos diarios. Adicional a esto, la expectativa de que el sistema masivo de transporte Metrolínea, contribuyera a mejorar la movilidad a lo largo del sector, hasta el momento ha sido solo eso, expectativa. Metrolínea, entre otras cosas, lo que ha hecho, es reducir la capacidad de la vía, reduciéndola de tres carriles existentes en sentido norte – sur y sentido sur – norte, a únicamente dos carriles, en calidad de que uno de ellos es de uso exclusivo de Metrolínea, incrementando igualmente, el trazado del espacio público y de los separadores, sin prever el constante crecimiento acelerado del parque automotor en todo el

área. El desequilibrio entre la oferta y la demanda del corredor vial está aumentando con rapidez.

- ✓ La evidente preferencia de los usuarios de utilizar vehículo particular y su uso indiscriminado, exponen un servicio de transporte público urbano con acentuadas deficiencias, entre las que se encuentran: la oferta y la frecuencia de las rutas, el mal estado en que se encuentran algunos autobuses en comparación hipotética a un automóvil propio, los elevados niveles de ocupación en relación con su capacidad en horas punta, la percepción de inseguridad en el entorno, comodidad, etc.

La adquisición de un automóvil particular, es un deseo y aspiración de total legitimidad por parte de cualquier ciudadano, si se tienen en cuenta las ventajas y comodidades que representa un medio de transporte propio, si bien, su uso es poco eficiente para el traslado de personas en relación al transporte público, además, influye en la progresiva contaminación del medio ambiente, dado que son un ente contaminante por sus emisiones de gases y el ruido provocan. Lo magnifico, seria lograr un mejor equilibrio entre las variables, tanto de la utilización del automóvil particular, como el uso del sistema del transporte público urbano, tomando en cuenta que el interés general debe exceder en cualquier escenario al interés particular. El servicio y el uso del transporte público colectivo urbano, debe superar en calidad de servicio al uso masivo de transporte en automóvil particular, como situación deseada para aumentar la sostenibilidad.

Figura 45: Efectos por el aumento de automóviles

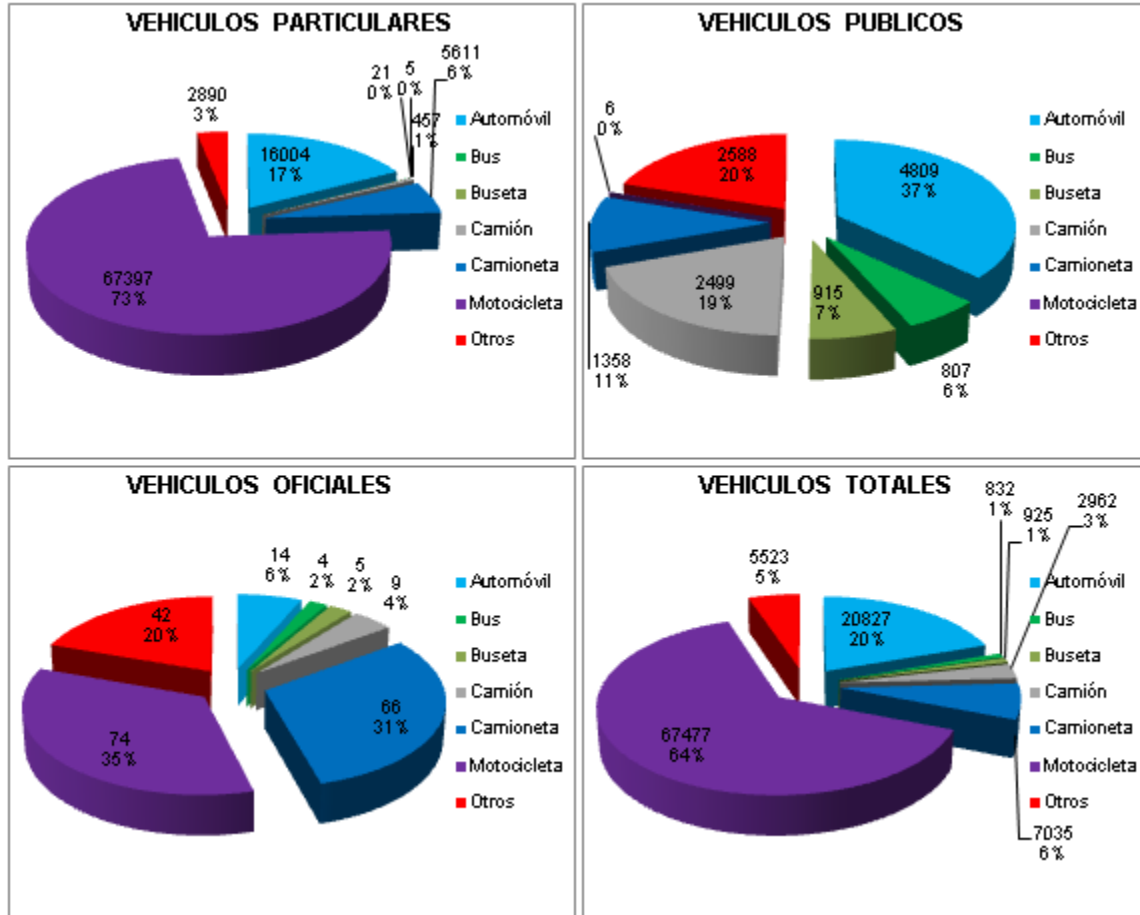


Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Publicas

A finales del año 2010, en el municipio de Floridablanca, el incremento de vehículos produjo que en los últimos tres años, se pasara de tener en promedio 80.000 vehículos matriculados a un promedio de 105.500, sin que se construyera en los últimos 10 años ni un solo Kilómetro nuevo para vías adicionales,

En los siguientes gráficos, se observa la composición vehicular al final del año 2010.

Figura 46: Composición de vehículos matriculados en Floridablanca a finales del año 2010



Fuente: Dirección de tránsito de Floridablanca

- ✓ Un principio que podría explicar los problemas de congestionamiento en términos de infraestructura y planeación, es la inexistencia de prioridad y estrategias en la agenda de las administraciones públicas que han pasado en los últimos años en el municipio, que deberían estar orientadas a determinar los medios y los recursos que, articulados, generen una solución satisfactoria al problema.

La débil planeación, y la crisis por la que actualmente atraviesa el sistema masivo de transporte Metrolínea, producen cada vez más confusión entre los usuarios del sistema vial; los funcionarios y autoridades públicas competentes, responsables del sector del corredor vial en estudio, no han podido integrar sus impulsos para implementar medidas que aporten soluciones prácticas y efectivas.

Menos aún se puede omitir, que en un ámbito tan complejo, como el del transporte urbano, que está sujeto a variaciones en virtud de su dinámica y sensibilidad, coexisten fuertes presiones por parte de diferentes agrupaciones que manejan intereses específicos y actúan conforme a ellos, como puede ser el caso de los transportadores y asimismo políticos que, en ocasiones, establecen sus puntos de vista basados en objetivos ajenos a la materia, tornando aún más compleja la situación.

Estos factores citados, son una fuente generadora de distorsiones y, en la coyuntura que se presenta actualmente, en la que el problema de congestión que presenta el tráfico urbano, debería ser tratado en forma técnica e integral, se evidencia un manejo inadecuado por parte de los entes responsables, descontando que, no se ve la implementación de medidas coordinadas, ni se prevén las repercusiones que el problema presentará en el futuro, siendo así la respuesta al problema, no más que parcializada.

- ✓ Ausencia de conciencia y cultura ciudadana: En conformidad de que los conductores forman parte de los elementos que componen el flujo de tránsito y señalando asimismo, el hábito de los usuarios en el que prevalece el interés particular, se advierte la baja ocupación de los vehículos privados, lo que representa un uso ineficiente de la infraestructura vial, en virtud de que estos vehículos ocupan el mismo espacio vial que los vehículos con más capacidad transportadora. Por otro lado, son continuas las violaciones a las normas de tránsito; por otra parte, existen conductores que estacionan sus vehículos en sitios no autorizados, realizan maniobras peligrosas, conducen sin ningún modelo de manejo preventivo o se movilizan mientras realizan una segunda o tercera actividad.

7.2. FUENTES DE INFORMACION

Para desarrollar las etapas en que se encuentra dispuesto el proyecto y asimismo, cargar el modelo en el software, se requirió con anterioridad, recoger una apropiada cantidad de información y datos, tanto cualitativos como cuantitativos, antes de entrar al trabajo de construir y modelar el corredor vial. Por consiguiente, fue de gran importancia, definir con claridad y de forma precisa los datos que el estudio y el modelo requerirán para obtener los resultados deseados.

La información recolectada, es por una parte, de carácter institucional y documental; para esto, se consultó y compiló datos existentes, que han sido facilitados por diferentes entidades, tanto del sector público como privado, que conservan una relación y nexo directo con el tema objeto de estudio; por otra parte, se encuentra la información obtenida en campo por medio de aforos vehiculares en los puntos requeridos y a través de la observación general y detallada del área en la que se desarrolló el estudio. Dicha

información, debía ser lo más completa posible, dado que se constituía en un punto de partida para la ejecución de las fases posteriores.

Dentro de los diferentes tipos de información reunida, de acuerdo con su origen y contenido se siguió el siguiente orden:

Consecución de información secundaria como:

- ✓ Aforos de tráfico vehicular clasificados por tipo de vehículos, tomados recientemente por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.
- ✓ Información cartográfica del corredor vial de la oficina asesora de planeación de Floridablanca, mapas digitales - dibujos CAD - y fotografías satelitales aéreas.
- ✓ Catastro operativo
- ✓ Consecución de información de accidentalidad por parte de la Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca.
- ✓ Tutorial software VISSIM por parte de la directora del proyecto.
- ✓ Documentos CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social) del Departamento Nacional de Planeación.
- ✓ Plan de desarrollo de Floridablanca por parte de la Alcaldía de Floridablanca.
- ✓ Parque automotor Cámara de comercio de Bucaramanga

Toma de información primaria:

- ✓ Toma manual de aforos vehiculares en los puntos requeridos del tramo de estudio.
- ✓ Estudio de velocidad en el punto ubicado en la estación Lagos de Metrolínea.
- ✓ Estudio de tiempo de viajes y demoras en la ruta seleccionada del corredor

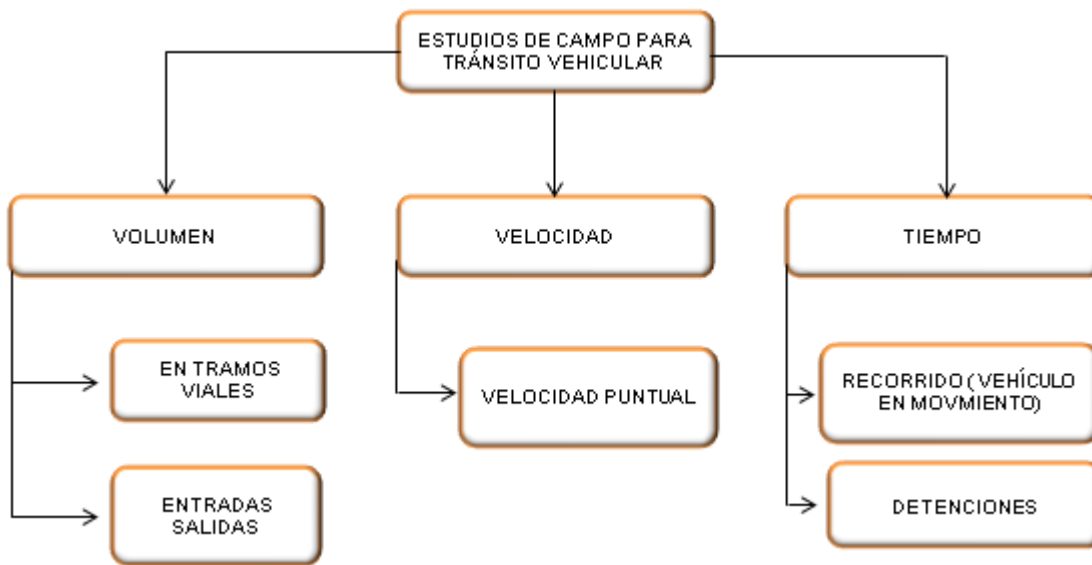
7.3. DEFINICIÓN, DISEÑO Y REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO

Amén de los objetivos planteados en el proyecto, se consideró necesario establecer los estudios de tránsito que requieren realizarse para cumplir con los mismos. Los estudios que se desarrollaron en el proyecto, forman parte de las actividades de levantamiento o investigaciones de campo. Estos trabajos, permiten valorar las características de circulación vehicular de los diferentes tipos de vehículos que son de interés en la elaboración del estudio sobre el corredor vial. Estos estudios incluyen

- ✓ Aforos vehiculares en los accesos y salidas a lo largo del corredor vial
- ✓ Velocidades a flujo libre y saturado.
- ✓ Estudio de tiempo de viajes
- ✓ Densidad
- ✓ Capacidad y nivel de servicio

Con la finalidad de conocer de primera fuente la condición del escenario actual del corredor vial y las características de movilización que predominan en la vía, el reconocimiento físico, la observación en campo y la medición de los parámetros críticos, se constituyen desde un principio en trabajos significativos a realizar; asimismo, se reconoce la importancia del desarrollo adecuado de estas actividades. En conformidad con lo anterior, este fragmento del documento recorre la descripción y método empleado para la toma de información en las actividades realizadas para este fin.

Figura 47: Estudios de campo



Fuente: Elaboración propia

Los estudios presentados en este apartado, cuentan con la respectiva metodología implementada para la obtención de la información y, las variables de interés que se midieron en cada uno de estos.

7.3.1. ESTUDIO DE VOLUMENES TRÁNSITO

El objeto fundamental de este estudio es conocer los aspectos importantes de la demanda vehicular que interesan para el proyecto.

7.3.1.1 VARIABLES A MEDIR

Las variables medidas la actividad son:

- ✓ Magnitud de la corriente vehicular para los dos sentidos – SN – NS –
- ✓ Composición vehicular

Para la composición vehicular se tomaron en cuenta los siguientes tipos de vehículos:

- ✓ Automóviles: autos, camionetas, camperos.
- ✓ Taxis
- ✓ Motos
- ✓ Buses : buses, busetas
- ✓ Bus articulado de Metrolínea
- ✓ Camiones: simples, con y sin remolque.

7.3.1.2 METODOLOGÍA DE REALIZACIÓN

En vista del carácter del estudio y de la información de entrada que requiere VISSIM en la etapa de construcción y modelación del corredor vial, el levantamiento de información correspondiente a la composición vehicular y sus respectivos volúmenes, es ineludible, por lo que la toma de información “in situ” se constituyó en una de las actividades fundamentales en la fase de recolección de información para el desarrollo del proyecto; además, permitió contextualizar el escenario de la situación actual en términos de operación del tráfico vehicular, a través del reconocimiento físico, la inspección y la observación directa en campo.

Para este estudio en particular, se determinó que el número de aforos realizados estaría sujeto a las **rutas de decisión** que se realizarían en VISSIM y, a la cantidad de accesos existentes hacia el corredor, en otras palabras, en los sectores donde se incorporara o se disipara tráfico vehicular, se efectuarían aforos; adicionalmente, se efectuó el conteo vehicular en los carriles exclusivos de Metrolínea. Para realizar estas labores, se definió con anterioridad un día conveniente para las observaciones, de modo que se pudiera cumplir con todas las exigencias requeridas por la actividad.

Los aforos se realizaron manualmente, durante la hora de máxima demanda del mismo día. Para esta actividad, no es conveniente que los conteos se efectúen en un día no laborable, un día previo o posterior a estos. Como día, se seleccionó un martes – día típico –, y la hora señalada para la actividad, es en la que se presenta el fenómeno de mayor circulación de flujo vehicular – HMD –, esto, todo, con el propósito de obtener durante ese periodo los volúmenes vehiculares a lo largo del corredor vial, y luego, reproducir el evento en VISSIM.

El día martes, 24 de Abril de 2012, se realizaron conteos en la hora de la mañana de 6:30 Am hasta las 7:30 Am. Por las características del estudio, no se necesitó aforar los otros periodos del día, ya que solo se requería información del periodo con mayor demanda vehicular en el tramo. No menos importante es señalar, que dentro del proceso de reunión de información relativa al proyecto, se obtuvieron datos correspondientes a conteos vehiculares realizados por la dirección de tránsito de Bucaramanga en el año 2011, con lo cual, se definió la hora de máxima demanda y asimismo, se disponía de antemano con una importante y acreditada referencia. De este modo, la información obtenida de los conteos vehiculares realizados para este estudio, se complementa con la información levantada por la Dirección de Tránsito y Transporte de Bucaramanga durante 3 días consecutivos, permitiendo asimismo, disponer de una completa información de campo, que más adelante, se integraría al software.

En cuanto al personal requerido para la actividad, éste, se determinó sobre la base del número de accesos y salidas a lo largo del corredor; asimismo, el número aforadores en cada punto se sujetó a los niveles de demanda en cada sector. El personal en su mayoría, fue contratado para la tarea, si bien, también participaron en el trabajo algunos estudiantes de la carrera de ingeniería civil.

Como parte del proceso de planificación de la actividad y en busca de garantizar la fiabilidad de los datos recolectados, los aforadores recibieron con anterioridad las instrucciones necesarias correspondientes al trabajo y el formato en el que tomarían nota del conteo.

En las tablas 23 y 24, se observan los datos correspondientes a los volúmenes vehiculares tomados por parte de la dirección de tránsito de Bucaramanga.

Tabla 24: Volúmenes vehiculares del corredor vial sentido sur- norte en la estación de Provenza

PERIODO	AUTOS	TAXIS	BUSES	MOTOS	TOTAL CAMIONES	TOTAL MIXTOS	PERIODO	AUTOS	TAXIS	BUSES	MOTOS	TOTAL CAMIONES	TOTAL MIXTOS
06:00 - 07:00	1614	734	135	1879	23	4385	13:45 - 14:45	2148	641	125	2092	33	5039
06:15 - 07:15	1884	907	144	2212	29	5176	14:00 - 15:00	2118	617	123	1926	43	4827
06:30 - 07:30	2054	1014	143	2451	36	5698	14:15 - 15:15	1983	586	115	1767	49	4500
06:45 - 07:45	2187	1083	127	2451	38	5886	14:30 - 15:30	1906	554	107	1673	48	4288
07:00 - 08:00	2223	1049	120	2363	37	5792	14:45 - 15:45	1952	561	101	1618	49	4281
07:15 - 08:15	2182	1011	119	2200	38	5550	15:00 - 16:00	1984	558	101	1548	41	4232
07:30 - 08:30	2169	972	125	1984	37	5287	15:15 - 16:15	2039	597	104	1507	36	4283
07:45 - 08:45	2040	928	125	1840	37	4970	15:30 - 16:30	2081	679	111	1448	34	4353
08:00 - 09:00	1949	862	123	1726	42	4702	15:45 - 16:45	2070	708	117	1453	33	4381
08:15 - 09:15	2142	807	117	1692	44	4802	16:00 - 17:00	2046	771	122	1472	38	4449
08:30 - 09:30	2275	768	112	1672	46	4873	16:15 - 17:15	1945	811	126	1464	44	4390
08:45 - 09:45	2434	720	113	1659	52	4978	16:30 - 17:30	1896	813	122	1535	48	4414
09:00 - 10:00	2537	691	111	1630	55	5024	16:45 - 17:45	1811	835	118	1586	47	4397
09:15 - 10:15	2373	679	108	1535	55	4750	17:00 - 18:00	1754	838	111	1631	45	4379
09:30 - 10:30	2251	686	105	1489	61	4592	17:15 - 18:15	1716	846	107	1666	39	4374
09:45 - 10:45	2163	677	104	1415	62	4421	17:30 - 18:30	1644	865	108	1646	35	4298
10:00 - 11:00	2042	680	106	1352	59	4239	17:45 - 18:45	1584	874	113	1570	36	4177
10:15 - 11:15	1936	690	109	1303	64	4102	18:00 - 19:00	1479	874	115	1490	33	3991
10:30 - 11:30	1835	704	112	1302	60	4013	18:15 - 19:15	1374	853	115	1396	32	3770
10:45 - 11:45	1738	740	116	1315	53	3962	18:30 - 19:30	1259	813	119	1272	28	3491
11:00 - 12:00	1776	780	122	1396	50	4124	18:45 - 19:45	1155	783	121	1197	24	3280
11:15 - 12:15	1842	805	125	1482	45	4299	19:00 - 20:00	1061	726	123	1106	22	3038
11:30 - 12:30	1912	782	122	1449	41	4306	19:15 - 20:15	991	658	121	1001	18	2789
11:45 - 12:45	1944	747	113	1379	43	4226	19:30 - 20:30	940	566	112	895	18	2531
12:00 - 13:00	1867	677	102	1256	45	3947	19:45 - 20:45	876	490	103	767	16	2252
12:15 - 13:15	1779	619	95	1150	39	3682	20:00 - 21:00	832	450	95	656	13	2046
12:30 - 13:30	1698	604	94	1185	37	3618	20:15 - 21:15	774	435	87	601	12	1909
12:45 - 13:45	1764	571	97	1403	35	3870	20:30 - 21:30	719	445	83	557	9	1813
13:00 - 14:00	1868	603	103	1716	29	4319	20:45 - 21:45	673	457	80	529	6	1745
13:15 - 14:15	2080	623	113	1997	31	4844	21:00 - 22:00	657	460	79	546	6	1748
13:30 - 14:30	2190	634	120	2151	33	5128							

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

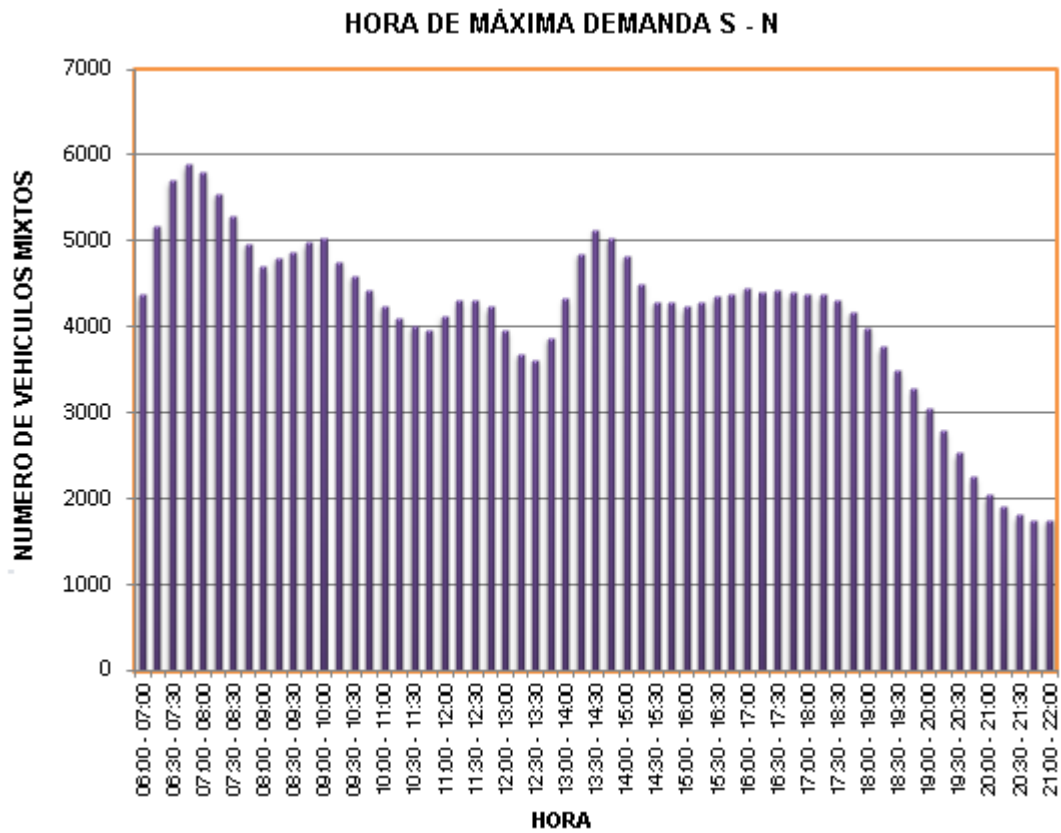
Tabla 25: Volúmenes vehiculares tomados por la dirección de tránsito de Bucaramanga sentido norte - sur

PERIODO	AUTOS	TAXIS	BUSES	MOTOS	TOTAL CAMIONES	TOTAL HIXTOS	PERIODO	AUTOS	TAXIS	BUSES	MOTOS	TOTAL CAMIONES	TOTAL HIXTOS
06:00 - 07:00	683	441	86	712	35	1957	13:45 - 14:45	1146	414	61	1193	46	2860
06:15 - 07:15	761	484	98	815	33	2191	14:00 - 15:00	1022	444	59	1219	48	2792
06:30 - 07:30	804	515	105	902	27	2353	14:15 - 15:15	936	437	60	1143	49	2625
06:45 - 07:45	809	499	99	920	23	2350	14:30 - 15:30	875	452	57	1101	37	2522
07:00 - 08:00	807	498	97	923	31	2356	14:45 - 15:45	872	443	57	1018	39	2429
07:15 - 08:15	843	473	92	890	43	2341	15:00 - 16:00	877	429	55	1017	40	2418
07:30 - 08:30	912	467	85	874	53	2391	15:15 - 16:15	891	425	55	1007	42	2420
07:45 - 08:45	930	452	83	819	51	2335	15:30 - 16:30	920	390	57	1024	48	2439
08:00 - 09:00	924	430	80	775	47	2256	15:45 - 16:45	991	393	60	1091	49	2584
08:15 - 09:15	941	449	77	783	53	2303	16:00 - 17:00	1102	406	74	1160	49	2791
08:30 - 09:30	933	447	76	792	48	2296	16:15 - 17:15	1280	445	82	1257	52	3116
08:45 - 09:45	961	475	77	856	56	2425	16:30 - 17:30	1428	477	87	1375	55	3422
09:00 - 10:00	994	490	71	882	50	2487	16:45 - 17:45	1499	493	90	1460	55	3597
09:15 - 10:15	997	481	68	895	42	2483	17:00 - 18:00	1544	528	88	1520	51	3731
09:30 - 10:30	1008	486	67	878	47	2486	17:15 - 18:15	1449	540	89	1604	50	3732
09:45 - 10:45	999	466	66	858	50	2439	17:30 - 18:30	1430	572	89	1661	46	3798
10:00 - 11:00	1013	461	69	859	59	2461	17:45 - 18:45	1447	616	90	1722	47	3922
10:15 - 11:15	1053	456	66	897	61	2533	18:00 - 19:00	1439	666	88	1758	58	4009
10:30 - 11:30	1170	474	67	986	57	2754	18:15 - 19:15	1564	682	83	1761	61	4151
10:45 - 11:45	1264	492	71	1081	52	2960	18:30 - 19:30	1518	660	82	1699	47	4006
11:00 - 12:00	1369	467	74	1203	40	3153	18:45 - 19:45	1476	590	81	1607	43	3797
11:15 - 12:15	1574	475	78	1376	29	3532	19:00 - 20:00	1452	494	77	1464	33	3520
11:30 - 12:30	1794	467	83	1545	28	3917	19:15 - 20:15	1345	425	72	1328	24	3194
11:45 - 12:45	1945	480	84	1603	29	4141	19:30 - 20:30	1315	390	65	1204	29	3003
12:00 - 13:00	1947	504	81	1565	42	4139	19:45 - 20:45	1251	382	58	1068	26	2785
12:15 - 13:15	1790	487	83	1405	55	3820	20:00 - 21:00	1154	368	52	989	23	2586
12:30 - 13:30	1523	464	74	1213	56	3330	20:15 - 21:15	1029	363	48	915	18	2373
12:45 - 13:45	1364	439	65	1098	48	3014	20:30 - 21:30	898	358	47	861	15	2179
13:00 - 14:00	1323	399	61	1038	38	2859	20:45 - 21:45	811	350	47	828	13	2049
13:15 - 14:15	1287	399	56	1083	32	2857	21:00 - 22:00	735	352	49	795	9	1940
13:30 - 14:30	1250	399	59	1110	44	2862							

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

Con esta información de volúmenes vehiculares, se pudo proceder a determinar la hora de máxima demanda para realizar los aforos vehiculares correspondientes al proyecto, en ese mismo periodo del día. En las figuras 43 y 44, se pueden observar las variaciones del volumen vehicular a lo largo del día.

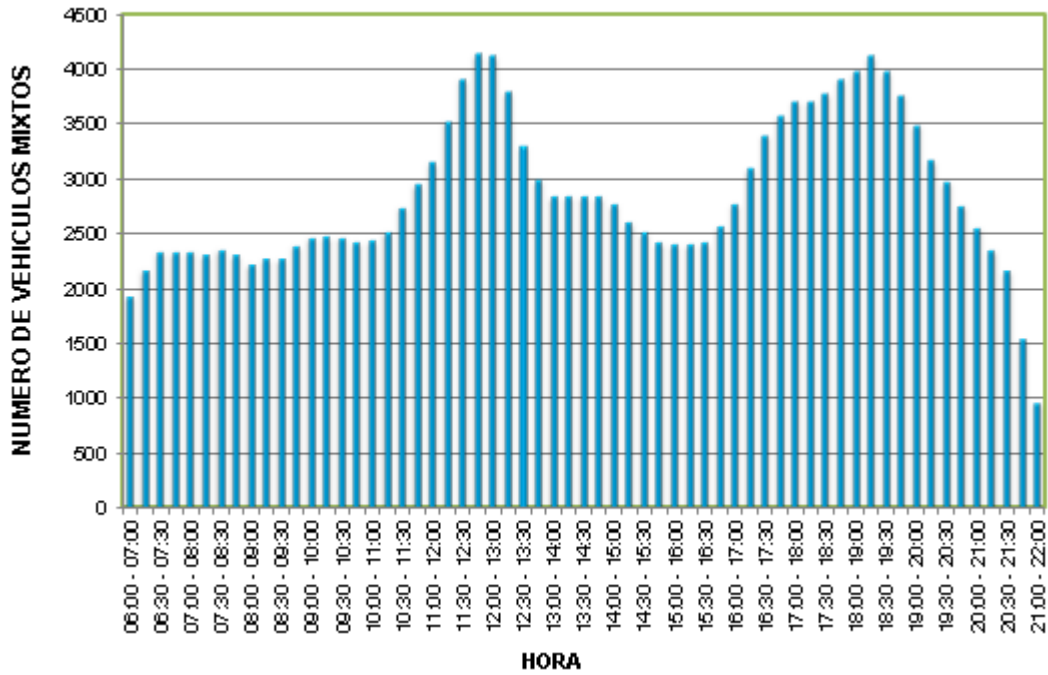
Figura 48: Hora de máxima demanda sur – norte



Fuente: Alcaldía de Bucaramanga

Figura 49: Hora de máxima demanda norte - sur

HORA DE MAXIMA DEMANDA N - S



Fuente: Alcaldía de Bucaramanga

7.3.1.3 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Después de recolectar la información en campo, ésta, fue procesada en una hoja de cálculo, amén de facilitar su manejo y operar los datos obtenidos para determinar los siguientes parámetros:

- ✓ Composición vehicular
- ✓ Volumen máximo horario

En la tabla 25, se presenta la información recolectada a través de los aforos vehiculares. El formato implementado para este fin, se encuentra en el ANEXO 1.

Tabla 26: Volúmenes vehiculares tomados en el corredor en la hora de máxima demanda

SN							NS						
ORIENTACIÓN	A	T	M	B	C	TOTAL	ORIENTACIÓN	A	T	M	B	C	TOTAL
SN AUTOPISTA	1389	674	1491	126	48	3728	NS AUTOPISTA	457	202	509	25	16	1209
SN AUTOPISTA - WE CRA 8	145	79	163	13	7	407	NS - CRA 27	389	191	423	67	13	1083
EW CRA 8 - SN AUTOPISTA	173	77	195	10	4	459	EW INTERC. PROVENZA - NS CRA 27	140	72	158	15	7	392
SN AUTOPISTA - WE CLL 35	43	11	38	0	1	93	NS CRA 27 - WE INTERC. PROVENZA	126	69	137	10	4	346
EW CLL 35 - SN AUTOPISTA	63	22	58	0	1	144	EW CLL 105 - NS CRA 27	95	42	106	4	3	250
EW CRA 3 - SN AUTOPISTA	32	16	30	0	0	78	EW CLL 106 - NS CRA 27	81	48	86	3	3	221
EW CRA12 A - SN AUTOPISTA	54	29	62	0	2	147	NS CRA 27 - WE CLL 140	12	4	9	0	0	25
EW CRA 12 - SN AUTOPISTA	59	26	51	0	1	137	EW CLL 140 - NS CRA 27	21	6	13	0	0	40
EW CLL 29 - SN AUTOPISTA	426	208	460	40	7	1141	NS CRA 27 - WE CLL 143	13	5	7	0	0	25
SN AUTOPISTA - WE CLL27	211	102	198	6	7	524	EW CLL143 - NS AUTOPISTA	25	7	16	0	0	48
EW CLL 27 - SN AUTOPISTA	187	98	203	5	5	498	NS CRA 27 - WECLL 143	128	72	145	7	5	357
SN AUTOPISTA (CRUZAN A CRA 27)	702	352	740	187	30	2011	NS CRA 27 - WE CLL 147	107	58	109	5	7	286
EW CLL 20 - SN CRA 27	231	115	257	3	8	614	EW CLL 147 - NS CRA 27	161	71	150	16	7	405
SN CRA 27 - WE CLL 117	95	57	103	2	2	259	NS CRA 27 - WE BOSQUE	96	47	108	3	5	259
EW CLL 117 - SN CRA 27	154	78	142	2	2	378	EW BOSQUE - NS CRA 27	169	95	183	11	9	467
SN CRA 27 - WE CLL 112	111	65	107	0	1	284	NS CRA 27 - WE CLL 23	48	24	55	1	1	129
EW CLL 112 - SN AUTOPISTA	120	59	138	1	3	321	NS CRA 27 (CRUZAN A AUTOPISTA)	377	169	388	83	8	1025
EW INTERC. PROVENZA - SN CRA 27	258	119	281	16	9	683	EW CLL 23 - NS AUTOPISTA	216	102	243	7	14	582
SN CRA 27 - WE INTERC. PROVENZA	221	98	247	18	6	590	EW CLL 27 - NS AUTOPISTA	144	76	134	0	5	359
NS							NS						
NS AUTOPISTA - WE CLL 30	258	107	245	48	9	667	EW CLL 33 - NS CRA 26 B	74	28	77	0	1	180
NS AUTOPISTA (CRUZAN A CRA 26 B)	176	85	198	39	7	505	NS CRA 26 B - WE CLL 34	59	21	53	0	0	133
EW CLL 30 - NS CRA 26 B	164	87	172	0	6	429	EW CLL 34 - NS CRA 26 B	70	28	66	0	2	166
NS CRA 26 B - WE CLL 31	59	23	65	0	1	148	NS CRA 26 B - WE CLL 35	61	14	25	0	0	100
EW CLL 31 - NS CRA 26 B	104	58	113	0	3	278	EW CLL 35 - NS CRA 26 B	67	20	52	0	4	143
NS CRA 26 B - WE CLL 31 A	57	23	62	0	2	144	NS CRA 26 B - WE CLL 41	71	25	64	0	3	163
EW CLL 31A - NS CRA 26 B	98	52	101	0	1	252	EW CLL 41 - NS CRA 26 B	58	19	46	0	0	123
NS CRA 26 B - WE CLL 32	67	29	64	0	1	161	NS CRA 26 B - WE CLL 42	59	16	63	0	2	140
EW CLL 32 - NS CRA 26 B	75	31	73	0	4	183	EW CLL 42 - NS CRA 26 B	64	31	57	0	5	157
NS CRA 26 B - WE CLL 33	62	33	58	0	0	153							

A = AUTOS - T = TAXIS - M = MOTOS - B = BUSES - C = CAMIONES

Fuente: Elaboración propia

7.3.2. VELOCIDAD A FLUJO LIBRE

La velocidad se constituye en uno de los indicadores más importantes para valorar la calidad operativa que una vía presta a los usuarios. Paralelamente, un conductor valora la calidad de su viaje, por su habilidad y libertad para conservar una velocidad deseada en forma uniforme. Asimismo, la determinación de la velocidad es un parámetro de gran utilidad para estimar las condiciones de funcionamiento, funcionalidad, eficiencia, seguridad, confort y conveniencia del sistema de transporte.

En el estudio de velocidades del proyecto se consideran dos tipos de velocidad promedio. El primer tipo de velocidad, es la velocidad promedio con base en el tiempo o velocidad media de punto, la cual se mide en un sector específico de la vía. El segundo parámetro de velocidad promedio, es la velocidad obtenida sobre la base de la distancia o velocidad de recorrido.

La velocidad a flujo libre, se utiliza básicamente para determinar las características de velocidad en un punto específico, bajo condiciones favorables de operación del sistema en términos de tránsito y clima, en el periodo en el cual es realizado el estudio. Así pues, el estudio de velocidad a flujo libre permite obtener los valores de velocidades de los diferentes tipos de vehículos cuando estos pueden circular libremente, sin fricciones laterales ni de vehículos en frente, ni afectaciones por parte de los peatones que usan la vía.

Esta distribución de velocidad, es de gran importancia en la ingeniería de tránsito para analizar las condiciones de seguridad en la circulación vehicular, pues aquí se refleja el “deseo” de los conductores, en el sentido que estos imprimen las velocidades que consideran adecuadas para las condiciones geométricas, ambientales y de tráfico existentes en el sitio.

Para efectos de la planeación del estudio, es importante tener en cuenta algunas medidas para lograr los resultados deseados:

- ✓ El observador, debe localizarse preferentemente en una sección recta y uniforme de la vía, con condiciones aceptables del pavimento.
- ✓ La sección seleccionada, por sus características, debe permitir sobrepasar el límite de velocidad.
- ✓ Sección con pendiente baja y alejada de intersecciones.

7.3.2.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA VELOCIDAD PUNTUAL

Diversos son los factores que intervienen en la velocidad puntual de los vehículos, destacando en esta oportunidad 5 de ellos:

- ✓ **CONDUCTOR:** Características de tipo personal (sexo, edad, coordinación, personalidad), condiciones generales de viaje (extensión, número de pasajeros que transporta, etc.)
- ✓ **VEHÍCULO:** Peso, potencia, edad, etc.
- ✓ **VIA:** Localización, sentidos de circulación, topografía, grado de curvatura, largo, distancia de visibilidad, etc.
- ✓ **TRÁFICO:** Volumen, densidad, existencia o ausencia de tráfico en dirección opuesta, entradas / salidas laterales, señalización (semáforos, reglamentación de velocidad máxima, etc.)

- ✓ **AMBIENTE:** Condiciones del tiempo, hora del día, día de la semana, etc.

7.3.2.2 VARIABLES A MEDIR

Las variables a medir en este ejercicio son:

- ✓ Tipo de vehículo - automóvil, moto , bus, camión, bus articulado de Metrolínea -
- ✓ Longitud del tramo
- ✓ Tiempo de recorrido

7.3.2.3 METODOLOGIA DE REALIZACIÓN

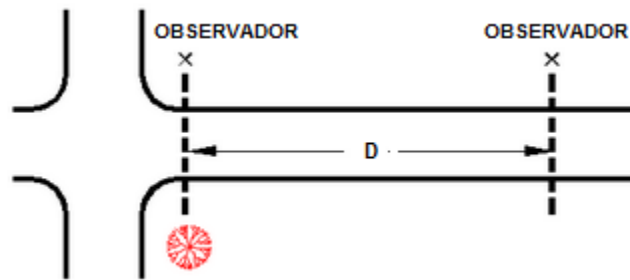
En primera instancia, se efectúa el cálculo de la muestra poblacional, de forma que esta sea lo suficientemente representativa y caracterice adecuadamente el comportamiento de los vehículos para que resultados arrojados por el estudio cuenten con un nivel alto de veracidad. Luego, en el curso de seleccionar el sector donde se desarrollará el estudio, es importante, evaluar con anterioridad la conveniencia del lugar tomando en cuenta las medidas atrás citadas.

Para efectos de recolección de información, el método empleado en el estudio de velocidad en campo es el de cronometrar el tiempo que se demora un vehículo en recorrer una distancia establecida sobre un tramo de vía previamente fijado, y realizar repeticiones para una cantidad de vehículos suficiente para determinar la velocidad representativa del grupo de vehículos.

El estudio, tuvo lugar en una sección recta, con pendiente baja, en la autopista Floridablanca - Bucaramanga a la altura del sector de la estación de Metrolínea de Lagos, en el sentido Sur – Norte. Este sitio, a consideración del realizador, cumplía con las características necesarias para desarrollar a buen modo el estudio. La hora seleccionada para el ejercicio fue desde las 19:30 horas hasta las 21:00 horas del día 07/05/12.

Al iniciar la actividad, lo que se hace es determinar y demarcar los puntos que servirán como referencia para tomar los tiempos. La distancia de separación entre los dos puntos de referencia fue de 30m.

Figura 50: Principio metodológico



Fuente: internet

Para tomar los tiempos, uno de los observadores hace una señal cuando la parte delantera de un vehículo pasa sobre la marca de referencia, en ese momento el otro observador activa su cronómetro hasta que la parte delantera del vehículo rebasa la otra señal de referencia demarcada.

En este ejercicio, se tuvo en consideración tiempos obtenidos para los diferentes tipos de vehículos que circulan por la red, como son los autos, taxis, motos, buses, camiones y el bus articulado de Metrolínea.

Los materiales empleados para realizar el estudio fueron:

- ✓ Cronómetro
- ✓ tizas (para demarcar la distancia)
- ✓ Formatos (para tomar nota de los datos)
- ✓ Dos observadores

Sobre la base del estudio de velocidad, se determina para el proyecto, la velocidad a flujo libre de los diferentes tipos de vehículos en mención.

7.3.2.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información obtenida del estudio en campo, se tabula y evalúa de modo que se puedan comprender las diferentes características del fenómeno analizado. El análisis de las velocidades de punto se realiza fundamentalmente a través de gráficos de frecuencia de las velocidades de los diferentes tipos de vehículos y de los parámetros estadísticos más representativos.

Entendiendo las velocidades puntuales como una representación del comportamiento “independiente” de los conductores, es de esperarse una variación importante en las

velocidades. Este tipo de variación, puede ser visualizada a través de dos formas graficas: por la frecuencia relativa y por la frecuencia acumulada de los datos.

7.3.3. ESTUDIO DE TIEMPO DE RECORIDO Y DEMORAS

Este estudio, permite conocer la operación del tráfico vehicular bajo las actuales condiciones que caracterizan el tramo, pudiendo determinar entre otros, la velocidad promedio, la velocidad de recorrido, el tiempo perdido en paradas, el tiempo de viaje para cada tramo de estudio en la vía recorrida. Asimismo, este parámetro, posibilita al investigador evaluar la calidad del desplazamiento a lo largo de una ruta y localizar las zonas, el tipo y alcance donde se presentan los mayores problemas de circulación vehicular

La velocidad promedio que se determine en este estudio, es uno de los parámetros más representativos en la evaluación del estado y comportamiento del flujo vehicular.

7.3.3.1 VARIABLES A MEDIR

Las variables a medir en estudio, son las siguientes:

- ✓ Longitud del tramo
- ✓ Tipos de vehículos
- ✓ Tiempo continuo de recorrido
- ✓ Tiempo de paradas
- ✓ Causa de las paradas

7.3.3.2 METODOLOGIA DE REALIZACIÓN

VEHICULO FLOTANTE

El método con el cual se desarrolló este estudio, consiste en insertar un observador en un vehículo flotante dentro del flujo vehicular, de forma que éste registre en un formato la información correspondiente de las variables mencionadas anteriormente. En otras palabras, los realizadores del estudio en campo, realizan la medición del parámetro a través de una persecución, realizando un seguimiento al vehículo que se está siendo objeto de muestra. En el caso de los tipos de vehículos de transporte público colectivo, el responsable del estudio se incorpora al vehículo de muestra como un usuario del servicio, cronometrando así, el tiempo de recorrido sin entrar a considerar los tiempos muertos por las demoras que se generan en las paradas continuas (ascenso y descenso de pasajeros).

Antes de iniciar el recorrido, la actividad se debe planificar realizando una descripción del trayecto que recorrerá el vehículo o los sitios más representativos donde sea de interés tomar nota de los tiempos de demora. Paralelamente se hizo uso de una cámara grabadora, de modo que sirviera como herramienta para complementar las observaciones realizadas a través del ejercicio.

La distancia recorrida por los vehículos se determinó con anterioridad, sobre la base de la longitud registrada en un plano a escala de la vía en estudio entre los puntos de referencia seleccionados previamente. Entre estos segmentos, se hace nota del tiempo de modo que se pueda calcular la velocidad en estos puntos a lo largo de la ruta.

En conformidad con las características y objetivos del proyecto, el estudio se realizó durante el periodo correspondiente a la hora de máxima demanda, durante el cual también fueron tomados los volúmenes vehiculares y la posterior simulación del sistema.

7.3.3.3 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento que sea realizado a los datos, permite realizar evaluaciones sobre cuáles son las condiciones en que la corriente vehicular circula a través de la ruta, cuales son los puntos donde se presenta mayor conflicto y que influencia tienen en el tramo seleccionado.

La información primaria resultado del estudio, permite registrar dos datos directos, el primero es el tiempo de viaje y, el segundo, el tiempo en el transcurre el vehículo parado (con el motivo específico de cada parada)

En el análisis de este estudio, la variable del tiempo registrado entre puntos de la ruta, se convierte en velocidades medias de viaje.

Las velocidades de viaje y de recorrido se calculan sobre la base de los tiempos totales de viaje y de recorrido, aplicando las siguientes ecuaciones:

La velocidad de viaje se determina a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Velocidad de recorrido

$$S = \frac{60D}{T}$$

Fuente: Ingeniería de Tránsito y Carreteras

Dónde:

- ✓ S = Velocidad de viaje (Km / h)
- ✓ D = Longitud del segmento (Km)
- ✓ T =Tiempo de viaje (min)

La velocidad media de recorrido se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Velocidad media de recorrido

$$S = \frac{60 ND}{\Sigma T}$$

Fuente: Ingeniería de Transito y Carreteras

Dónde:

- ✓ S = Velocidad de viaje
- ✓ D = Longitud del segmento
- ✓ T = Tiempo de recorrido
- ✓ N = Números de viajes de prueba

Los cuadros registran la información del estudio de campo realizado, asimismo, se presentan los valores promedio de la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha. En el sentido sur – norte

7.4. CAPACITACIÓN DEL SOFTWARE

En este periodo, se procedió a documentarse y familiarizarse con relación a la aplicación computarizada empleada para desarrollar el estudio.

En el laboratorio de computadores del edificio D – 403, que cuenta con el programa y el manual del usuario, se llevó a cabo el trabajo de instrucción, siempre bajo la dirección y orientación de la ingeniera directora de este proyecto. De igual forma, paralelamente a este proceso, se orientó el enfoque hacia la introducción a conceptos relacionados con la modelación del transporte, así como de los componentes de red particulares del software.

La capacitación se llevó a cabo, siguiendo las indicaciones del manual del usuario. Con estas pautas, se realizaron ejercicios cortos, a modo de ejemplo, en los que se iban añadiendo pasos entre un ejercicio y otro, con fines de ganar destreza por medio de la repetición. Por ejemplo, una de las primeras actividades que se realizó, fue conectar una

intercepción localizada entre la calle 45 con diagonal 15 en la ciudad de Bucaramanga, basándose en imágenes obtenidas del google earth y exportadas luego a VISSIM. De cualquier forma, se tenía la certeza de que el verdadero trabajo comenzaba cuando se tuvieran que procesar los datos y modelar la simulación.

Este proceso gozó de especial atención, dada la importancia que implica un óptimo manejo de esta herramienta y su directa relación con los resultados finales del estudio.

Realizar este proceso, le permitió al usuario disponer de una herramienta valiosa como es VISSIM, además de facilitar la profundización y ampliación de los conceptos y conocimientos básicos impartidos.

7.5. IMPLEMENTACIÓN DEL SOTWARE DE SIMULACIÓN DE TRÁNSITO

El continuo aumento en el rendimiento de los computadores, junto a la mejora en las estructuras de las herramientas de software, permite que el modelo desarrollado para afrontar situaciones en materia de tránsito, pueda ser aplicado en práctica para las complejas condiciones de tráfico urbano que se presentan en las ciudades.

Para el adecuado uso del software de simulación del tránsito que se empleó en este estudio, se requiere de forma ordenada, ejecutar un conjunto de etapas consecutivas en el desarrollo y estudio posterior del modelo, que comienzan como se ha mencionado anteriormente, con la reunión de información descriptiva en el área del estudio.

El modelo desarrollado – para efectos de obtener resultados satisfactorios – , debe representar de forma adecuada las características del sistema que son de interés para el estudio, así como la representación abstracta de la realidad reproducida, igualmente, debe ser lo suficientemente versátil de forma que facilite su observación, interpretación y análisis; el modelado tiene que tomar en cuenta estas expectativas.

El propósito de este ejercicio, no es otro que conocer las características operativas del tránsito vehicular en el corredor en estudio, para luego, valorar los beneficios que proporcionan los planteamientos propuestos para mejorar la condición de movilidad en la zona, con la virtualidad de tener a mano la respuesta a la pregunta “*qué pasaría si*”; considerando la enorme ventaja que esto representa, ya que posibilita cómodamente verificar, comparar y ajustar los patrones redesignados en las diversas situaciones de solución. En este ámbito, la técnica de la simulación ha concedido resultados satisfactorios, ya que a este nivel, las herramientas desarrolladas en forma enteramente analítica, por su carácter restrictivo, aun son algo exiguas.

Este capítulo del documento, presenta el proceso que se sigue para la construcción del modelo de simulación del corredor vial en estudio.

7.5.1. CONSTRUCCION DEL MODELO

El modelo desarrollado, se puede entender como una representación visual del evento que es de interés reproducir; por esto, es vital documentarse con antelación y conservar atención a todos los elementos que se involucran en el proceso y su interrelación en el ejercicio de construcción del modelo. Lo que se desea, es crear una copia de este fragmento de la ciudad a escala, de modo que se puedan analizar los diferentes actores que intervienen en ella.

Por las características que posee VISSIM, no hay un único procedimiento con el cual deba construirse el modelo, por el contrario, su excepcional flexibilidad le permite al usuario configurar el modelo de forma conveniente; si bien, es recomendable seguir una orientación acorde a lo razonable.

En este ítem, se transita el espacio recorrido en el proceso de materialización del modelo.

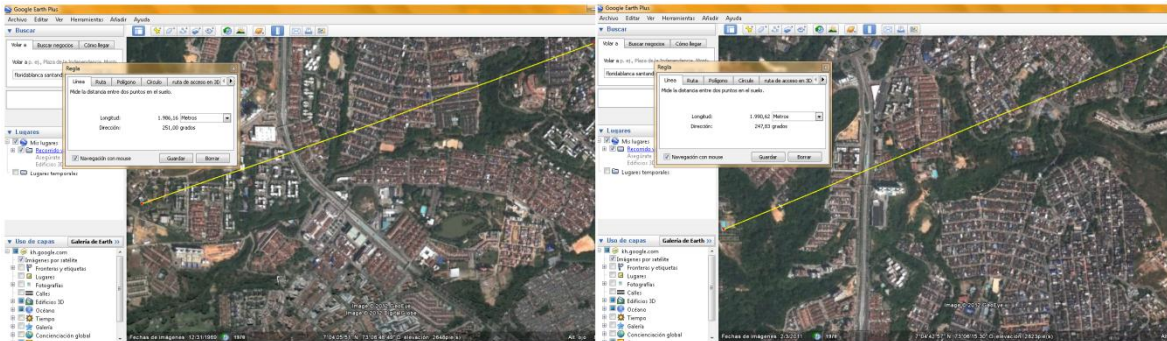
7.5.1.1 CONSTRUCCION DE LA RED DE INFRAESTRUCTURA VIAL

La construcción que se realiza de la red de infraestructura vial de modelación en el software, tiene por objeto representar el actual corredor vial existente. La geometría de entrada del modelo del corredor vial debe ser configurada cuidadosamente, conservando la veracidad de las características reales del sistema.

Para la construcción de la red vial del modelo, se deben llevar a cabo un conjunto de pasos, lo cuales son recapitulados a continuación:

Primeramente, con base planos de AutoCAD o una fotografía satelital del lugar donde se va a realizar la simulación – en este caso, el corredor vial – obtenida a través del programa google earth, se corresponde dibujar en el software el corredor vial objeto de simulación. En esta actividad, como medida fundamental, se requiere articular la escala de la foto de google earth en VISSIM, a efectos de trabajar con las proporciones reales. Esto, se realiza midiendo un tramo recto de cualquier sector de la zona de influencia de la vía en el programa google earth – para mayor precisión, se toman los dos puntos más lejanos – y luego, el valor obtenido de la distancia, se registra en el software efectuando el mismo procedimiento anterior. En este caso, dada la longitud del corredor vial, se consideró conveniente utilizar dos fotografías de resolución superior – 4800 x 2890 pixeles –, para trabajar sobre la base de imágenes más definidas y de esta manera, reproducir en forma adecuada las características geométricas de la vía. Por lo anterior, fue necesario realizar dos veces el proceso de escalar las fotografías e integrarlas en VISSIM.

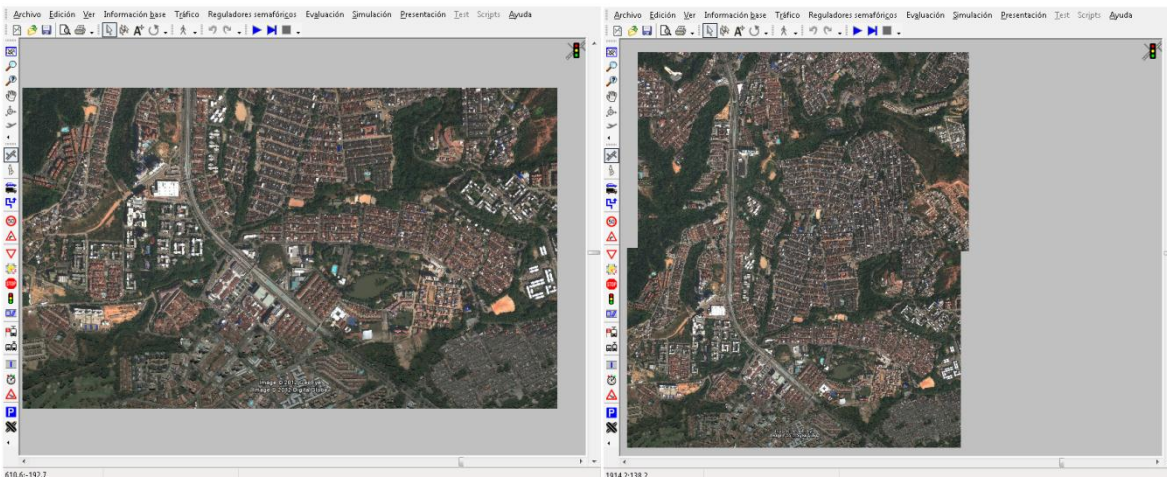
Figura 51: Escalación del fondo



Fuente: Elaboración propia

Lograr escalar adecuadamente las imágenes e incorporarlas de la misma manera a VISSIM, es muy importante, por lo que de esto depende mantener intacta la proporcionalidad entre las magnitudes reales y las que serán simuladas. Dado el carácter del estudio, se prestó especial atención en el proceso de escala, de forma que se obtuviera provecho al máximo del software, que entre otras cosas, permite modelar detalladamente cualquier tipo de elemento vial con una precisión de hasta un milímetro. Dicho de otra manera, el nivel de detalle para la réplica de la infraestructura vial, obedece a las características y los requerimientos del estudio

Figura 52: Fondo integrado al software



Fuente: Elaboración propia

En continuación con el proceso de construcción de la malla vial, el siguiente paso a realizar, es codificar el corredor vial en el software; esto, se realiza a través de las herramientas de tramos y conectores - links & connectors - que utiliza VISSIM como representación esquemática de la red y soporte físico para contener el flujo vehicular. Los arcos o tramos viales se dibujan siguiendo la geometría de la vía tal cual está en las fotografías empleadas como fondo. Para este fin, el software requiere la introducción de información de entrada correspondiente al número de carriles, ancho del carril, sentido de circulación, pendiente, tipo de comportamiento del conductor, etc. – para lo cual se debe contar con esa información previamente, a través de observaciones realizadas en campo y de la etapa de recolección de información –. Un tramo – link– puede tener múltiples secciones con diferentes números de carriles, por lo tanto es necesario, crear varios links para cada sección. El propósito es, que el tramo o arco creado, represente fácticamente la configuración geométrica real de la carretera.

En el mismo orden, los tramos deben ir conectados unos a otros; esto quiere decir que, no basta con situar un tramo en la parte superior del otro con el propósito de que los vehículos puedan continuar su recorrido en el nuevo enlace, en su lugar, debe ser creado un conector para unir estos arcos o enlaces, de lo contrario, los vehículos desaparecerán del sistema.

Durante el ejercicio del trazado de la vía en VISSIM, es importante señalar que, en la medida de lo posible, no debe hacerse uso excesivo de los conectores, si no, mejor, usarlos únicamente cuando la situación lo requiera, en vista de que traen inconvenientes, que quizás, no se perciben en el proceso de codificación de la red, sino más adelante, representados en problemas en la etapa de asignación de rutas de decisión o en la desaparición de los vehículos durante la simulación, cuando éstos son muy cortos. Para evitar esto, y seguir asimismo conservando el trayecto real de la vía, lo que se hace es prolongar los links, haciendo click derecho en la sección del arco que se desee editar, y, de esta forma, el link es modificable no solo en sus dos puntos, – inicio y fin – si no a lo largo del mismo, posibilitando esto, modelarlo según la geometría de la vía; esto, permite respetar el trazado de la vía, excluyendo convenientemente el uso de los conectores.

Después de configurar la vía, si se desea, a interés de aumentar el detalle del entorno, se pueden editar otros elementos complementarios correspondientes al escenario en cual se realizará el estudio, entre los que se encuentran: incorporar pixeles al eje de la vía – línea de división de carriles – , marcas en el pavimento, modificar colores y texturas del cielo, terreno, pavimento, adicionar objetos en 3D, señales de control del tráfico, asimismo, se puede aumentar la resolución del fondo para 3D, todo esto, de acuerdo al grado de detalle de presentación que sea de interés para el usuario. Además de las posibilidades múltiples posibilidades de ambientación que VISSIM ofrece, se pueden agregar otros elementos de tipo natural o estructural, como: arboles, casas, edificios, bancas, etc. La aplicación ofrece la posibilidad de seleccionar el prototipo deseado o importarlo desde otra programa, por ejemplo, Google SketchUp.

7.5.1.2 ASIGNACION DE VOLUMENES Y COMPOSICIONES VEHICULARES

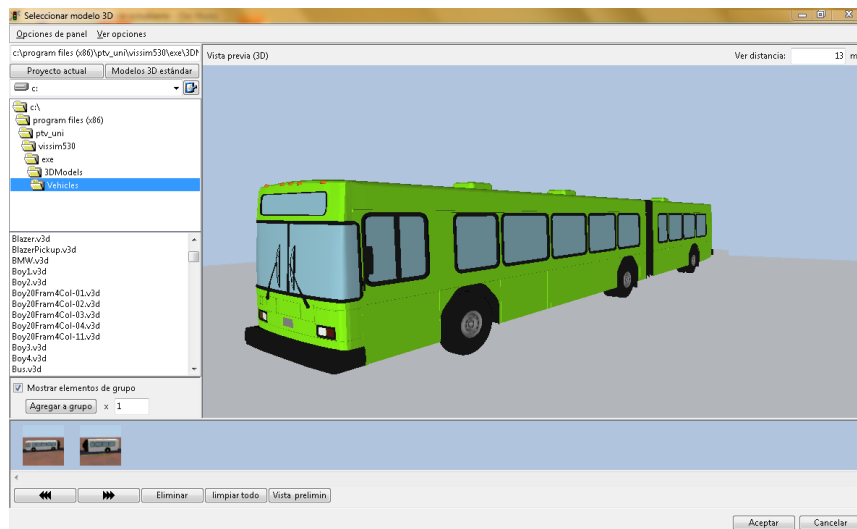
Ya realizado el trabajo de construcción la infraestructura vial en el software, se continua introduciendo información correspondiente al **tráfico vehicular**. Esta información, corresponde a los volúmenes vehiculares en las diferentes secciones viales, de acuerdo a los aforos vehiculares efectuados para este fin.

Los volúmenes de tráfico deben incluir los datos de entrada que VISSIM requiere, en este apartado, se encuentran las composiciones vehiculares para todos los tramos viales que entran a la red. Las composiciones vehiculares representan la forma en cómo se encuentran distribuidos en flujos relativos los diferentes tipos de vehículos y que deben estar definidos con anterioridad a la edición de los flujos de entrada. Estos volúmenes de tráfico, deben ser definidos para cada nodo donde exista una nueva entrada de vehículos, y para cada intervalo de tiempo en los vehículos por hora.

La composición vehicular en VISSIM, no es otra cosa que una lista con los diferentes tipos de vehículos que circulan a través de la red. A cada tipo de vehículo, le es asignado un flujo relativo y una distribución de velocidad deseada. Estas composiciones vehiculares, luego, son definidas para los volúmenes de tráfico correspondientes.

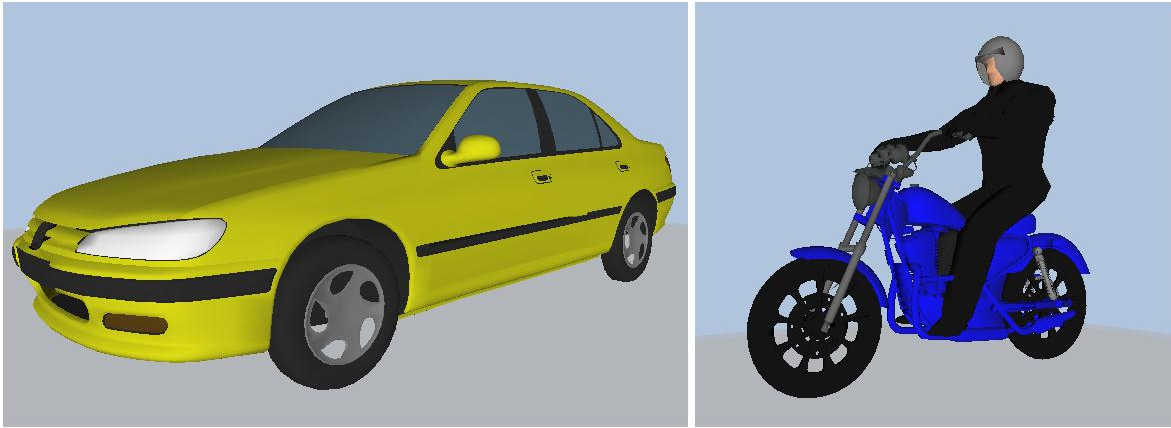
Como VISSIM solo considera por defecto 4 tipos diferentes de vehículos - autos, buses, camiones, bicicletas -, es necesario editar los restante tipos de vehículos que circulan a través de la red y que el software no los considera en principio, entre estos tipo se encuentran: los buses articulado de Metrolínea, taxis y motocicletas. Asimismo, las características de los diferentes tipos de vehículos que circulan por el trayecto vial, se pueden definir e integrar al sistema, modificando las configuraciones predeterminadas de los tipos de vehículos que tiene incorporado el programa o por medio de las propiedades que el usuario le asigne a los vehículos como dimensiones o colores, etc.

Figura 53: Bus articulado en VISSIM



Fuente: Elaboración propia

Figura 54: Taxis y motos en VISSIM



Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Vehículos livianos en VISSIM



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, las características y los parámetros del comportamiento de los conductores – como agresividad – y la saturación de flujos, se ajustan sobre la base de las observaciones realizadas en campo, para reproducir de la forma más conveniente.

7.5.1.3 RUTAS DE DECISION

En el contexto de los volúmenes vehiculares que VISSIM requiere como información de entrada, la asignación de las rutas de decisión para los diferentes tipos de vehículos es una actividad especialmente significativa para representar el comportamiento real del tráfico. En VISSIM, una ruta de decisión es una secuencia fija de enlaces – links – y conectores, que va desde un punto de decisión de enrutamiento hasta un punto de destino. En otras palabras, una ruta, consiste en las distribuciones porcentuales que son asignadas a las diferentes alternativas de continuidad que existen en un camino. Asimismo, un punto de ruta de decisión puede tener varios destinos, asemejándose a un árbol con ramas, además, no existe restricción en cuanto a la longitud, ni al número de rutas que salgan desde un punto.

Existen diversos tipos de rutas de decisión en VISSIM: ruta estática, ruta parcial, ruta de estacionamiento, ruta dinámica, ruta de restricción; para efectos del proyecto, todas las rutas de decisión asignadas son estáticas. Estas, “enrutan” a los vehículos desde un punto de partida a cualquiera de los definidos, con un porcentaje estático para cada destino. Asimismo, existen dos formas de crear las rutas estáticas: la primera, consiste en asignar los porcentajes estáticos a los destinos fijados para todos los tipos de vehículos. En este caso, no se discrimina porcentaje estático por tipo de vehículo, si no que todos los tipos de vehículos llegan a su destino con el porcentaje estático asignado para todos. La segunda, consiste en asignar los porcentajes estáticos a los destinos fijados para cada tipo de vehículo. En este caso, lo que se hace es crear una ruta de decisión para cada tipo de vehículo con su respectivo porcentaje estático.

En este caso, se empleó la segunda forma, siendo asignado un porcentaje estático para cada tipo de vehículo. Evidentemente, es un trabajo mucho más largo, pero necesario por las características del corredor. Por ejemplo, con el primer tipo de ruta, existe la posibilidad de que los buses de servicio público ingresen a zonas donde no tienen asignada la ruta. En cambio, con la segunda forma este problema no se presenta, visto que, en esa zona le es asignada a la ruta del bus un porcentaje estático igual a cero. Esta forma de ruta de decisión es importante, ya que permite conservar en el software el equilibrio vehicular por tipo de vehículo en cualquier sector del corredor vial, exactamente igual al equilibrio obtenido con los datos de los aforos vehiculares en los diferentes puntos.

Otra forma de designar recorridos a los vehículos es empleando matrices de asignación dinámica. En este principio, la red modelada no se simula una única vez, si no, en varias oportunidades, y los conductores seleccionan la ruta que recorrerán a través de la red,

sobre la base de los costos de viaje que han desarrollado a través de las simulaciones realizadas anteriormente.

7.5.1.4 MECANISMOS DE CONTROL DEL TRÁFICO

Es importante constatar que en VISSIM, no todos los parámetros de entrada asignados por defecto representan las condiciones existentes en la zona de estudio y estos necesitan ser ajustados para representar la realidad. Las distribuciones de los volúmenes vehiculares por tipo de vehículo también fueron calibradas ajustándose a las condiciones de la zona con los respectivos porcentajes de automóviles, camiones pesados, autobuses, motocicletas correspondientes a los conteos de tránsito. Los parámetros, relativos a los atributos físicos del modelo desarrollado en VISSIM, son asignados para cada tipo de vehículo. Una vez que el vehículo es asignado, se debe probar la simulación con el comportamiento asignado a los conductores. Esto, define el paso de calibración global en modelos de microsimulación. Esta primera calibración, se realiza para identificar los valores de ajuste de capacidad de los parámetros que hacen que el modelo reproduzca mejor el tráfico observado, sus capacidades y las condiciones del tráfico en el campo.

En el proceso de calibración del modelo de microsimulación, debieron ser integrados al sistema datos e informaciones que con anterioridad fueron compendiados y organizados de forma que se pudiera obtenerse su máximo provecho.

Para la construcción de la red vial de modelación, de forma que esta represente el corredor vial existente, debieron integrarse al sistema los siguientes datos:

- ✓ Características geométricas de los elementos que componen la red, como: longitud del tramo, longitud del ancho de las calzadas y de los carriles, carriles exclusivos de autobuses, pendientes, y demás elementos se incorporan al sistema.
- ✓ Características propias de la circulación en el tramo: sentidos de circulación, señalización, reducción de carriles, movimientos permitidos y demás componentes, parada de autobuses, etc.
- ✓ Volúmenes de tránsito: flujos vehiculares, composición de la corriente vehicular, etc.

En VISSIM, no existe una única forma de lograr los propósitos, por consiguiente, se puede lograr el mismo objetivo por diferentes medios, lo cual expone la flexibilidad de la aplicación.

En este proceso, se realizó la comparación de los valores arrojados por el modelo en el tramo vial, con los volúmenes que se habían obtenido en los conteos. En este caso, se escogieron los valores de los parámetros del modelo que representaban de forma más adecuada las condiciones operativas del corredor vial.

Como resultado del ejercicio, por medio de la representación abstracta, se había reproducido una primera aproximación a la realidad.

Fundamentalmente, el objetivo del ejercicio de calibración del modelo, es lograr una conveniente articulación entre los dos elementos que se desean relacionar, que en este caso son: la estimación de rendimiento del modelo y las mediciones realizadas en campo. Vale la pena señalar que, no existen métodos o procedimientos universalmente acreditados para realizar la calibración y validación de redes viales complejas. En este contexto, la responsabilidad recae sobre el modelador, de realizar las actividades convenientes que proporcionen y permitan obtener un nivel de confianza aceptable en los resultados arrojados por el modelo. Lo que se debe realizar en esta etapa, es durante la etapa de calibración comparar los del modelo con los datos de campo y los videos tomados, para valorar si la información de salida se encuentra dentro de niveles aceptables y la corrida de la simulación representa en forma admisible el funcionamiento real del sistema.

7.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN POR MODOS AL CORREDOR

7.6.1. TIPOLOGIA DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION PROPUESTAS

Con el propósito de buscar opciones que puedan aportar y contribuir hacia la mejora en las condiciones de movilidad en el tramo vial, se experimentó con dos alternativas distintas a fines de valorar su conveniencia y eficacia.

Asimismo, en analogía con los objetivos planteados, las opciones que se proponen se erigen sobre la base de la solución por modalidad de transporte. En este examen, lo que se hace es simular los dos modelos propuestos de solución y, a través del análisis de la información de salida que genera el software y la visualización de la realidad abstracta que se está reproduciendo con la simulación, se considera cual alternativa es más beneficiosa o si en su defecto, ninguna de las dos contribuye en forma suficiente al problema como para ser consideradas. El ejercicio anterior, da la oportunidad para realizar observaciones, conclusiones y recomendaciones a cerca características de los eventos que se reprodujeron.

8. RESULTADOS Y ANALISIS

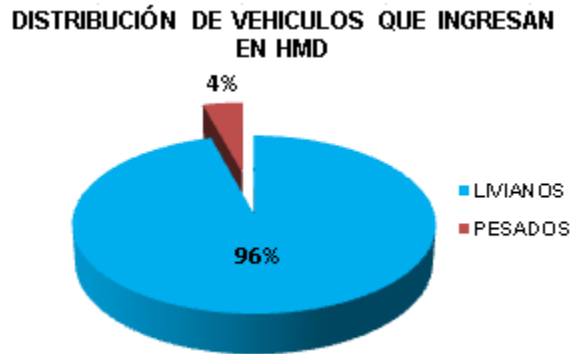
8.1. VOLUMENES VEHICULARES

8.1.1. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos con a través de los aforos vehiculares permiten proceder con las siguientes observaciones:

- ✓ En la hora de máxima demanda del corredor, se pueden observar dos situaciones muy distintas en los dos sentidos de circulación : el volumen vehicular en el sentido norte – sur es bajo, con menos de 2300 promedio v/h a lo largo del corredor, en tanto, en el sentido sur – norte la situación es bien diferente, con altísimos volúmenes vehiculares a lo largo de todo el corredor, iniciando con 3700 v/h en la estación de Metrolínea Los Lagos y terminando con 6400 v/h en las dos calzadas a la altura del puente de Provenza. Lo anterior, tiene su explicación en la distribución de viajes por municipios en el Área Metropolitana de Bucaramanga, en la que los viajes de Floridablanca a Bucaramanga – sur – norte – representan un 60,72% del total de los viajes en el municipio, entre tanto , únicamente el 9,73% de los viajes realizados en Bucaramanga van hacia Floridablanca. Además de esto, los viajes que se realizan de Piedecuesta con destino a Bucaramanga, que representan el 38,35% del total de viajes en ese municipio, también atraviesan el corredor vial, por lo tanto, es apenas normal que este alto volumen vehicular circule por la vía en el sentido sur – norte , en la hora de máxima demanda.
- ✓ El punto donde se genera el mayor volumen de entrada de vehículos al tramo, se encuentra en el acceso situado al lado del puente del éxito de Cañaveral, con un volumen de 1200 v/h. La razón, reside en que este acceso recoge los volúmenes vehiculares que vienen desde Cañaveral por la Cll 29 sentido occidente – oriente y, del mismo modo, los volúmenes vehiculares provenientes de Lagos por la Cll29 sentido oriente – occidente.
- ✓ En el gráfico de composición vehicular, se observa que los tipos vehículos que conservan más representación son los vehículos livianos (automóviles, taxis, motocicletas) con un 96 % del total de vehículos.

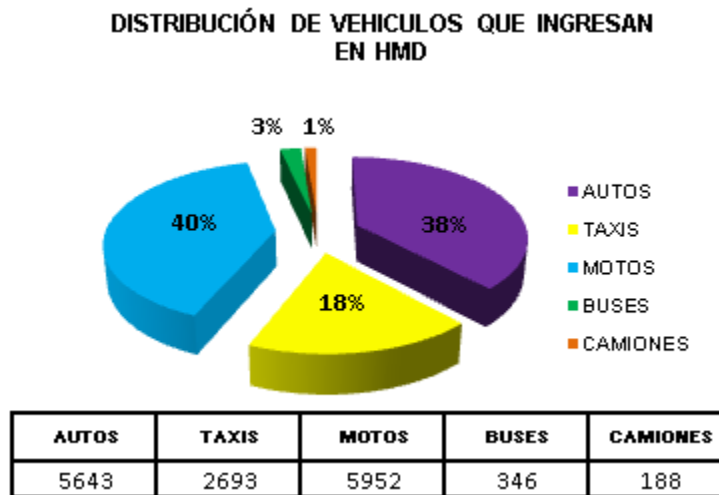
Figura 56: Distribución de vehículos liviano y pesados que ingresan al tramo



Fuente: Elaboración propia

- ✓ En cuanto a los diferentes tipos de vehículos, el vehículo con más predominio es la motocicleta con el 40%, luego, autos 38%, taxis 18% y, por último, buses y camiones con 4%.

Figura 57: Distribución de los tipos de vehículos que entran al tramo



AUTOS	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES
5643	2693	5952	346	188

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Los datos obtenidos por la dirección de tránsito de Bucaramanga, permiten observar que los volúmenes vehiculares en el sentido sur – norte a la altura de la estación de Provenza, no son inferiores a 4000 v/h durante gran parte del día, disminuyendo un poco entre las 12:00 am y las 2:00 pm, y, manteniéndose por

debajo después de las 6:00 pm. Esto, evidencia un dinamismo importante de la corriente vehicular a lo largo del día, sin sucesos de variaciones sobresalientes.

- ✓ En el contexto de la distribución vehicular por modalidad de transporte, se puede observar que el mayor porcentaje obedece a las motocicletas, esto, obedece a la distribución de la motorización registrado en el Área Metropolitana, donde se estima a este medio de transporte como el de mayor unidades matriculadas en las diferentes jurisdicciones.

8.2. VELOCIDADES A FLUJO LIBRE

Considerando, que el valor de la velocidad determinada en el estudio es el mismo valor que se le asignara a los diferentes tipos de vehículos en VISSIM como **VELOCIDAD DESEADA**, se correspondió a calcular este parámetro.

Para efectos del estudio, se estimó el percentil 85 como el de la velocidad deseada, considerando que esta distribución de velocidad es la más representativa estadísticamente desde el punto de vista de la seguridad vial. La exactitud del resultado del estudio, depende del número de vehículos que se tomen como muestra. Entre mayor sea el tamaño seleccionado de la muestra, aumentan las probabilidades de que la media estimada en el estudio no difiera significativamente con la media verdadera. En virtud de lo anterior, se hace necesario seleccionar un tamaño de muestra que dé como resultado una media que se encuentre dentro de los límites tolerables de error.

8.2.1. CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

En el desarrollo del estudio de velocidades puntuales, no es de interés estadístico la velocidad de los vehículos observados como individuo, sino la distribución de velocidad representativa del total de vehículos que pasaron por el punto y lo seguirán haciendo mientras las condiciones en que se inició el ejercicio predominen. En este caso, se habla de la población de vehículos.

Este estudio requiere el cálculo de un tamaño de muestra mínimo, de modo que se disminuya al máximo el margen resultante de error.

El tamaño mínimo de la muestra para un valor determinado para el percentil 85 de las velocidades, se encuentra dado por la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\sigma^2 \times K^2 \times (2 + U^2)}{2 \times E^2}$$

Dónde:

- ✓ N = Tamaño mínimo de la muestra – número de vehículos –.
- ✓ σ = Desviación estándar estimada de la muestra.
- ✓ K = Constante correspondiente al nivel de seguridad deseado.
- ✓ E = Error permitido en la estimación de velocidad.
- ✓ U = Constante correspondiente a la velocidad estadística deseada – 1,04 para percentil 85 -.

La desviación estándar σ , está dada por la siguiente tabla:

Tabla 27: Desviaciones estándar de velocidades para determinar el tamaño de la muestra

Área de Tránsito	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Media (kph)
Rural	2 carriles	8,5
Rural	4 carriles	6,8
Intermedio	2 carriles	8,5
Intermedio	4 carriles	8,5
Urbana	2 carriles	7,7
Urbana	4 carriles	7,9
Valor Redondeado		8,0

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito

Como lo sugiere el manual de revisión de estudios de tránsito, en vista de que la variabilidad en las medidas de dispersión de la velocidad es limitada, el valor de desviación estándar media para los tipos de vehículos livianos en cualquier de carretera es de 8.0. En cuanto a los vehículos pesados como buses y camiones, se hizo una prueba previa para determinar la desviación estándar en estos tipos de vehículos, en vista de que éstos, por circular a velocidades más bajas, tienen menores desviaciones en sus distribuciones de velocidades.

Del estudio previo, se obtuvieron desviaciones estándar del 5,73% y 4,29 para los buses y camiones respectivamente.

Tabla 28: Constantes correspondientes al nivel de confianza

Constante, K	Nivel de Confianza (%)
1,00	68,3
1,50	86,6
1,64	90,0
1,96	95,0
2,00	95,5
2,50	98,8
2,58	99,0
3,00	99,7

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito

Entonces, se tiene para un nivel de confianza del 95% una constante k de 1,96.

El error permitido, depende de la precisión requerida en el estimado de la distribución de velocidad. Éste, es una medida de tolerancia absoluta, especificado como +/- un valor determinado. En este caso, el valor de E se asumirá como 2.

De lo anterior se tienen los siguientes valores para los vehículos livianos:

- ✓ $\sigma = 0,8$
- ✓ $K = 1,96$
- ✓ $E = 2$
- ✓ $U = 1,04$

Así bien, solo queda reemplazar los valores de las diferentes variables en la ecuación y de esta manera se obtiene el tamaño de la muestra:

$$N = \frac{8^2 \times 1,96^2 \times (2 + 1,04^2)}{2 \times 2^2} = 94,7 \approx 95$$

De igual modo se obtuvo la muestra para los buses:

$$N = \frac{5,73^2 \times 1,96^2 \times (2 + 1,04^2)}{2 \times 2^2} = 48,58 \approx 49$$

Por último, los camiones:

$$N = \frac{4,29^2 \times 1,96^2 \times (2 + 1,04^2)}{2 \times 2^2} = 27,23 \approx 28$$

El valor obtenido de la ecuación, representa el número mínimo de muestras que se necesitan para cada tipo de vehículo.

Enseguida, se presenta la información organizada correspondiente al estudio de velocidades de punto, realizado para los diferentes tipos de vehículo que circulan en el sector. Los datos correspondientes a los tiempos tomados en campo para cada tipo de vehículo se encuentran en el anexo.

8.2.2. VELOCIDAD PUNTO DE AUTOS

Con la información obtenida en campo, se procede a elaborar la siguiente tabla. En esta, se encuentran procesados los datos recolectados en el estudio. Considerando el número de total de vehículos que conforman la muestra, se estima la cantidad de intervalos de clase en que se agruparán las velocidades. A fines de interpretar correctamente la tabla, se corresponde a describir cada columna:

- ✓ **INTERVALOS DE CLASE:** Señala los límites inferior y superior de cada intervalo, es decir, de cada grupo de velocidades.
- ✓ **X_i [km/h] PUNTO MEDIO DE CADA INTERVALO DE CLASE.** Se conoce como marca de clase. Se obtiene promediando los límites inferior y superior de cada intervalo de clase.
- ✓ **f_i FRECUENCIA OBSERVADA ABSOLUTA.** Es el número de vehículos cuya magnitud de velocidad al pasar por el punto, se encontraba dentro del intervalo de clase.
- ✓ **f_i (%): FRECUENCIA OBSERVADA RELATIVA.** Frecuencia observada absoluta de cada intervalo de clase, dividida en el tamaño total de la muestra, expresada en porcentaje.
- ✓ **F_i : FRECUENCIA ACUMULADA ABSOLUTA.** Representa la suma de todas las frecuencias correspondientes a una velocidad menor o igual límite superior del intervalo de clase, incluyendo el valor que se está evaluando. Se obtiene, sumando sucesivamente las frecuencias absolutas.
- ✓ **F_i (%): FRECUENCIA ACUMULADA RELATIVA.** Es el cociente de la frecuencia acumulada absoluta sobre la frecuencia acumulada total, expresada como porcentaje.

Tabla 29: Velocidad de punto autos - taxis

TABLA DE FRECUENCIAS					
TIPO DE VEHICULO		AUTO	DISTANCIA BASE (M)		30
			VELOCIDAD MÁXIMA KM / H		83,1
TAMAÑO DE LA MUESTRA		95	VELOCIDAD MÍNIMA KM / H		37,2
Intervalo de clase Grupo de velocidades	Punto medio del intervalo de clase	Frecuencia de clase absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia de clase relativa	Frecuencia acumulada relativa
Km / h	Xi	fi	Fi	hi	Hi
[36,2 - 42,19)	39,70	11	11	12%	12%
[42,2 - 48,19)	45,70	15	26	16%	27%
[48,2 - 54,19)	51,70	23	49	24%	52%
[54,2 - 60,19)	57,70	19	68	20%	72%
[60,2 - 66,19)	63,70	11	79	12%	83%
[66,2 - 72,19)	69,70	13	92	14%	97%
[72,2 - 78,19)	75,70	2	94	2%	99%
[78,2 - 84,19)	81,70	1	95	1%	100%
	Σ	95			

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 15

$$P15 = \frac{n \times r}{100}$$

Donde

- ✓ n = Tamaño de la muestra seleccionada
- ✓ r = Percentil (15)

$$P_{15} = \frac{95 \times 15}{100} = 14,25 \quad P_{15} = 44,1 + 6 \times \frac{14,25 - 11}{15} = 45,2 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 50

$$P_{50} = \frac{95 \times 50}{100} = 47,5 \quad P_{50} = 48,2 + 6 \times \frac{47,5 - 26}{23} = 50,66 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 85

$$P_{85} = \frac{95 \times 85}{100} = 80,75 \quad P_{85} = 66,2 + 6 \times \frac{80,75 - 92}{2} = 67 \text{ Km/h}$$

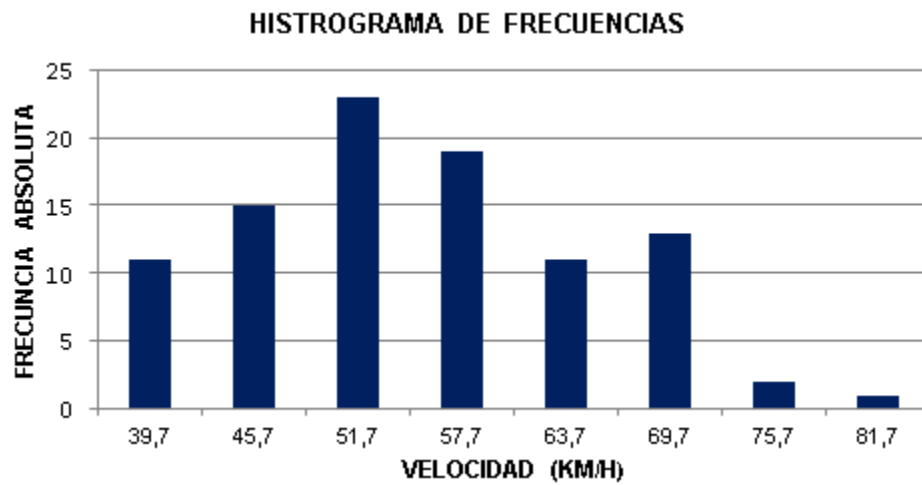
CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 98

$$P_{98} = \frac{95 \times 98}{100} = 93,1 \quad P_{98} = 72,2 + 6 \times \frac{93,1 - 79}{13} = 78,5 \text{ Km/h}$$

Los gráficos estadísticos que se observan a continuación, permiten una mejor representación de las características más importantes de la distribución de los datos. Los gráficos considerados en el estudio son: histograma de frecuencias, polígono de frecuencias y ojiva porcentual.

El histograma de frecuencias se obtiene graficando, velocidad Vs frecuencia absoluta. Esta gráfica, representa el número de vehículos que pasaron por el punto a una determinada velocidad.

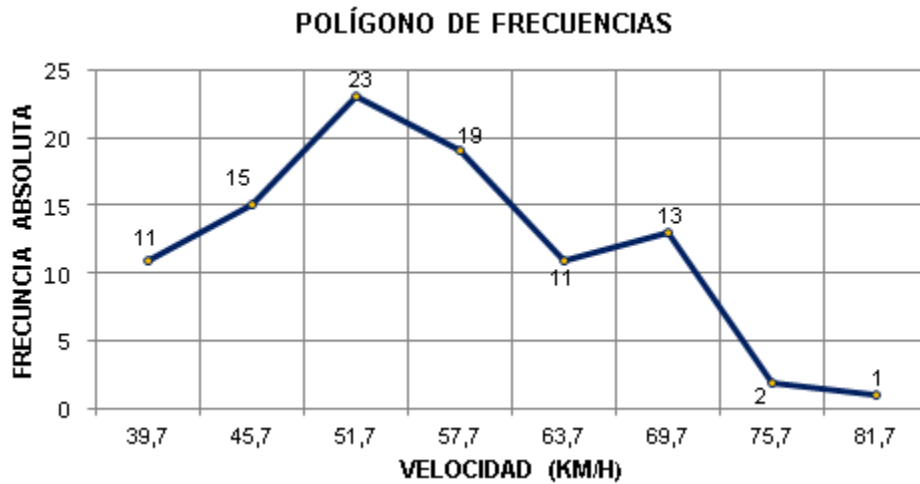
Figura 58: Histograma de frecuencias autos – taxis



Fuente: Elaboración propia

El polígono de frecuencias, se obtiene juntando los puntos medios de cada uno de los rectángulos del histograma de frecuencias. Este gráfico representa lo mismo que el anterior pero, de forma continua.

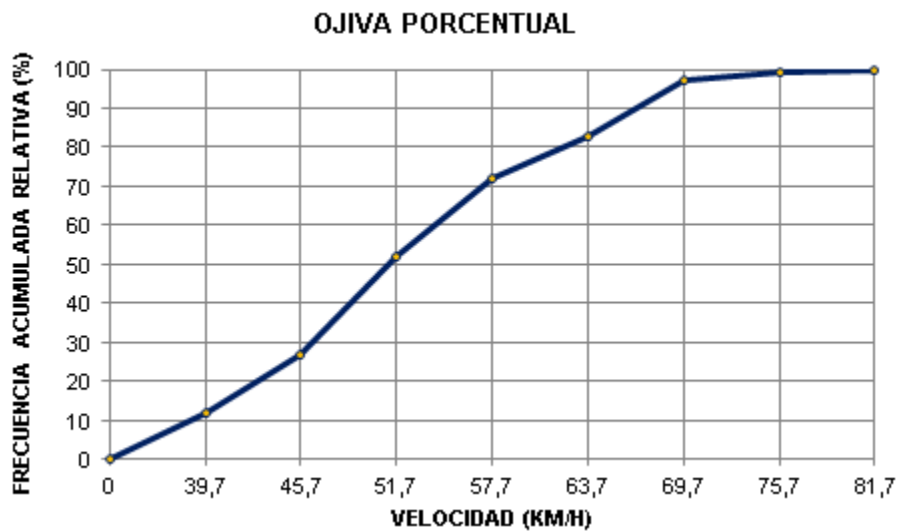
Figura 59: Polígono de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

La ojiva porcentual, se obtiene graficando la frecuencia relativa acumulada contra la velocidad. Este gráfico, indica el porcentaje de vehículos que viajan a una velocidad en específico o por debajo de ella.

Figura 60: Ojiva porcentual



Fuente: Elaboración propia

8.2.3. VELOCIDAD DE PUNTO MOTOS

Tabla 30: Velocidad de punto motos

TABLA DE FRECUENCIAS					
TIPO DE VEHICULO		MOTO	DISTANCIA BASE (M)		30
			VELOCIDAD MÁXIMA KM / H		90
TAMAÑO DE LA MUESTRA		95	VELOCIDAD MÍNIMA KM / H		43,2
Intervalo de clase Grupo de velocidades	Punto medio del intervalo de clase	Frecuencia de clase absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia de clase relativa	Frecuencia acumulada relativa
Km / h	X_i	f_i	F_i	h_i	H_i
[42,6 - 48,59)	45,60	12	12	13%	13%
[48,6 - 54,59)	51,60	16	28	17%	29%
[54,6 - 60,59)	57,60	18	46	19%	48%
[60,6 - 66,59)	63,60	11	57	12%	60%
[66,6 - 72,59)	69,60	20	77	21%	81%
[72,6 - 78,59)	75,60	13	90	14%	95%
[78,6 - 84,59)	81,60	3	93	3%	98%
[84,6 - 90,59)	87,60	2	95	2%	100%
	Σ	95			

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 15

$$P_{15} = \frac{95 \times 15}{100} = 14,25 \quad P_{15} = 44,1 + 6 \times \frac{14,25 - 12}{16} = 44,94 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 50

$$P_{50} = \frac{95 \times 50}{100} = 47,5 \quad P_{50} = 60,6 + 6 \times \frac{47,5 - 46}{11} = 61,41 \text{ Km/h}$$

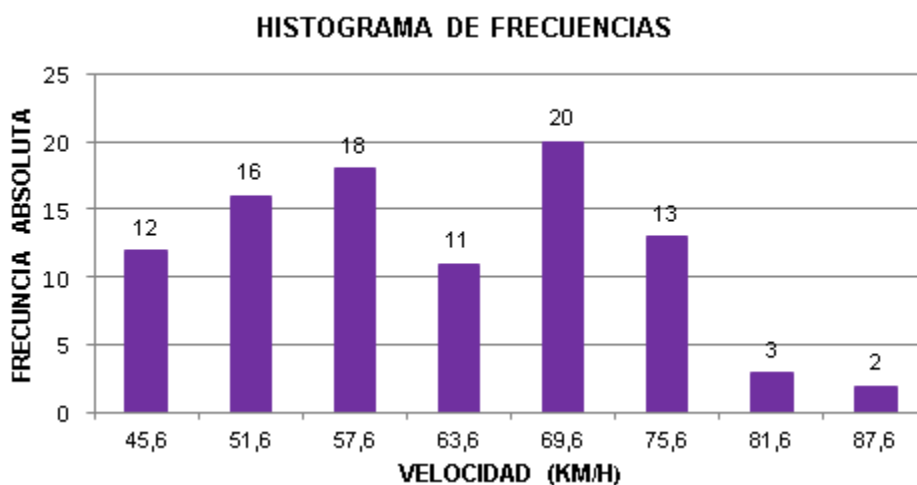
CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 85

$$P_{85} = \frac{95 \times 85}{100} = 80,75 \quad P_{85} = 72,6 + 6 \times \frac{80,75 - 77}{13} = 74,3 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 98

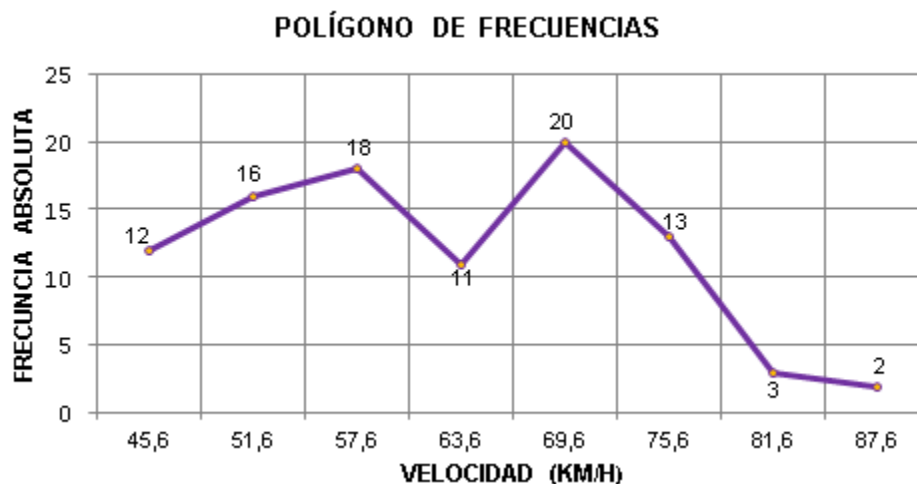
$$P_{98} = \frac{95 \times 98}{100} = 93,1 \quad P_{98} = 84,6 + 6 \times \frac{93,1 - 93}{2} = 84,9 \text{ Km/h}$$

Figura 61: Histograma de frecuencias – motocicletas –



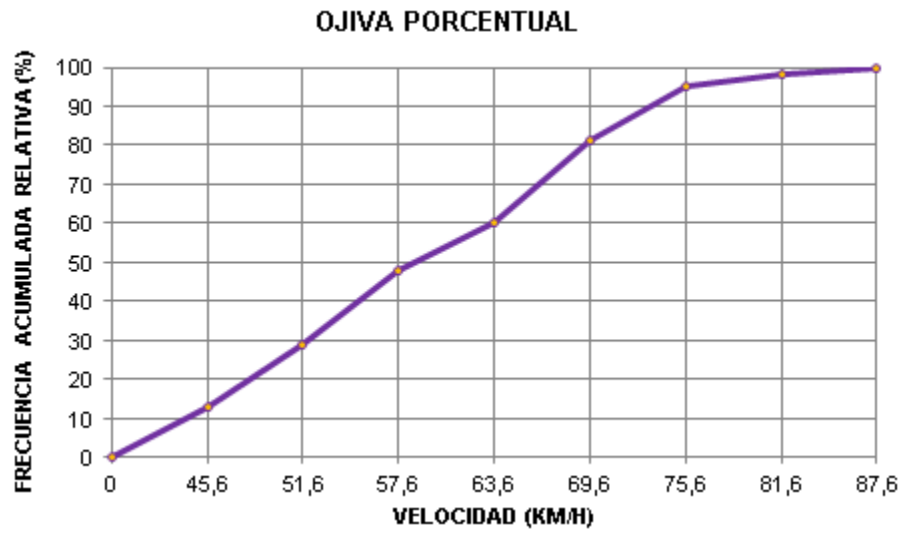
Fuente: Elaboración propia

Figura 62: Polígono de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Figura 63: Ojiva porcentual



Fuente: Elaboración propia

8.2.4. VELOCIDAD PUNTO BUSES

Tabla 31: Velocidad de punto buses

TABLA DE FRECUENCIAS					
TIPO DE VEHICULO		BUS	DISTANCIA BASE (M)		30
			VELOCIDAD MÁXIMA KM / H		60
TAMAÑO DE LA MUESTRA		49	VELOCIDAD MÍNIMA KM / H		36
Intervalo de clase Grupo de velocidades	Punto medio del intervalo de clase	Frecuencia de clase absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia de clase relativa	Frecuencia acumulada relativa
Km / h	X_i	f_i	F_i	h_i	H_i
[34 - 37,99)	36,85	6	6	12%	12%
[38 - 41,99)	42,85	12	18	24%	37%
[42 - 45,99)	48,85	17	35	35%	71%
[46 - 49,99)	54,85	9	44	18%	90%
[50 - 53,99)	60,85	2	46	4%	94%
[54 - 57,99)	66,85	2	48	4%	98%
[58 - 61,99)	72,85	1	49	2%	100%
	Σ	49			

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 15

$$P_{15} = \frac{49 \times 15}{100} = 7,35 \quad P_{15} = 44,1 + 4 \times \frac{7,35 - 6}{12} = 44,55 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 50

$$P_{50} = \frac{49 \times 50}{100} = 24,5 \quad P_{50} = 42 + 4 \times \frac{24,5 - 18}{17} = 43,53 \text{ Km/h}$$

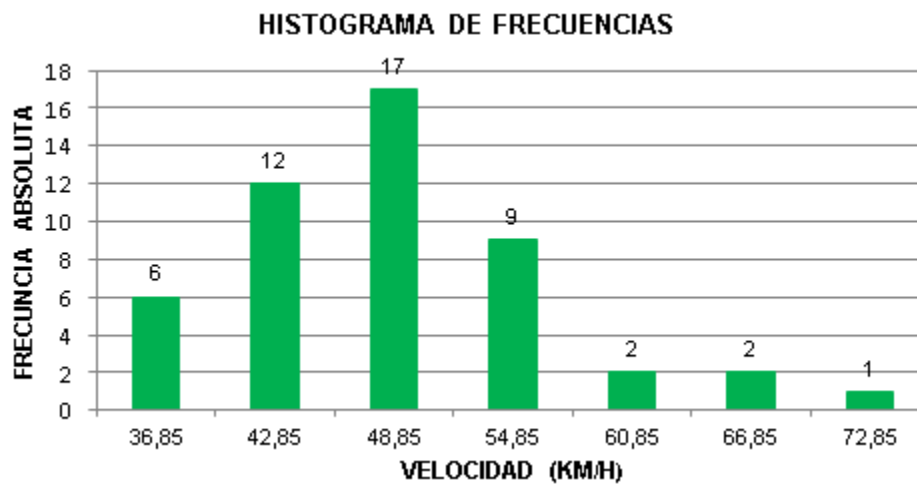
CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 85

$$P_{85} = \frac{49 \times 85}{100} = 41,65 \quad P_{85} = 46 + 4 \times \frac{41,65 - 35}{9} = 48,96 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 98

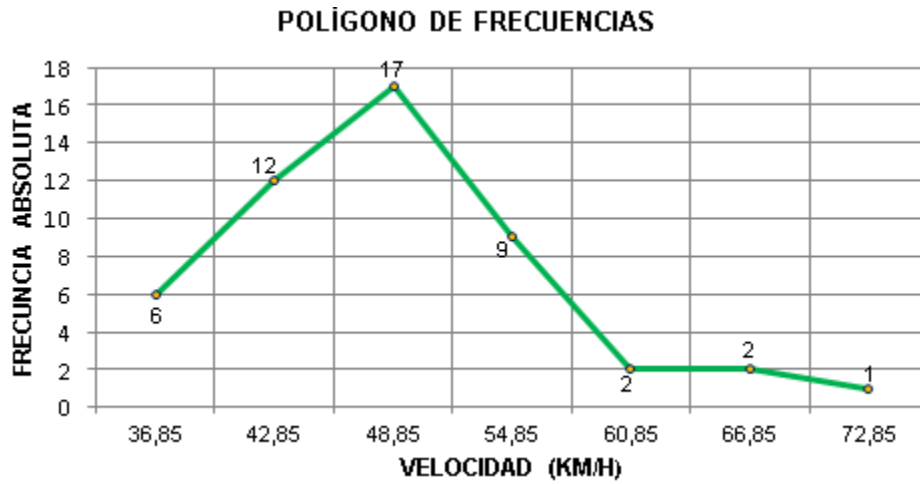
$$P_{98} = \frac{49 \times 98}{100} = 48,02 \quad P_{98} = 58 + 4 \times \frac{48,02 - 48}{1} = 58,08 \text{ Km/h}$$

Figura 64: Histograma de frecuencias



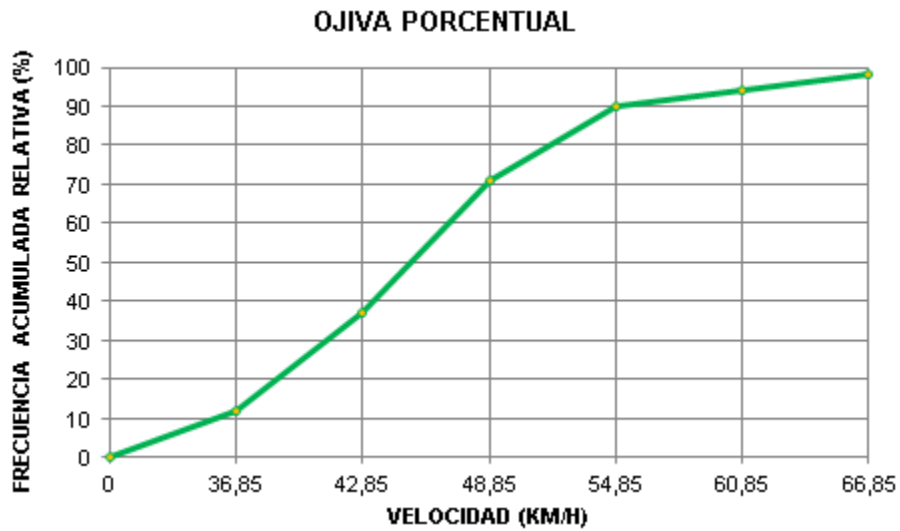
Fuente: Elaboración propia

Figura 65: Polígono de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Figura 66: Ojiva porcentual



Fuente: Elaboración propia

8.2.5. VELOCIDAD DE PUNTO CAMIONES

Tabla 32: Velocidad de punto camiones

TABLA DE FRECUENCIAS					
TIPO DE VEHICULO		C2P	DISTANCIA BASE (M)		30
			VELOCIDAD MÁXIMA KM / H		45
TAMAÑO DE LA MUESTRA		49	VELOCIDAD MÍNIMA KM / H		33,8
Intervalo de clase Grupo de velocidades	Punto medio del intervalo de clase	Frecuencia de clase absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia de clase relativa	Frecuencia acumulada relativa
Km / h	X_i	f_i	F_i	h_i	H_i
[33,4 - 35,39)	34,40	5	5	17%	17%
[35,4 - 37,39)	36,40	8	13	28%	45%
[37,4 - 39,39)	38,40	4	17	14%	59%
[39,4 - 41,39)	40,40	3	20	10%	69%
[41,4 - 43,39)	42,40	8	28	28%	97%
[43,4 - 45,39)	44,40	1	29	3%	100%
	Σ	29			

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 15

$$P_{15} = \frac{29 \times 15}{100} = 4,35 \quad P_{15} = 44,1 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 50

$$P_{50} = \frac{29 \times 50}{100} = 14,5 \quad P_{50} = 37,4 + 3 \times \frac{14,5 - 13}{4} = 38,52 \text{ Km/h}$$

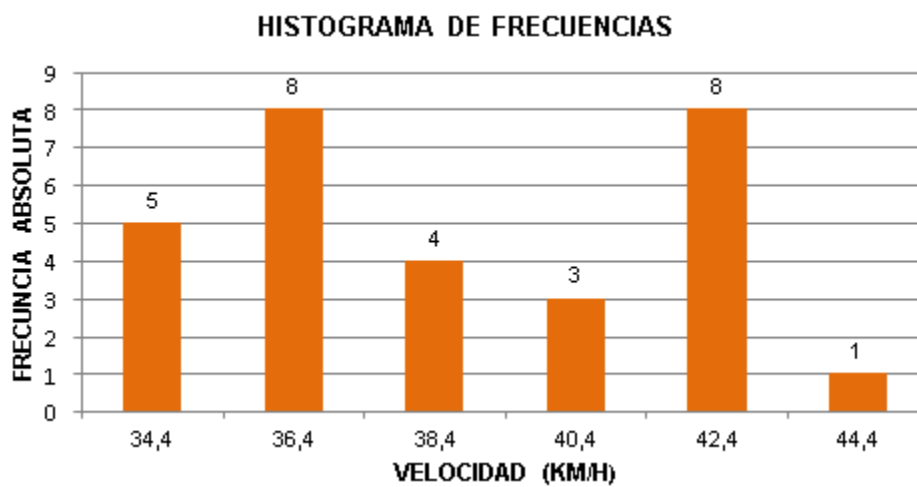
CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 85

$$P_{85} = \frac{29 \times 85}{100} = 24,65 \quad P_{85} = 41,4 + 3 \times \frac{24,65 - 20}{8} = 43,143 \text{ Km/h}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERCENTIL 98

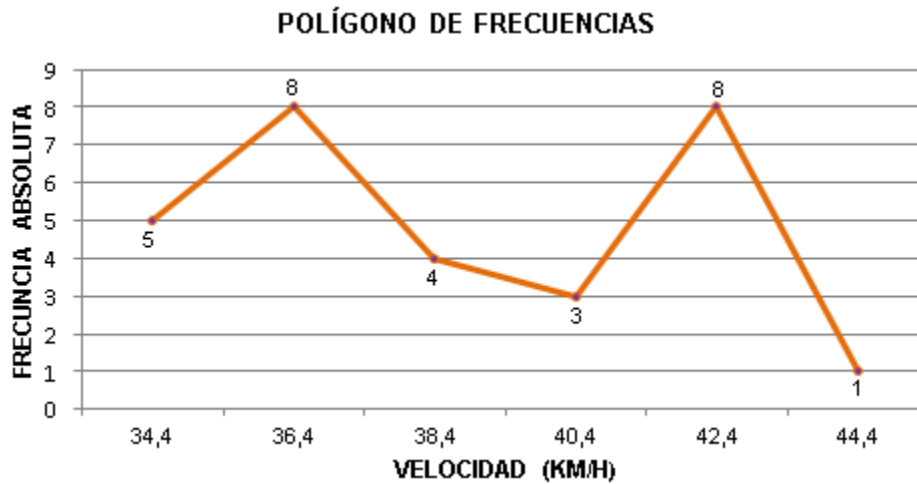
$$P_{98} = \frac{95 \times 98}{100} = 28,42 \quad P_{98} = 43,4 + 3 \times \frac{28,42 - 28}{1} = 44,66 \text{ Km/h}$$

Figura 67: Histograma de frecuencia – camiones –



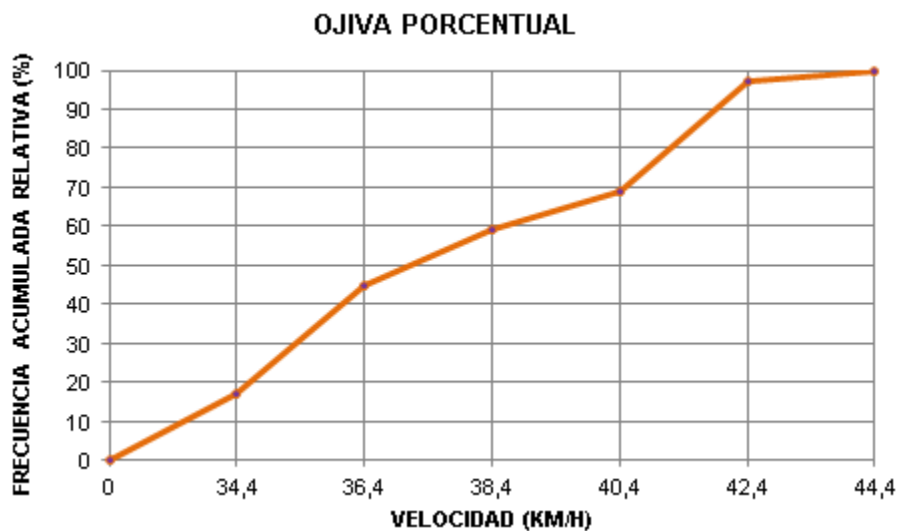
Fuente: Elaboración propia

Figura 68: Polígono de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Figura 69: Polígono de frecuencias

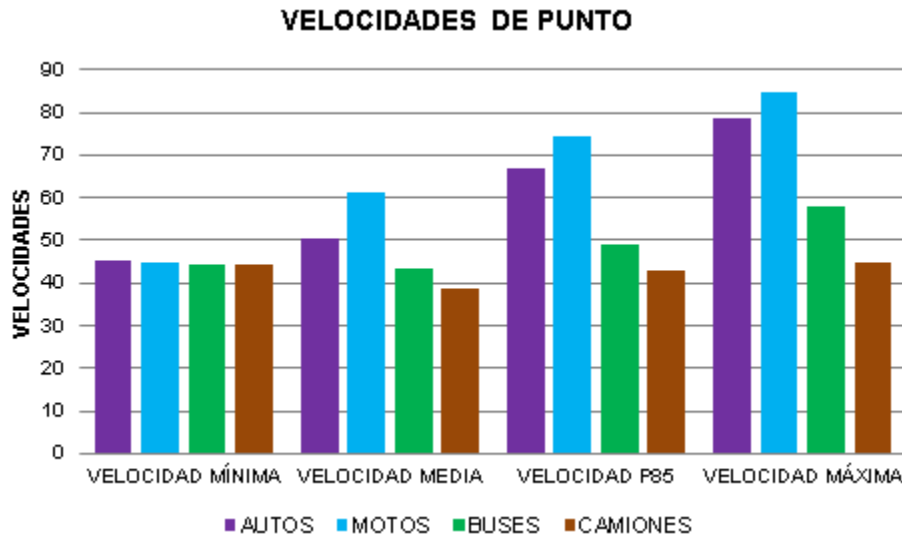


Fuente: Elaboración propia

8.2.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la siguiente gráfica, se pueden observar las velocidades mínima, media, percentil 85 y máxima de los cuatro tipos de vehículos diferentes considerados en el estudio:

Figura 70: Velocidades de punto



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Las motocicletas se desplazan a mayor velocidad en comparación con los diferentes tipos de vehículos, tanto en la velocidad media, percentil 85 y máxima, siendo solo un poco menor en su velocidad mínima respecto a los automóviles.
- ✓ La mayor diferencia de velocidad, se puede observar entre la velocidad máxima de las motos y la de los camiones, siendo un 57% mayor la velocidad máxima de las motos en relación con la de los camiones, con velocidades 78,5 km/h y 44,66 Km/h respectivamente.
- ✓ La diferencia entre el comportamiento de las velocidades de los automóviles y el de las motos, es similar a comportamiento de las velocidades de los buses y los camiones, guardando cierto nivel de semejanza en los cuatro tipos de velocidades.
- ✓ De los cuatro tipos de velocidad estudiados, la velocidad mínima es en la que se encuentra la menor diferencia de velocidad entre los cuatro grupos de velocidades. De hecho, las velocidades mínimas de los cuatro tipos de vehículos son muy similares, casi idénticas, lo que indica que en igualdad de condiciones de flujo vehicular, los conductores de los diferentes tipos de vehículos no requieren movilizarse a una velocidad más baja y optan por no disminuirla.
- ✓ La velocidad media de los camiones, 38,52 Km/h, resulta ser menor que la velocidad mínima, lo cual tiene su explicación en la alta frecuencia en los rangos de las velocidades más bajas, lo cual genera una baja velocidad que resulta siendo menor que la constante de 44,1. El mismo caso, ocurre entre la velocidad mínima y media de los buses, en las que al igual, el valor de la velocidad media es

menor que el de la velocidad mínima, con velocidades de 44,55 Km/h y 43,53 Km/h.

- ✓ La infraestructura vial en el sitio del estudio, presenta características que favorecen el desarrollo de altas velocidades, aún mayores que el límite de velocidad permitido, no en tanto, las velocidades registradas señalan que solo la velocidad máxima de las motocicletas sobrepasa los 80 Km/h, lo que significa que aunque las condiciones lo permitan, los conductores prefieren movilizarse a velocidades con márgenes de seguridad superiores.
- ✓ La velocidad percentil 85 que es la estadísticamente más representativa, arroja velocidades de 67 Km/h, 74,3 Km/h, 48,96 Km/h y 43,143 Km/h para los automóviles, motos, buses y camiones respectivamente. Estas velocidades, conservan márgenes convenientes en relación a la velocidad límite, con lo cual se entiende que los conductores en su comportamiento imponen la seguridad por sobre la velocidad.
- ✓ En los diferentes tipos de vehículos, la velocidad percentil 85 se encuentra alrededor de un 20% por encima de la velocidad media.

8.3. TIEMPOS DE VIAJE

En el resumen, se presentan los datos procesados del estudio realizado en campo para los dos sentidos de circulación. Los valores del cuadro, corresponden al promedio de las mediciones obtenidas de tiempos de recorrido y demoras totales.

Los tiempos de marcha y las velocidades, se calcularon sobre la base de los datos recogidos y la medición de la longitud de recorrido de la ruta seleccionada.

Tabla 33: Tiempos de viaje

RUTA	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	TIEMPO DE VIAJE (S)	TIEMPO DE MARCHA (S)	DEMORA TOTAL (S)	VELOCIDAD RECORRIDO (Km/h)	VELOCIDAD MARCHA (Km/h)
TRAMO COMPLETO LONGITUD (3,29 Km)	S - N	AUTO	967,44	424,44	543	12,243	27,905
		MOTO	879,73	398,73	481	13,463	29,704
		BUS	1097,5	473,5	624	10,792	25,014
		CAMIÓN	1059,26	463,26	596	11,181	25,567
	N - S	AUTO	498,64	401,67	96,97	23,753	29,487
		MOTO	449,53	367,7	81,83	26,348	32,211
		BUS	603,19	414,08	189,11	19,636	28,603
		CAMIÓN	576,73	452,17	124,56	20,536	26,194

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Se puede observar que la medida de velocidad en los dos sentidos de circulación examinados difieren considerablemente en cuanto su proporción, siendo las velocidades de los diferentes tipos de vehículos en el sentido norte – sur, cerca del doble de las medidas en el sentido sur – norte. Si bien, las características geométricas de la vía y la composición vehicular son muy similares en ambos sentidos, la demanda de volúmenes vehiculares es muy distinta en la hora en que se realizó el estudio, lo que explica la razón de la diferencia valorada.
- ✓ Entre los diferentes tipos de vehículos, las motos, presentan valores promedio de velocidad de marcha y recorrido más altos que el resto de los tipos de vehículos observados en los dos sentidos de circulación. Esto, en parte se debe a la mayor capacidad de maniobrabilidad que tienen los motociclistas cuando se presentan condiciones de congestión, lo que les permite transitar al costado de los vehículos en busca de mejores posibilidades de desplazamiento.
- ✓ Las causas básicas por las que se originan paradas y demoras a lo largo del recorrido, corresponden a la congestión vehicular presente en la vía, el ascenso y descenso de pasajeros en los buses y el estacionamiento de vehículos en lugares que no considerados para este fin.
- ✓ En los diferentes tipos de vehículos que circulan por la vía en el sentido sur – norte, se puede observar que el tiempo de demora supera en todos los casos al tiempo de marcha, lo cual indica que los vehículos al movilizarse a lo largo de la ruta permanecen más tiempo detenidos que avanzando.
- ✓ Los vehículos que circulan en el sentido sur – norte, se demoran aproximadamente el doble del tiempo de los que deberían demorarse si las condiciones del flujo vehicular fueran más estables.
- ✓ Las velocidades de marcha, no difieren significativamente en los dos sentidos de circulación, lo cual indica que cuando las condiciones del flujo es más estable, los conductores de los diferentes tipos de vehículos optan por velocidades semejantes en los dos sentidos de circulación.
- ✓ La demora promedio total del recorrido en el sentido sur – norte en los diferentes tipos de vehículos, representa un 56,05% del tiempo total de viaje. Asimismo, esta medida representa el 23,13% del total del tiempo de viaje en el sentido de circulación norte – sur.
- ✓ Al realizar las mediciones en el sentido sur – norte, se observó una alta concentración de demoras en múltiples puntos a lo largo de la ruta. Estas demoras

se están asociadas a la congestión existente en el tramo durante el periodo del estudio.

8.4. CALCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Como se había mencionado en el apartado de los estudios de tránsito, el cálculo de la capacidad del corredor vial, se realiza sobre la base de la información contenida en el manual de capacidad HCM 2000.

8.4.1. DESCRIPCION DEL TRAMO

El tramo seleccionado, está comprendido entre la estación de Metrolínea Los Lagos y el Puente del Bosque. Cuenta con una longitud de 160m y, características de carretera plana.

EN EL SENTIDO DE SUR A NORTE

- ✓ Número de carriles 3
- ✓ Ancho de carriles: 3,3m
- ✓ Hombros: 1,8 m
- ✓ Pendiente: -1,9%
- ✓ Sin presencia de accesos

8.4.2. CÁLCULO DE CAPACIDAD

El cálculo de la capacidad, se realizó en dos tramos diferentes del corredor vial en el que las pendientes son distintas. En el primer caso, se determinó la capacidad en un tramo con pendiente baja, en el sector donde se integra tráfico en las inmediaciones del puente del Éxito.

La capacidad, está dada por la siguiente ecuación:

SUR - NORTE

Ecuación 4: Ecuación de capacidad

$$C = n \times 2000 \times Ft + b \times Fa \times Fobs \times Facc$$

Fuente: Manual de capacidad HCM

Donde:

- ✓ C = Capacidad
- ✓ n = Número de carriles
- ✓ 2000 = Capacidad ideal, establecida en el manual HCM
- ✓ $Ft + b$ = Factor de ajuste para camiones y buses
- ✓ Fa = Factor de ajuste por ancho del carril = 0,94
- ✓ $Fobs$ = Factor de ajuste por obstáculos laterales = 1
- ✓ $Facc$ = Factor de ajuste por accesos laterales = 1

Ahora bien,

$Ft + b$, se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 5: Ajuste para camiones y buses

$$Ft + b = \frac{1}{1 + Pt + b (Et - 1)}$$

Fuente: Manual de capacidad HCM

$Et = 3$ - Factor de equivalencia para buses y camiones -

$$Ft + b = \frac{1}{1 + 0,09 (3 - 1)} = 0,8474$$

Reemplazando

$$C = 3 \times 2000 \times 0,84 \times 0,94 \times 1 \times 1 = 4738 \frac{veh}{h} /sentido$$

En el segundo caso, se determinó la capacidad en un tramo con pendiente alta, a la altura del inicio de la vía paralela.

$$C = 2 \times 2000 \times 0,84 \times 0,94 \times 1 \times 1 = 3158 \frac{veh}{h} /sentido$$

CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

Para el primer tramo

Ecuación 6: Factor de ajustes por vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PR(ER - 1)}$$

Fuente: Manual de capacidad HCM

Las variables *ET* y *ER*, están dados por la siguiente tabla:

Ecuación 7: Automóviles de pasajeros equivalentes para camiones. Buses y para vehículos de recreación

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

Fuente: Manual de capacidad HCM

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,04(1,5 - 1) + 0(1,2 - 1)} = 0,98$$

Ecuación 8: Tasa de flujo equivalente para 15 minutos

$$V_p = \frac{V}{PHF \times N \times f_{HV} \times f_P}$$

Fuente: Manual de capacidad HCM

Dónde:

- ✓ V = volumen horario
- ✓ PHF = factor hora pico
- ✓ N = número de carriles
- ✓ FHV = factor de ajuste para vehículos pesados
- ✓ fP = frecuencia de los conductores = 1

$$Vp = \frac{5529}{0,958 \times 3 \times 0,98 \times 1}$$

$$Vp = 1963 \text{ autos/h/carril}$$

El nivel de servicio está dado por la siguiente relación:

Ecuación 9: Relación volumen capacidad

$$V/C = \frac{Vd}{C}$$

Fuente: Manual de capacidad HCM

Dónde:

- ✓ V/C = Relación volumen – capacidad
- ✓ Vp = tasa de flujo máximo
- ✓ C = vehículos liviano hora

$$V/C = 1,01$$

Por lo tanto, el nivel de servicio es **F**.

Para el segundo tramo:

$$fHV = \frac{1}{1 + 0,04(4,5 - 1) + 0(4 - 1)} = 0,877$$

$$Vp = \frac{2734}{0,915 \times 2 \times 0,877 \times 1}$$

$$Vp = 1704 \text{ autos/h/carril}$$

$$V/C = \frac{Vd}{C}$$

$$V/C = 0,852$$

Por lo tanto, el nivel de servicio es E

8.5. CÁLCULO DE LA DENSIDAD

Para el primer tramo:

La densidad, se obtiene a través de la siguiente ecuación, según el manual HCM:

$$D = \frac{VP}{S}$$

Dónde:

D = Densidad

VP = Tasa de flujo máximo

S = Velocidad media de los automóviles (VELOCIDAD DE VIAJE EN HORA PICO)

$$D = \frac{2193,6}{11,602} = 189 \text{ Veh/Km}$$

Para el segundo tramo:

$$D = \frac{1704}{13,637} = 125 \text{ Veh/Km}$$

8.6. INFORMACION DE SALIDA DE VISSIM

Como resultado final de la ejecución de la simulación, el software generó un reporte para cada modelo, con la información que se presenta a continuación.

8.6.1. MODELO BASE

Este modelo representa la situación actual del corredor vial, sobre la base de la información obtenida a través de los estudios realizados en la hora de máxima demanda.

VELOCIDADES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHICULO EN EL TRAMO

Enseguida, se pueden observar las velocidades que generó el software como información de salida, en el caso del sector donde se presenta la situación más grave en términos de congestión vehicular. En el anexo 10, se observa en forma más detallada el reporte analizar. .

Tabla 34: Reporte de velocidades del modelo base

Clase de vehículo	Velocidad media (Km/h)
Correr 1 (1)	
Taxi (1)	9,01
Bus articulado Metrolínea (2)	38,31
Motos (3)	10,38
Auto (10)	9,8
Camión (20)	9,3
Bus (30)	7,38
Total	9,91

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL SECTOR

El software, analiza el nodo seleccionado y determina el nivel de servicio correspondiente

Tabla 35: Nivel de servicio - modelo base -

Intersección	NS
Autopista frente al Éxito S - N	F

Fuente: Elaboración propia

8.6.2. REPORTE SOLUCION POR MODOS

8.6.2.1 REPORTE SOLUCION MOTOS

VELOCIDADES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHICULO EN EL TRAMO

Tabla 36: Velocidades en la solución por motos

Clase de vehículo	Velocidad media (km/h)
Correr 1(1)	
Taxi (1)	11,32
Bus articulado Metrolinea (2)	33,64
Motos (3)	19,56
Auto (10)	12,1
Camión (20)	9,77
Bus (30)	9,05
Total	14,86

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO

Tabla 37: Nivel de servicio en la solución por motos

Intersección	NS
Autopista frente al Éxito S - N	D

Fuente: Elaboración propia

8.6.2.2 REPORTE SOLUCION TAXIS

Tabla 38: Velocidades en la solución por taxis

Clase de vehículo	Velocidad media (km/h)
Correr 1(1)	
Taxi (1)	17,73
Bus articulado Metrolinea (2)	31,59
Motos (3)	13,86
Auto (10)	10,47
Camión (20)	9,65
Bus (30)	8,18
Total	13,11

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO

Tabla 39: Nivel de servicio en la solución por taxis

Intersección	NS
Autopista frente al Éxito S - N	D

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran imágenes del software ejecutado:

Figura 71: Modelo base



Fuente: VISSIM

Figura 72: Modelo solución taxis



Fuente: VISSIM

Figura 73: Modelo solución motos



Fuente: VISSIM

8.6.3. ANALISIS DE LA INFORMACION DE SALIDA

Con base en los reportes analizer generados por el software se realizan los siguientes análisis:

- ✓ La velocidad de los diferentes tipos de vehículos en el modelo base es baja, todas, por debajo de los 10 Km/h, excepto el bus articulado de Metrolínea, que por su exclusividad de carril, circula por el sector a una velocidad de 38,31 Km/h. Estas velocidades, en total, promedian 9,91 Km/h.
- ✓ En el modelo base, el nivel de servicio en el tramo, corresponde a F, lo cual se ve reflejado en las bajas velocidades y las condiciones de congestionamiento que se presentan en el sector.
- ✓ En la solución modal de los taxis, se puede observar un aumento de velocidad en todos los tipos de vehículos, promediando en total, una velocidad de 12,57 Km/h. Lo anterior, refleja un aumento del 26,84% en el promedio total de las velocidades de los vehículos, con respecto a las velocidades de los vehículos en el modelo base.

- ✓ En la solución modal de las motos, también se puede advertir un aumento de velocidad en todos los tipos de vehículo, promediando en total 14,07 Km/h. Este aumento, es del 41,97% en el promedio total de las velocidades de los vehículos, en comparación con la situación base.
- ✓ En las situaciones propuestas, para ambos casos, el nivel de servicio es E, presentando una mejoría en este parámetro con respecto al nivel de servicio F que se presenta en el modelo base.
- ✓ La velocidad del bus articulado de Metrolinea, se ve disminuida en los dos modelos propuestos con respecto a la velocidad de este tipo de vehículo en el modelo base. Este parámetro, presenta mayor disminución en la solución modal por taxis siendo esta, un 31,68% menor que en el modelo base.
- ✓ En la solución modal de las motos, este tipo de vehículo, describe un aumento del 69% en el promedio total de las velocidades con respecto al modelo base.
- ✓ En la solución modal de los taxis, este tipo de vehículo, aumenta su velocidad en un 63,48% en el promedio total de velocidades en comparación con el modelo base

9. CONCLUSIONES

- ✓ Una de las disposiciones más importantes que se deben tener en cuenta para proceder en forma conveniente durante el ejercicio de afrontación de un problema de congestión vehicular, es buscar a través del estudio diferentes alternativas de solución, examinarlas a fondo y, posteriormente, seleccionar la mejor de ellas. Para lograrlo, no basta únicamente con hacer uso de las aptitudes intuitivas, prognósticas o guiarse por simples experiencias, sino que se debe tener un conocimiento amplio a cerca en la problemática que se está afrontando y, apoyarse sobre la base de una metodología apropiada.
- ✓ Es conveniente valorar las diferentes alternativas de solución al problema de congestionamiento del tráfico a través de la metodología adoptada por la ingeniería del tránsito antes de considerar alguna opción de solución en particular. Lo anterior, posibilita evitar en gran medida que con el evento de la progresión del tiempo, aparezcan huellas negativas, originadas por la toma de decisiones equivocadas y, que conlleven consigo grandes costos en términos económicos, sociales y ambientales.
- ✓ El modelo base construido en VISSIM está adaptado en forma adecuada para reproducir el comportamiento operativo del corredor vial. La comparación realizada entre los valores observados de velocidad y nivel de servicios, muestran que los parámetros obtenidos de los estudios de campo son simulados apropiadamente por la configuración del modelo producido.
- ✓ Los resultados obtenidos a través del estudio, señalan que los parámetros considerados en el proyecto para valorar la conveniencia de las alternativas: velocidad promedio de viaje y nivel de servicios, mejoran con la aplicación de las medidas en ambos casos, que fueron examinados a través del ejercicio de simulación microscópica, realizada en el corredor vial objeto de análisis.
- ✓ Efectuando una comparación entre las dos variantes de soluciones planteadas, la solución por modo de las motocicletas presenta resultados más positivos que la opción de los taxis, dado que aumenta en mayor medida la velocidad de los diferentes tipos de vehículos y afecta en menor orden la velocidad del bus articulado de Metrolínea.
- ✓ Los resultados del estudio de tiempo de viaje y demora para los diferentes tipos de vehículos a lo largo del tramo, no difieren en gran medida con la velocidades que reporta VISSIM en la zona de congestión analizada, con lo cual se puede deducir que la condición de congestionamiento se encuentra articulada y las velocidades se mantienen bajas durante todo el trayecto de recorrido.

- ✓ Ninguna de las dos situaciones de solución planteadas, contribuyen en forma importante a mejorar las características de la operación vehicular a lo largo del corredor vial. Si bien, se puede apreciar un aumento de la velocidad en ambas situaciones, el nivel de servicio no mejora en forma sustancial, visto que solo cambia de nivel F a nivel E en los dos escenarios.
- ✓ El análisis de las cifras de accidentalidad y, las repercusiones que ésta tiene en la movilidad del corredor vial, no se puede realizar apropiadamente en VISSIM, dado que el software no cuenta con las herramientas precisas para este fin.
- ✓ La situación que se presenta en los dos sentidos de circulación difiere en gran medida. Mientras que en el sentido sur – norte se presentan niveles de servicio que evidencian la mala calidad del servicio que la vía presta a los usuarios en la hora en que se realizó el estudio, en el sentido norte – sur pueden observar niveles de servicio que reflejan una buena calidad del servicio para la demanda vehicular en ese mismo periodo. De hecho, ninguna de las alternativas planteadas para el corredor en el sentido sur – norte, logra acercarse a las velocidades que se registran en el sentido - norte sur en la hora.
- ✓ La solución modal de taxis y motos compartiendo el carril de uso exclusivo del Metrolínea también se simuló, pero desestimó por considerarse insostenible, dado que los reportes generados por VISSIM registraban una disminución del 50% de la velocidad de este tipo de vehículo.
- ✓ La velocidad de marcha de los diferentes tipos de vehículos en el sentido sur – norte no representa siquiera el 40% de la velocidad a flujo libre para los mismos, lo que demuestra la gran restricción de movilidad que se presenta al circular por la vía en la hora de máxima demanda.
- ✓ En la autopista en el sentido sur – norte después de la Y que comunica hacia la vía paralela, no se reproduce en forma exacta el comportamiento operativo del flujo vehicular. Esto, se debe a que el fenómeno de congestiónamiento, se articula más adelante, cuando la vía paralela muda hacia la autopista a la altura del Diamante, tramo que sobrepasa los límites del estudio.
- ✓ En la situación de movilidad que se vive en el tramo, se pueden advertir que el problema no lo origina la capacidad de la vía para soportar la demanda vehicular, el inconveniente está en la capacidad de los vehículos para transportar usuarios, ya que el uso indiscriminado del vehículo particular y la baja ocupación de los mismos estimulan a generar una gran ineficiencia en términos de transporte.
- ✓ La magnitud del problema de movilidad que se vive en el corredor vial en el sentido de circulación sur – norte, requiere que este sea afrontado de forma

integral, actuando sobre los diferentes componentes que se encuentran interrelacionados en el tráfico urbano.

- ✓ La calibración del modelo en VISSIM, requiere de una apropiada recolección de información y de un óptimo uso de la herramienta. En el contexto de todas las actividades que se deben realizar para llevar a cabo el proyecto, el proceso de calibración es el más dispendioso y el que más tiempo demanda, por lo que un apropiado conocimiento de la herramienta estimula en gran medida a cumplir con las metas de tiempo y asimismo, contribuye a obtener resultados más cercanos a la realidad.
- ✓ Los datos obtenidos de los diferentes estudios en campo, difieren poco con los resultados obtenidos por el software, por lo cual, se puede reflexionar que el modelo base construido cumplió con las expectativas que se tenían en un principio reproduciendo en forma conveniente el comportamiento operativo del corredor vial en la hora de máxima demanda.
- ✓ La calibración del comportamiento del conductor en VISSIM, es un parámetro fundamental que se debe ajustar si se desean obtener resultados satisfactorios. Por su origen, VISSIM, asigna por defecto a los conductores el comportamiento que adoptan los Alemanes cuando conducen, el cual es muy conservador, y no refleja las características del comportamiento de conducción que se presentan en las ciudades de Colombia, por lo cual se debe tener especial cuidado con el ajuste de este parámetro.
- ✓ VISSIM es una excelente herramienta para perder el tiempo si no tiene el conocimiento necesario para desarrollar el ejercicio de simulación. Esto sucede cuando no se hace un buen uso de la herramienta. Por eso es necesario estudiar con anterioridad el programa informándose a través del manual del usuario o capacitándose previamente con usuario que tenga un conocimiento avanzado del software
- ✓ Las aplicaciones especializadas en la simulación de tránsito son herramientas muy productivas, ya que permiten observar en forma detallada los diferentes fenómenos que ocurren en los flujos vehiculares y además, generan suficiente cantidad de información con la cual se pueden realizar las observaciones que sean de interés.
- ✓ La principal ventaja que ofrece VISSIM, es la respuesta a la pregunta ¿qué pasaría si?, con lo cual se pueden examinar diferentes escenarios y seleccionar con un conveniente nivel de certeza la alternativa que ofrezca mayor beneficio.
- ✓ El beneficio más importante que proporcionaría un sistema de transporte urbano altamente satisfactorio y eficaz, es sin duda, la de descubrir un escenario cómodo,

que estimule el aumento de la productividad en los usuarios, que conserve una relación más respetuosa con el medio ambiente, en fin; diferente al existente que, en el actual estado de las cosas, tantas externalidades suscita sobre casi todos. De hecho, casi nadie se escapa de ella.

- ✓ Los resultados arrojados en el desarrollo del proyecto, son valores significativos y, acredita los escenarios donde se implementen aplicaciones para la simulación del tránsito urbano, esto, con el propósito de plantear alternativas o propuestas dirigidas a mejorar las condiciones de movilidad.

10. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- ✓ Prof. Martin Fellendorf, University of Graz, PTV AG, Peter Vortisch, PTV AG, Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations, Karlsruhe, Germany.
- ✓ Prof. Martin Fellendorf, PTV AG, Peter Vortisch, PTV AG, Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations, Karlsruhe, Germany.
- ✓ R. Wiedemann., U. Reiter., MICROSCOPIC TRAFFIC SIMULATION THE SIMULATION VISSION SYSTEM, background and actual state.
- ✓ J. Barceló, INTERNATIONAL SERIES IN OPERATIONS RESEARCH AND MANAGEMENT SCIENCE, fundamentals of traffic simulation, springer, Barcelona, 2010.
- ✓ J. Barceló, publicaciones de ingeniería de sistemas, simulación de sistemas discretos, Edison, Madrid, 1996.
- ✓ PTV vision, Traffic mobility logistics, VISSIM 5.30-05 User Manual, PTV Planung Transport Verkehr AG, Alemania 2011.
- ✓ PTV vision, Traffic mobility logistics, VISSIM - Estado-da-arte em micro - simulação de tráfego, [en línea], disponible en <<http://www.ptv-brasil.com.br/2010brochuras/2010-Brochura-VISSIM.pdf>> [citado el 29 de Noviembre de 2011].
- ✓ PTV vision, VISSIM Overview, Analyzing the Transportation System, [en línea], disponible en <<http://cgi.ptv.de/download/traffic/library/VISSIM%20Slideshow.pdf>>_, [citado el 13 de Marzo de 2012]
- ✓ Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas, Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones, Séptima edición, Alfaomega, 2000, p 597.
- ✓ Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, facultad de minas, escuela de ingeniería civil, ingeniería de tránsito, guía de clase, Medellín, 2007.
- ✓ Alonzo Salomón Lauro A., Rodríguez Rufino Gabriel J., Carreteras, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, 2005. p 60-63.
- ✓ Garber Nicholas J., Hoel Lester A., Ingeniería de Tránsito y Carreteras, Cengage Learning Editores, 2004, p 1150.

- ✓ Garber Nicholas J., Hoel Lester A., Ingeniería de Tránsito y Carreteras / Traffic and Highway Engineering (Spanish Edition), Thomson , 2005, p. 77-79.
- ✓ Washington State Transportation Center (TRAC), University of Washington, A GUIDE TO DOCUMENTING VISSIM-BASED MICROSCOPIC TRAFFIC SIMULATION MODELS, Seattle, Washington , 2007.
- ✓ LIGHTHILL, M.; WHITHAM, G. On kinematic waves. Proc. Roy. Soc. A, v. 229, p. 281– 345, 1955.
- ✓ VIII SEPROSUL – Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana, Revisão da Experiência de Calibração do Software Vissim Aplicado a um Estudo de Caso de Autoestrada Brasileira, Bento Gonçalves, 2008, Brasil.
- ✓ Departamento Nacional de Planeación, Consejo Nacional de Política Económica y Social, Documento CONPES 3260, POLÍTICA NACIONAL DE TRANSPORTE URBANO Y MASIVO, Bogotá, 2003.
- ✓ Departamento Nacional de Planeación, Consejo Nacional de Política Económica y Social, Documento CONPES 3167, POLÍTICA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE PASAJEROS , Bogotá, 2002.
- ✓ Alcaldía de Floridablanca, DECRETO 0242 DE 2008: POR EL CUAL SE REALIZAN UNOS AJUSTES AL PLAN DE DESARROLLO: “MODERNIDAD CON DESARROLLO SOCIAL 2008-2011”, Floridablanca, 2008.
- ✓ Dirección de Tránsito y Transporte de Floridablanca, Estudio de oportunidad y conveniencia, Noviembre de 2010.
- ✓ Banco de la república de Colombia – Banco Central, Centros de estudios económicos y regionales, Documentos de trabajo sobre economía regional, La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia, 2005, [en línea], <www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/pdf/DTSER-64.pdf> [citado el 1 de Diciembre de 2011].
- ✓ Dirección general del tráfico, TEMA 94 - Educación y Seguridad Vial, sistema de recogida de datos en tiempo presente. Variables de tráfico y meteorológicas y datos de localización. Captura de datos: detectores, descripción, tipos y tecnologías. otros elementos del sistema de captura en carretera, [en línea], <www.dgt.es/was6/porta1/contentidos/.../la_dgt/.../TEMA_094.doc> [citado el 10 de Noviembre de 2011].
- ✓ Universidad de Buenos Aires, Notas de clase, operación y control de sistemas de transporte, [en línea], disponible en web <

<http://materias.fi.uba.ar/6807/contenidos/Notas%20Operacion.pdf>> [citado el 15 de Noviembre de 2011].

- ✓ Hesham Rakha and Brent Crowther, A Comparison of the Greenshields, Pipes, and Van Aerde Car-Following and Traffic Stream Models, [en línea], disponible en web<<http://www.filebox.vt.edu/users/hrakha/Publications/Car%20Following%20Comparison%20-%20TRB%2002-2143.pdf>> [citado el 29 de Febrero de 2012].
- ✓ Secretaría de desarrollo urbano y ordenación del territorio, programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades mexicanas, manual normativo tomo xii, manual de estudios de ingeniería de tránsito, [en línea], disponible en web<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/tomo12norma.pdf>> [citado el 19 de Febrero de 2012].
- ✓ Ministerio dos transportes, departamento nacional de infra – estrutura de transportes, publicação IPR – 723, manual de estudios de tránsito, Brasil, [en línea], disponible en we <http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_estudos_trafego.pdf> [citado el 29 de Febrero de 2012].
- ✓ Universidad Federal do Paraná (UFPR), introdução Engenharia de Tráfego, apostila do curso de graduação em Engenharia Civil, [en línea], disponible en web <<http://www.dtt.ufpr.br/Planejamento%20de%20Transportes/ApostilaPlanejamentoTransportes/PlanejTranspCap03.pdf>> [citado el 29 de Febrero de 2012].

11. ANEXOS

ANEXO 1: Formato de estudio de volúmenes

FECHA _____	PUNTO DE AFORO _____				
HORA INICIO _____					
HORA FINAL _____					
AFORADOR _____					
PERIODO	TIPO DE VEHICULO				
	AUTO	TAXI	MOTO	BUS	CAMIÓN

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: Datos de estudios de velocidades de punto - autos - motos –

VELOCIDADES DE PUNTO										VELOCIDADES DE PUNTO									
AUTOS										MOTOS									
TIEMPO (SEGUNDOS)					VELOCIDAD (KM/H)					TIEMPO (SEGUNDOS)					VELOCIDAD (KM/H)				
2	1,8	2,1	1,6	1,7	54	60	51,4	67,5	63,5	1,8	2,4	1,7	1,4	1,5	60	45	63,5	77,1	72
2,5	2,7	1,7	2,8	1,9	43,2	40	63,5	38,6	56,8	2	1,6	1,8	2,2	1,9	54	67,5	60	49,1	56,8
2,2	2,4	2,2	1,9	2,6	49,1	45	49,1	56,8	41,5	1,5	1,8	2	1,6	1,4	72	60	54	67,5	77,1
1,8	1,5	1,8	2,9	2,1	60	72	60	37,2	51,4	2,2	1,5	1,4	1,9	1,7	49,1	72	77,1	56,8	63,5
2,1	1,3	1,7	1,5	2,4	51,4	83,1	63,5	72	45	1,7	1,6	1,8	1,2	1,4	63,5	67,5	60	90	77,1
1,6	1,7	2,4	1,8	1,8	67,5	63,5	45	60	60	1,2	1,9	2,1	1,7	2,3	90	56,8	51,4	63,5	47
2,3	2,8	2	2,3	1,6	47	38,6	54	47	67,5	1,7	2	1,5	2,5	1,6	63,5	54	72	43,2	67,5
1,7	1,4	1,9	2	1,7	63,5	77,1	56,8	54	63,5	1,4	1,8	1,6	2,1	1,8	77,1	60	67,5	51,4	60
1,8	2,9	2	2,2	1,9	60	37,2	54	49,1	56,8	1,9	2,3	1,4	1,8	1,5	56,8	47	77,1	60	72
2,4	1,9	1,9	1,7	2	45	56,8	56,8	63,5	54	1,6	2	1,7	2,2	1,9	67,5	54	63,5	49,1	56,8
2,1	1,8	2,6	1,7	1,6	51,4	60	41,5	63,5	67,5	1,5	1,4	2,5	1,6	1,4	72	77,1	43,2	67,5	77,1
1,9	2,4	2,5	1,7	1,9	56,8	45	43,2	63,5	56,8	2,4	1,7	1,6	1,3	2,4	45	63,5	67,5	83,1	45
2,5	2	1,8	2	2	43,2	54	60	54	54	1,6	2,2	1,5	2	1,8	67,5	49,1	72	54	60
1,5	1,5	1,9	2,4	1,5	72	72	56,8	45	72	1,3	1,8	2,3	1,7	1,4	83,1	60	47	63,5	77,1
1,6	2,2	1,7	2,3	2,9	67,5	49,1	63,5	47	37,2	2,3	1,9	2	1,4	1,8	47	56,8	54	77,1	60
2,6	2,2	1,5	1,9	2	41,5	49,1	72	56,8	54	1,6	2,1	1,4	2	1,9	67,5	51,4	77,1	54	56,8
1,6	2	2,2	2	1,7	67,5	54	49,1	54	63,5	1,9	1,5	1,5	1,7	2,2	56,8	72	72	63,5	49,1
2,9	1,6	2,8	1,4	1,9	37,2	67,5	38,6	77,1	56,8	2,4	1,4	1,9	2,1	1,5	45	77,1	56,8	51,4	72
2,5	2,2	2,5	2,1	2,3	43,2	49,1	43,2	51,4	47	1,7	2,3	1,7	2,5	1,4	63,5	47	63,5	43,2	77,1

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: Datos de estudios de velocidades de punto - Buses - Camiones -

VELOCIDADES DE PUNTO										VELOCIDADES DE PUNTO									
BUSES										C2P									
TIEMPO (SEGUNDOS)					VELOCIDAD (KM/H)					TIEMPO (SEGUNDOS)					VELOCIDAD (KM/H)				
2,3	2,6	2,4	2,5	2,4	47,0	41,5	45,0	43,2	45,0										
2,6	1,8	2,2	2,9	2,4	41,5	60,0	49,1	37,2	45,0										
2,4	2,3	2,4	2,3	1,8	45,0	47,0	45,0	47,0	60,0	2,6	2,8	3,1	2,5	2,7	41,5	38,6	34,8	43,2	40,0
2,3	3	2,5	2,1	2,3	47,0	36,0	43,2	51,4	47,0	2,8	2,6	2,5	3,2	3	38,6	41,5	43,2	33,8	36,0
2,8	2,1	2,6	2,1	2	38,6	51,4	41,5	51,4	54,0	2,5	3,1	2,9	2,9	2,6	43,2	34,8	37,2	37,2	41,5
2,7	2,1	2,4	2,4	2,7	40,0	51,4	45,0	45,0	40,0	3	2,5	3,2	2,8	2,9	36,0	43,2	33,8	38,6	37,2
2,9	2,4	1,9	2,1	2,2	37,2	45,0	56,8	51,4	49,1	2,7	2,9	2,9	2,5	2,8	40,0	37,2	37,2	43,2	38,6
2,3	2	2,8	2,7	2,4	47,0	54,0	38,6	40,0	45,0	3,1	3	2,7	2,4		34,8	36,0	40,0	45,0	
2,6	2,2	2,7	2,1	2,3	41,5	49,1	40,0	51,4	47,0										
1,9	2,5	3	2,4		56,8	43,2	36,0	45,0											

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: Desempeño de la red del modelo base

Desempeño de la red								
Clase de vehículo	Número de vehículos	Total			Velocidad media(km/h)	Por vehículo		
		Tiempo de viaje(h)	Distancia(km)	Demora(h)		Demora media (s)	Número de paradas medio	Demora en det. media (s)
Correr 1(1)								
Taxi (1)	2396	176,05	3337,08	34,92	18,955	52,47	5	35,12
Bus art. Metrolinea (2)	36	2,75	105,35	0,22	38,31	22,11	4	17,72
Motos (3)	5220	345,55	7280,8	70,04	21,07	48,30	4	29,24
Auto (10)	5190	372,23	7009,08	76,49	18,83	53,06	5	42,21
Camión (20)	222	19,66	302,13	4,09	15,37	66,39	6	53,16
Bus (30)	348	39,86	570,01	6,26	14,30	64,78	6	59,14
Tranvía (40)	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	13412	956,10	18604,44	192,03	19,602	51,544	5	36,45

Fuente: VISSIM

ANEXO 6: Demoras del modelo base

Demora									
Intersección	Acceso	Movimiento	Correr		NS	Promedio(s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
			1						
			Demora(s)	Volumen					
Inicio - Est - Los Lagos -	WB	Derecha 1	85,2	428		85,2	49,4	0,4	230,4
		Total	85,2	428		85,2	49,4	0,4	230,4
	SWB	Directo	109,4	3385		109,4	103	0	558,7
		Total	109,4	3385		109,4	103	0	558,7
	Total		106,68	3813	F	106,68	92,2	0	558,7
Autopista a la altura de la Cra 12	SWB	Directo	79	3799		79	60,7	0	528,1
		Total	79	3799	F	79	60,7	0	528,1
	Total		79	3799		79,00	60,7	0	528,1
CII 29 Puente del éxito	SWB	Derecha 1	86,8	1142		86,8	76,8	0	624,9
		Total	86,8	1142		86,8	76,8	0	624,9
	Total		86,8	1142	E	86,8	76,8	0	624,9
Autopista frente al éxito	SWB	Directo	100,4	5215		100,4	93,9	0	660,4
		Total	100,4	5215		100,4	93,9	0	660,4
	Total		100,4	5215	F	100,4	93,9	0	660,4
CII 20	SB	Derecha 1	30,7	1002		30,7	44,1	0,4	328,4
		Total	30,7	1002		30,7	44,1	0,4	328,4
	Total		30,7	1002	C	30,7	44,1	0,4	328,4
Cra 27 - A la altura de la CII 123	SWB	Directo	56,1	2595		56,1	50,6	0	214
		Total	56,1	2595		56,1	50,6	0	214
	Total		56,1	2595	E	56,1	50,6	0	214
Intercambiador de Provenza	SB	Directo	69,5	3226		69,5	46,5	0	463,5
		Total	69,5	3226		69,5	46,5	0	463,5
	SB	Derecha 2	54,3	632		54,3	47,9	0	413,7
		Total	54,3	632		54,3	47,9	0	413,7
	Total		67,01	3858	E	67,01	47,7	0	463,5
Provenza	NB	Directo	2,3	1029		2,5	4,7	0	31,1
		Total	2,3	1029		2,5	4,7	0	31,1
	Total		2,3	1029	A	2,3	4,7	0	31,1
Intercambiador Provenza	EB	Derecha 1	4,1	375		4,1	3,7	0,8	25,6
		Total	4,1	375		4,1	3,7	0,8	25,6
	Total		4,1	375	A	4,1	3,7	0,8	25,6
Carrefour	NB	Directo	23	1577		23	23,8	0	135,2
		Total	23	1577		23	23,8	0	135,2
	Total		23	1577	C	23	23,8	0	135,2
RED TOTAL			73,94624	24405		73,94623643	50,5	0	660,4

Fuente: VISSIM

ANEXO 7 Desempeño del sector analizado

Desempeño de la red								
Clase de vehículo	Número de vehículos	Total			Velocidad media(km/h)	Por vehículo		
		Tiempo de viaje(h)	Distancia(km)	Demora(h)		Demora media (s)	Número de paradas medio	Demora en det. media (s)
Correr 1(1)								
Taxi (1)	918	121,14	1091,50	51,75	9,010	202,93	14	79,27
Bus art. Metrolinea (2)	18	0,61	23,40	0,11	38,31	22,11	1	17,72
Motos (3)	2017	266,17	2762,86	94,46	10,38	168,60	11	64,8
Auto (10)	1953	257,73	2525,71	108,36	9,80	199,74	14	75,87
Camión (20)	54	7,02	65,32	3,21	9,30	213,86	16	96,79
Bus (30)	156	20,58	151,90	9,94	7,38	229,28	16	113,15
Tranvía (40)	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5116	673,26	6620,69	267,82	9,91	188,46	13	73,27

Fuente: VISSIM

ANEXO 8 Demoras del sector analizado

Demora									
Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1		NS	Promedio(s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
			Demora(s)	Volumen					
Autopista frente al éxito	SWB	Directo	85,5	5027		85,5	124,2	0	1117,8
		Total	85,5	5027		85,5	124,2	0	1117,8
		Total	85,5	5027	F	85,5	124,2	0	1117,8
RED TOTAL			85,5	5027		98,1	124,2	0	1117,8

Fuente: VISSIM

ANEXO 9 Desempeño del tramo analizado en la solución de taxis

Desempeño de la red								
Clase de vehículo	Número de vehículos	Total			Velocidad media(km/h)	Por vehículo		
		Tiempo de viaje(h)	Distancia(km)	Demora(h)		Demora media (s)	Número de paradas medio	Demora en det. media (s)
Correr 1(1)								
Taxi (1)	953	74,10	1091,50	33,08	14,73	124,95	8	51,41
Bus art. Metrolinea (2)	18	0,74	23,40	0,14	31,59	27,86	2	22,56
Motos (3)	2095	199,34	2762,86	77,16	13,86	132,59	10	49,35
Auto (10)	2027	241,23	2525,71	103,96	10,47	184,64	12	71,83
Camión (20)	55	6,77	65,32	2,99	9,65	195,48	14	101,79
Bus (30)	161	18,57	151,90	10,39	8,18	232,37	15	107,28
Tranvía (40)	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5309	540,75	6620,69	227,72	12,57	154,41	11	60,51

Fuente: VISSIM

ANEXO 10 Demoras en la solución por taxis

Demora									
Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1		NS	Promedio(s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
			Demora(s)	Volumen					
Autopista frente al éxito	SWB	Directo	81,8	5139		81,8	91,7	0	413,7
		Total	81,8	5139		81,8	91,7	0	413,7
		Total	81,8	5139	E	81,8	91,7	0	413,7
RED TOTAL			81,8	5139		98,1	91,7	0	413,7

Fuente: VISSIM

ANEXO 11 Desempeño del tramo analizado en la solución de motos

Desempeño de la red								
Clase de vehículo	Número de vehículos	Total			Velocidad media(km/h)	Por vehículo		
		Tiempo de viaje(h)	Distancia(km)	Demora(h)		Demora media (s)	Número de paradas medio	Demora en det. media (s)
Correr 1(1)								
Taxi (1)	962	126,95	1437,06	43,45	11,320	162,60	12	64,3
Bus art. Metrolinea (2)	18	0,64	21,53	0,13	33,64	26,17	1	21,19
Motos (3)	2115	167,99	2949,94	61,49	17,56	104,66	6	19,22
Auto (10)	2047	228,47	2764,46	90,85	12,10	159,77	11	59,68
Camión (20)	55	7,66	74,84	2,93	9,77	192,10	14	91,47
Bus (30)	163	29,50	267,01	9,48	9,05	209,28	14	102,27
Tranvía (40)	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5360	561,21	7514,84	208,33	14,07	139,92	10	46,04

Fuente: VISSIM

ANEXO 12 Demoras en la solución de motos

Demora									
Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1		NS	Promedio(s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
			Demora(s)	Volumen					
			Autopista frente al éxito	SVB					
		Total	72,2	5203		72,2	51,8	0	261,2
		Total	72,2	5203	E	72,2	51,8	0	261,2
RED TOTAL			72,2	5203		98,1	51,8	0	261,2

Fuente: VISSIM

ANEXO 13: Lista de inicio rápido VISSIM

VISSIM - LISTA DE INICIO RÁPIDO
1. Abrir VISSIM y crear un nuevo archivo
2. Establecer los parámetros de simulación
3. Crear / editar perfiles de velocidad
4. Revisar / editar las características de los tipos de vehículo
5. Crear composiciones vehiculares
6. Abrir el área de estudio como imagen de fondo
7. Escalar la imagen de fondo y guardar el archivo
8. Dibujar enlaces y conectores para la vía
9. Introducir los volúmenes vehiculares en los puntos finales de la red.
10. Introducir las rutas de decisión
11. Introducir los cambios de velocidad
12. Definir las zonas de conflicto
13. Introducir las señales de alto en las intersecciones semaforizadas
14. Crear controles de señales con grupos de señales
15. Introducir las señales prioritarias de la red
16. Introducir los detectores de intersecciones controladas por semáforos
17. Introducir las señales de PARE para girar a la derecha en rojo
18. Crear distribuciones de tiempo y lugar para el servicio de transporte de público
19. Crear líneas de transporte público
20. Configurar archivos con información de salida
21. Ejecutar la simulación

FUENTE: Manual de usuario VISSIM 5.30 – 05