

**MODELACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD POR LA CALLE  
SEPTIMA POR CARRERA SEXTA EN MADRID-CUNDINAMARCA.**

**ELKIN JOHAN GARZÓN VARGAS**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2015**

**MODELACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD POR LA CALLE  
SEPTIMA POR CARRERA SEXTA EN MADRID-CUNDINAMARCA.**

**ELKIN JOHAN GARZÓN VARGAS**

**TRABAJO DE GRADO**

**I.C. NANCY CIFUENTES OSPINA  
I.C. OLGA LUCÍA VANEGAS ALFONSO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2015**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, 13 de noviembre del 2015

Este trabajo va dedicado a todos los habitantes y visitantes del municipio de Madrid, Cundinamarca. El cual me ha visto nacer y crecer, y en donde durante mucho tiempo he visto diferentes problemáticas de tránsito y movilidad, por ello me di a la tarea de contribuir al desarrollo del municipio generando un modelo y una nueva alternativa de movilidad en una zona de vital importancia para los habitantes y usuarios de la vía del municipio de Madrid, Cundinamarca.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la sabiduría, el conocimiento y la dedicación para realizar este estudio.

A la universidad La Gran Colombia por brindarme la oportunidad de formarme como ingeniero civil íntegro.

A la ingeniera civil Nancy Cifuentes Ospina, por la colaboración y orientación en la realización del proyecto con su experiencia y conocimiento.

A la ingeniería civil Olga Lucia Vanegas, que con su experiencia y conocimiento en la investigación y metodología me orientó al desarrollo del proyecto.

A mis padres por brindarme todo su apoyo, colaboración y afecto para desarrollar esta etapa.

A Esteban Garzón por apoyar el proceso de campo, levantamiento de datos y caracterización de la zona de estudio como proceso vital de la investigación.

A Paola Niño por sus grandes aportes al trabajo de investigación que debido a sus esfuerzos, se lograron adelantos en el desarrollo de la alternativa de solución a la problemática existente de la zona.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. GENERALIDADES.....	16
3. ANTECEDENTES .....	17
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
4.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	19
4.2. PREGUNTA PROBLEMA:.....	20
4.3 JUSTIFICACIÓN.....	21
5. OBJETIVOS .....	22
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
6. MARCO REFERENCIAL .....	23
6.1 MARCO TEÓRICO .....	23
6.1.1 TRANSITO Y TRANSPORTE .....	<b>23</b>
6.1.1.1 MOVILIDAD VEHICULAR.....	23
6.1.1.2 ACCESIBILIDAD .....	23
6.1.1.3 TRANSITO VEHICULAR .....	24
6.1.1.4 CONGESTIÓN VEHICULAR.....	24
6.1.1.5 INTERSECCIÓN VIAL .....	26
6.1.1.6 INTERSECCIÓN CONTROLADA .....	26
6.1.1.7 CARRETERAS PRINCIPALES O DE PRIMER ORDEN.....	26
6.1.1.8 CARRETERAS SECUNDARIAS O DE SEGUNDO ORDEN .....	26
6.1.1.9 TRAMO DE UNA VÍA.....	26
6.1.1.10 SECTOR DE UNA VÍA.....	26
6.1.1.11 SECTOR CRÍTICO DE UNA VÍA .....	27
6.1.1.12 ZONA DE NO REBASE .....	27
6.1.1.13 VOLUMEN HORA PICO .....	27
6.1.2 SEÑALES DE TRANSITO .....	<b>27</b>
6.1.2.1 SEÑALES REGLAMENTARIAS.....	28
6.1.2.2 SEÑALES PREVENTIVAS .....	28
6.1.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS .....	28

6.1.2.4 SEÑALES ELEVADAS .....	28
6.1.2.5 SEÑALES DE PISO .....	28
6.1.2.6 SEMAFOROS .....	29
6.1.2.7 CICLOS DE LOS SEMAFOROS.....	29
6.1.2.8 TIPOS DE MOVIMIENTOS .....	30
6.1.2.9 MOVIMIENTOS EN INTERSECCIÓN SIN CONTROL.....	31
6.1.3 NIVELES DE SERVICIO VEHICULARES.....	<b>33</b>
6.1.3.1 NIVEL DE SERVICIO.....	33
6.1.3.2 TIPOS DE NIVELES .....	33
6.1.3.3 CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO.....	35
6.1.3.4 ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO VEHICULARES	38
6.1.3.5 CONDICIONES DEL TRÁNSITO .....	39
6.1.3.6 CONDICIONES DE LOS CONTROLES.....	39
6.1.4 NIVELES DE SERVICIO PEATONALES .....	<b>39</b>
6.1.4.1 PEATONES .....	39
6.1.4.2 NIVELES DE SERVICIO PEATONALES.....	40
6.1.5 ELEMENTOS GEOMETRICOS DE VIAS .....	<b>42</b>
6.1.5.1 CARRIL.....	42
6.1.5.2 BERMA.....	42
6.1.5.3 VELOCIDAD A FLUJO LIBRE .....	42
6.1.5.4 VEHÍCULOS DE PASAJEROS.....	42
6.1.5.5 POBLACIÓN DE CONDUCTORES .....	42
6.1.5.6 TIEMPO DE RETRASO .....	43
6.1.5.7 CARRETERA DE DOS CARRILES .....	43
6.1.5.8 CARRETERAS PRINCIPALES O DE PRIMER ORDEN.....	43
6.2. MARCO CONCEPTUAL .....	44
6.2 MARCO GEOGRÁFICO .....	45
6.2.1.1LIMITES:.....	45
6.2.2 CLIMA: .....	45
6.2.3 TOPOGRAFIA.....	45
6.2.4 HIDROGRAFIA .....	46
6.2.5 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	46

6.3 MARCO HISTORICO .....	48
6.4 MARCO LEGAL.....	52
7. DISEÑO METODOLOGICO .....	57
7.1 ENFOQUE METODOLOGICO .....	57
7.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
7.3 FASES DE INVESTIGACIÓN .....	58
7.4 INSTRUMENTOS.....	59
7.4.1 ENTREVISTA.....	59
7.4.2 ENCUESTA.....	59
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	60
8.1 ANÁLISIS DE DESARROLLO DEL PROYECTO .....	60
8.1.2 ANALISIS DE VOLUMEN VEHICULAR .....	60
8.1.2.1. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 3.....	61
8.1.2.2. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 9(3) .....	63
8.1.2.3. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 7 .....	66
8.1.2.4. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 4.....	69
8.1.2.5. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 9(4) .....	72
8.1.2.6. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 8.....	75
8.1.2.7. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 1.....	78
8.1.2.8. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 9(1) .....	81
8.1.2.9. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 5.....	84
8.1.2.10. ANALISIS TOTAL DE LOS MOVIMIENTOS DE LA INTERSECCIÓN DE ESTUDIO .....	88
8.1.3 ANÁLISIS DE CAPACIDADES Y NIVELES DE SERVICIO .....	89
8.1.3.1. ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS POR LA CALLE SEPTIMA .....	89
8.1.3.2. ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS POR LA CARRERA SEXTA .....	91
8.1.4. ANALISIS DEL CALCULO DE CONGESTIÓN.....	93
8.1.4.1. CONGESTIÓN DE LA CALLE SEPTIMA .....	93
8.1.4.2. CONGESTIÓN DE LA CARRERA SEXTA .....	95
8.1.5 ANALISIS DEL CALCULO DE PEATONES Y NIVEL DE SERVICIO PEATONAL.....	97
8.1.6 ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO ..	100



8.1.6.1. RESULTADOS DE DESTINO .....	100
8.1.6.2. RESULTADOS DE ORIGEN.....	103
8.1.7 MODELACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	<b>107</b>
9. CONCLUSIONES.....	120
10. RECOMENDACIONES.....	121
11. BIBLIOGRAFÍA.....	122
12. ANEXOS .....	123

## LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio. Madrid, Cundinamarca. ....	47
Imagen 2. Mapa de la zona de estudio. Madrid, Cundinamarca.....	47
Imagen 3. Movimientos de la intersección de estudio. ....	60
Imagen 4. Movimiento 3.....	61
Imagen 5. Movimiento 9(3) .....	63
Imagen 6. Movimiento 7.....	66
Imagen 7. Movimiento 4.....	69
Imagen 8. Movimiento 9(4) .....	72
Imagen 9. Movimiento 8.....	75
Imagen 10. Movimiento 1.....	78
Imagen 11. Movimiento 9(1) .....	82
Imagen 12. Movimiento 5.....	85
Imagen 13. Vista aérea del estado actual del tráfico de la intersección. ....	107
Imagen 14. Vista en 3D del estado actual de la zona de estudio. ....	108
Imagen 15. Vista aérea de la intersección con control semafórico. ....	110
Imagen 16. Vista en 3D de la intersección con control semafórico. ....	111
Imagen 17. Vista aérea de la intersección con control semafórico y cambio de condiciones de la carrera sexta. ....	113
Imagen 18. Vista en 3D de la intersección con control semafórico y cambio de condiciones de la carrera sexta. ....	114
Imagen 19. Ruta zona centro a barrio Loreto y La Virgen. ....	116
Imagen 20. Ruta barrio los Ángeles y 1 de Mayo, hasta el barrio San Francisco. ....	117
Imagen 21. Ruta barrio Sosiego hasta el barrio Loreto y Fuerza Aérea Colombiana. ....	118
Imagen 22. Ruta barrio Echavarría hasta la salida a Bogotá, D.C. ....	119

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Movimientos en intersección sin control. ....	31
Gráfica 2. Niveles de servicio (velocidad Vs. Flujo).....	35
Gráfica 3. Volumen vehicular del movimiento 3 de la intersección de estudio.....	62
Gráfica 4. Variación horaria del movimiento 3 de la intersección de estudio.....	63
Gráfica 5. Volumen vehicular del movimiento 9(3) de la intersección de estudio.....	65
Gráfica 6. Variación horaria del movimiento 9(3) de la intersección de estudio.....	66
Gráfica 7. Volumen vehicular del movimiento 7 de la intersección de estudio.....	68
Gráfica 8. Variación horaria del movimiento 7 de la intersección de estudio.....	69
Gráfica 9. Volumen vehicular del movimiento 4 de la intersección de estudio.....	71
Gráfica 10. Variación horaria del movimiento 4 de la intersección de estudio.....	72
Gráfica 11. Volumen vehicular del movimiento 9(4) de la intersección de estudio. ....	74
Gráfica 12. Variación horaria del movimiento 9(4) de la intersección de estudio.....	75
Gráfica 13. Volumen vehicular del movimiento 8 de la intersección de estudio.....	77
Gráfica 14. Variación horaria del movimiento 8 de la intersección de estudio. ....	78
Gráfica 15. Volumen vehicular del movimiento 1 de la intersección de estudio.....	80
Gráfica 16. Variación horaria del movimiento 1 de la intersección de estudio. ....	81
Gráfica 17. Volumen vehicular del movimiento 9(1) de la intersección de estudio. ....	83
Gráfica 18. Variación horaria del movimiento 9(1) de la intersección de estudio.....	84
Gráfica 19. Volumen vehicular del movimiento 5 de la intersección de estudio.....	86
Gráfica 20. Variación horaria del movimiento 5 de la intersección de estudio. ....	87
Gráfica 21. Volumen vehicular mixto total de todos los movimientos en la intersección de estudio. ....	88
Gráfica 22. Frecuencia del destino de conductores. ....	102

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Movimientos en intersección sin control.....	32
Tabla 2. Niveles de servicio vehiculares. ....	34
Tabla 3. Niveles de servicio peatonales. ....	41
Tabla 4. Volumen vehicular del movimiento 3 de la intersección de estudio .....	61
Tabla 5. Volumen vehicular del movimiento 9(3) de la intersección de estudio.....	64
Tabla 6. Volumen vehicular del movimiento 7 de la intersección de estudio .....	67
Tabla 7. Volumen vehicular del movimiento 4 de la intersección de estudio. ....	70
Tabla 8. Volumen vehicular del movimiento 9(4) de la intersección de estudio.....	73
Tabla 9. Volumen vehicular del movimiento 8 de la intersección de estudio. ....	76
Tabla 10. Volumen vehicular del movimiento 1 de la intersección de estudio. ....	79
Tabla 11. Volumen vehicular del movimiento 9(1) de la intersección de estudio.....	82
Tabla 12. Volumen vehicular del movimiento 5 de la intersección de estudio. ....	85
Tabla 13. Resumen de movimientos en intersección de estudio.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 14. Movimientos que intervienen en la calle séptima. ....	90
Tabla 15. Factores del cálculo de capacidades y nivel de servicio de la calle séptima.....	90
Tabla 16. Movimientos que intervienen en la calle sexta. ....	91
Tabla 17. Factores del cálculo de capacidades y nivel de servicio de la carrera sexta. ...	92
Tabla 18. Cálculo de congestión sentido oriente-occidente calle séptima.....	93
Tabla 19. Cálculo de congestión sentido occidente-oriente calle séptima.....	94
Tabla 20. Calculo de congestión de la carrera sexta sentido norte-sur. ....	95
Tabla 21. Calculo de congestión de la carrera sexta sentido sur-norte. ....	96
Tabla 22. Calculo de peatones que usan el paso peatonal subterráneo. ....	97
Tabla 23. Calculo de peatones que no usan el paso peatonal subterráneo. ....	99
Tabla 24. Encuesta origen-destino de conductores (ORIGEN). ....	101
Tabla 25. Frecuencia de lugares de destino de los usuarios de la vía	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 26. Encuesta origen-destino de conductores (DESTINO). ....	104
Tabla 27. Frecuencia de lugares de origen de los usuarios de la vía. .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 28. Datos del sistema de movimientos de la intersección. ....	109
Tabla 29. Datos del sistema de movimientos de la intersección, con control semafórico. .....	112
Tabla 30. Datos del sistema de movimientos de la intersección, con control semafórico y cambio de sentido de la carrera sexta. ....	115

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta.....	124
Anexo 2. Tabla de factores de correlación a la capacidad por pendiente (Fpe). .....	125
Anexo 3. Tabla de factores de correlación a la capacidad por distribución por sentido (Fd) .....	125
Anexo 4. Tabla de factores correlación a la capacidad por efecto combinado de ancho de carril y berma (Fcb).....	125
Anexo 5. Tabla de factores correlación a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp) .....	126
Anexo 6. Tabla de velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendiente ascendente (Vi) .....	127
Anexo 7. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por efecto de la utilización de la capacidad (Fu).....	127
Anexo 8. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por el estado de la superficie de rodadura (Fsr).....	128
Anexo 9. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb) .....	128
Anexo 10. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp1) .....	129
Anexo 11. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados (Fp2).....	131
Anexo 12. Tabla de velocidad máxima que permite la curva más cerrada de sector (Vc) .....	131
Anexo 13. Tabla de velocidades en km/h que determinan los niveles de servicio por tipo de terreno (Vc).....	132

## RESUMEN

A nivel mundial la movilidad es reconocida como uno de los ejes primarios de cada ciudad y ha sido una necesidad por muchos años debido a la concentración de la población en las grandes ciudades, lo cual requiere de una planeación de transporte y urbanística que dé respuesta a las necesidades actuales teniendo en cuenta la seguridad y comodidad de los usuarios de las vías.

En Colombia el crecimiento de ciudades y municipios se ha ido incrementando. Madrid Cundinamarca, es uno de los ejemplos de los municipios más cercanos a Bogotá, en el cual se están presentando problemas de movilidad; en la zona centro del municipio, los problemas de desplazamiento son críticos en diferentes horas del día, donde la principal problemática que afecta la movilidad se identifica en el mal funcionamiento de los equipos de control de tráfico que obligan a vehículos y peatones a realizar cruces peligrosos y en forma desordenada. Además de lo anterior, el diseño de bahías para estacionamiento de vehículos de servicio público genera congestiones continuas.

La falta de planeación urbana que contenga infraestructura para cruce peatonal, ciclista y transporte público, además de la deficiencia de controles de tráfico, convierte el centro de la población de Madrid en un punto crítico en la movilidad y la seguridad vial para la inclusión de la población.

Teniendo en cuenta estas problemáticas planteadas, el estudio pretende diseñar un modelo que muestre la mejora en la movilidad por la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid-Cundinamarca, ello a partir del diagnóstico actual de la movilidad

El trabajo se desarrolló teniendo en cuenta tres fases: i) en primer lugar, la recopilación de información tomada en campo, donde incluiremos aforos vehiculares y peatonales, además observaremos mediante videos el comportamiento de los usuarios de la vía como primeros datos; luego tendremos en cuenta factores como lo son las dimensiones de cada carril, la infraestructura existente, la señalización de la intersección y demás. ii) luego realizaremos el estudio del tránsito con la determinación de volúmenes, capacidad de las vías,

niveles de servicio y la topografía de la zona. En la última (iii), se realizará análisis de la información y modelación en software especializado.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La movilidad es un tema que día a día, está afectando el desarrollo de las grandes ciudades. Encontramos ciudades como Bogotá, D.C que debido a su mala planeación, se enfrenta hoy a los constantes congestionamientos que se presentan en las principales vías de la ciudad.

De acuerdo a lo anterior podemos observar que hay municipios aledaños a la ciudad de Bogotá, D.C que están sufriendo de la misma problemática a causa del crecimiento poblacional, el aumento del parque automotor y se le añade la falta de infraestructura vial. Este es el caso de Madrid Cundinamarca que es muy cercano a Bogotá D.C. Que presenta constantes congestionamientos, en sus vías principales, más específicamente dentro de la calle séptima por carrera sexta.

El estudio y diseño de la solución a la problemática se desarrollará en este sitio ya que es donde se encuentra el acceso principal al municipio, la ruta de movilización a municipios cercanos, el lugar donde se encuentra la zona más grande de comercio, el lugar donde transitan desde peatones, usuarios en bicicletas, motocicletas, automóviles, vehículos pesados, hasta vehículos de servicio público del municipio e intermunicipal.

Se realizará un estudio previo en el que se encontrará información que describa totalmente el lugar en cuanto a sus características físicas y las de todos los elementos presentes en la intersección. Además, se hará una caracterización de la movilidad presente en cuanto a cantidades, horarios, tipos de vehículos y diferentes tiempos referentes al tránsito en este punto. Se analizará el comportamiento de los usuarios de la intersección con diferentes estudios estadísticos y matemáticos que permitan obtener un detalle de todos los factores influyentes en la problemática.

Luego de haber realizado el estudio previo, se procederá a hacer un análisis de todos los datos y características recopiladas, obteniendo de esta forma un modelo por medio del software especializado, que permitirá obtener los factores claves que sirvan para determinar las vulnerabilidades de la zona de estudio, para que

así se desarrolle una alternativa de solución viable que trate la problemática expuesta.

## **2. GENERALIDADES**

El siguiente estudio es una modelación que busca el mejoramiento de la intersección que se encuentra ubicada en la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:** Vías y transporte

**SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN:** Transporte

**SEMILLERO:** VITRA UGC

**NOMBRE DEL INVESTIGADOR:** Elkin Johan Garzón Vargas

**NOMBRE DE LOS ASESORES:** I.C. Nancy Cifuentes Ospina  
I.C. Olga Lucia Vanegas Alfonso

### **LUGAR EN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO**

MUNICIPIO: Madrid

DEPARTAMENTO: Cundinamarca.

AÑO: 2015



### 3. ANTECEDENTES

La demanda por transporte es “derivada”, es decir, pocas veces los viajes se producen por un deseo intrínseco de desplazarse; generalmente, ellos son producto de la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades (como el trabajo, las compras, el estudio, la recreación, el descanso, etc.), todas las cuales se desarrollan en lugares diferentes. El transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo; como es fácil de comprender, no se puede acumular la capacidad vial no utilizada para ser usada posteriormente en períodos de mayor demanda; especialmente en zonas urbanas, la provisión de infraestructura vial para satisfacer la demanda de los períodos de punta tiene un costo muy elevado, y a raíz de todo ello, se produce congestión en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados y sociales y pérdida de calidad de vida<sup>1</sup>.

El análisis de los problemas que enfrenta la infraestructura del transporte en Bogotá, habla de que La ausencia de una cultura ciudadana en los conductores. Las prácticas cotidianas de no ceder el paso, utilizar el automóvil para desplazamientos de corta distancia o las colisiones entre automóviles o entre carros y motos, provocan accidentes y cuellos de botella que generan trancones, las cifras de accidentalidad así lo reflejan. Otro elemento que explica la congestión en algunos tramos es la desincronización de semáforos. Se debe reconocer que existen avances en este campo, pero todavía existen tramos críticos como el de la Avenida Caracas donde los tiempos de los semáforos contribuyen a la velocidad

---

<sup>1</sup> VALLE, Jorge Nicolás, “Transporte público urbano: Contribuciones al diseño de una política pública enfocada en la mitigación de la congestión vehicular”

de los articulados de Transmilenio, pero la cantidad de automóviles en las intersecciones frecuentemente interrumpen el flujo de los mismos<sup>2</sup>.

Los procesos de planeación existen en la medida que los recursos disponibles para el desarrollo de las actividades humanas son escasas, lo que hace necesaria la optimización de su uso para cubrir la demanda, dentro de principios de igualdad y equidad. Específicamente en el sistema de movilidad es necesario optimizar el uso de infraestructura existente para los diferentes tipos de vehículos<sup>3</sup>

El estudio de la Capacidad de una vía y de su Nivel de Servicio, constituye un paso preliminar para el diseño y la planeación de posibles intervenciones tendientes a su mejoramiento<sup>4</sup>.

Se debe tener en consideración el hecho de ser corredores por donde se evidencia, de manera representativa, la presencia de rutas de transporte público, con los volúmenes y composición vehicular de los mayores flujos de tránsito importantes, y como principal característica se debe tener en cuenta que sean corredores sanforizados, que permitan la conexión entre los diferentes puntos cardinales de la ciudad, teniendo como parámetro principal para determinar los puntos de frontera de cada corredor la distancia entre intersecciones semaforizadas, de tal forma que esta no supere 1.000 metros, distancia considerada como límite para que el pelotón de vehículos conserve un comportamiento homogéneo<sup>5</sup>.

Las políticas eficaces de control de señales ayudan en la mejora de la movilidad y en la reducción de la congestión en un área urbana, mejorar las condiciones de rendimiento para una infraestructura determinada. Este concepto le permite a uno evaluar las ventajas y desventajas en el rendimiento que resultan de la aplicación de las políticas de control alternativas para la demanda de tráfico, y en caso de

---

<sup>2</sup> ROJAS, José Stalin, Director del Observatorio de logística y movilidad del Centro de investigaciones para el Desarrollo (CID) de la Universidad Nacional de Colombia y consultor internacional.

<sup>3</sup> GONZÁLEZ CEPEDA, Nelson, trabajo de investigación acerca del diagnóstico del sistema de movilidad zona rural de ciudad bolívar, (2011), Universidad La Gran Colombia, Proyecto de Grado, Pág. 15.

<sup>4</sup> NARANJO HERRERA, Víctor (2008), Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías primarias y secundarias de acceso en Manizales, Universidad Nacional de Colombia, núm. 3 (2015), pág. 94.

<sup>5</sup> CASTRO GARCIA, William (2011), Estudio de capacidad vial en intersecciones a nivel para la ciudad de Ibagué, Investigación e Ingeniería; núm. 46 (2000), pág. 59 (63).

una intersección señalizada aislado hay una compensación entre la capacidad proporcionada a cada flujo de tráfico por el semáforo. Llamamos a esta frontera la "Transición Potencial"<sup>6</sup>.

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 4.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La movilidad es la capacidad que tiene el ser humano para poder moverse.<sup>7</sup> El hombre siempre ha necesitado desplazarse para alcanzar o llegar a un objetivo que no tiene cercano. A nivel vehicular la movilidad establece varios parámetros para tener una buena transición, entre ellas tener un buen espacio de desplazamiento, libertad y confort. Por eso el hombre ha creado sistemas viales y medios de transporte para hacer los viajes más cortos y placenteros. Es así como la movilidad es uno de los temas hoy por hoy más estudiados en el mundo, debido al crecimiento de las ciudades, la demanda de tráfico es cada vez más grande y las vías terrestres de algunos países ya no dan abasto para albergar grandes cantidades de vehículos, motos y peatones a ciertas horas del día, provocando la congestión y de esta forma reduciendo la movilidad.

En Colombia y principalmente en la ciudad de Bogotá, D.C y sus municipios aledaños la congestión ha tenido un crecimiento significativo, debido a la demanda de vehículos la cual ha aumentado. Para el año 2015 se ha tenido un crecimiento de 18% con respecto al año 2014<sup>8</sup>. Lo que refleja que la infraestructura vial se está agotando y sobrepasa capacidad vial a diario.

Madrid Cundinamarca, es uno de los ejemplos de los municipios más cercanos a Bogotá, en el cual se están presentando problemas de movilidad, de todo tipo,

---

<sup>6</sup> GARTNER, Nathan H., DESHPANDE Rahul, STAMATIADIS Chronis (2011), Evaluar el potencial de rendimiento en intersecciones y arterias señalizadas, University of Massachusetts Lowell (USA); Vol. 16, núm. 8 (2012), pág. 492-503.

<sup>7</sup> Disponible en internet < //es.thefreedictionary.com/movilidad >

<sup>8</sup> Reporte sector 2015 [online]. Base de datos ANDEMOS, Asociación Colombiana de Vehículos Automotores, Colombia 2015. Available from .andemos.Colombia

precisamente dentro de la calle séptima por carrera sexta en pleno centro del municipio de Madrid, el desplazamiento es crítico en diferentes horas del día; donde la principal problemática que afecta la movilidad se identifica en el mal funcionamiento de los semáforos, que obligan a vehículos y peatones a realizar cruces peligrosos y en forma desordenada. Además de lo anterior el diseño de bahías para estacionamiento de vehículos de servicio público está generando congestiones.

Otro de los problemas que se evidencian en la intersección es el paso peatonal subterráneo, el cual no cuenta con acceso para personas con limitaciones físicas, a pesar de eso brinda la opción de realizar un cruce de forma segura, para los peatones; pero la falta de cultura ciudadana, ha ocasionado que esta opción de paso no sea utilizada.

A lo anterior se suma la falta de una infraestructura de ciclo rutas que permitan un desplazamiento seguro, y de igual forma contribuya minimizar el congestionamiento y la accidentalidad vehicular porque los vehículos, y motos deben detenerse para ceder el paso y así no ocasionar ningún accidente.

La participación de administradores del tránsito, es otro de los problemas en la zona debido a que presentan falencias para organizar y dar paso al tráfico, vehicular y peatonal; pero esta labor ha sido insuficiente para la cantidad de usuarios que se presentan en la intersección.

#### **4.2. PREGUNTA PROBLEMA:**

De acuerdo a lo planteado anteriormente en el estudio, se pretende dar solución a través de la pregunta:

¿Cómo diseñar un modelo que mejore la movilidad de la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca?

### 4.3 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que el crecimiento poblacional según estudios realizados por el DANE, en el año 2014, fue de 76213 habitantes, y para el año 2015 se cuenta con, 77789 habitantes<sup>9</sup>. Como consecuencias del incremento poblacional, los diferentes medios de transporte utilizados por los habitantes del municipio de Madrid, para moverse han aumentado, al igual que la demanda de espacio para su desplazamiento, lo cual obliga a tener un plan de manejo sobre este punto que permita un adecuado traslado vehicular y peatonal en el municipio.

La calle séptima y la carrera sexta son arterias principales del municipio, son vías de acceso a importantes lugares como: la plazoleta Alfonso López, la casa de la cultura, centro comercial Madrid y monumentos históricos que atraen a las personas. La movilidad en la intersección se considera como un punto estratégico en el municipio debido a que brinda, conexión a barrios del sur y del occidente, además la carrera séptima es la vía principal y se utiliza como conector a la ciudad de Bogotá, D.C y la provincia de Facatativá hacia el noroccidente del municipio, por ello este corredor se debe mejorar para hacer de este punto un lugar seguro y de buena transición de todos los usuarios de la vía.

El presente estudio pretende dar solución a la problemática expuesta, brindando la capacidad de desplazarse con facilidad y seguridad a los usuarios de la intersección. Es importante tener en cuenta las ventajas que trae realizar este estudio, para garantizar una alternativa de solución.

---

<sup>9</sup> Disponible en internet <[www.Madrid-Cundinamarca.gov.co/](http://www.Madrid-Cundinamarca.gov.co/)>

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo que muestre la mejora en la movilidad por la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid-Cundinamarca.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el estado actual de la infraestructura vial y peatonal de la zona de estudio.
- Diagnosticar el estado actual de la movilidad en la zona de estudio a partir de los factores determinados.
- Analizar la afectación de la movilidad en la zona de estudio a partir de los niveles de servicio actuales.
- Evaluar los niveles de servicio peatonal de la zona de estudio.

## **6. MARCO REFERENCIAL**

### **6.1 MARCO TEÓRICO**

#### **6.1.1 TRANSITO Y TRANSPORTE**

##### **6.1.1.2 MOVILIDAD VEHICULAR**

La movilidad se puede expresar de acuerdo a la secretaria de tránsito y transporte como “La capacidad de desplazamiento de una persona o vehículo por una vía, se conoce como movilidad vial, buscando siempre que ésta se realice de la manera más segura. La movilidad es una condición inherente al desarrollo urbano de las ciudades. Esta Fluidez en las vías está determinada por factores humanos, de infraestructura, ambientales y vehiculares”. Utiliza instrumentos como la jerarquización vial para una mejor explotación de la infraestructura existe<sup>10</sup>.

##### **6.1.1.3 ACCESIBILIDAD**

Es un concepto vinculado a los lugares, a la posibilidad de obtención del bien, del servicio o del contacto buscado desde un determinado espacio. Por extensión, se utiliza el término para indicar la facilidad de acceso a un determinado lugar. La accesibilidad, por consiguiente, se valora o bien en relación con el costo o dificultad de desplazamiento que requiere la satisfacción de las necesidades, o

---

<sup>10</sup> CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, Movilidad y desarrollo sostenible – v8 formulación del plan maestro de movilidad para bogotá d.c., ordenamiento de estacionamientos. Pag. 32 (2009)

bien en relación con el costo o dificultad de que los suministros o clientes alcancen el lugar en cuestión.<sup>11</sup>

#### **6.1.1.4 TRANSITO VEHICULAR**

El tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones.<sup>12</sup>

#### **6.1.1.5 CONGESTIÓN VEHICULAR**

Es el flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atascamientos. Este fenómeno se produce comúnmente horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible<sup>13</sup>.

En la ecuación 1 analizaremos varios factores como es el factor de utilización de la vía<sup>14</sup>.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (Ec. 1)$$

Donde:

$\lambda$ : tasa media de llegadas [llegadas/hora]

$\mu$ : tasa media de servicio [servicio/hora]

El factor de utilización nos sirve para determinar si el sistema se va a colapsar. Si  $\rho > 1$  el sistema se colapsa, ya que no puede asumir las entradas con el servicio.

La longitud esperada del sistema o número de vehículos totales se calculara como se muestra a continuación en la ecuación 2.

---

<sup>11</sup> CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, Movilidad y desarrollo sostenible – v8 formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá d.c., que incluye ordenamiento de estacionamientos. Pag 34 (2009)

<sup>12</sup> DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento CONPES 3167. Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros. Bogotá D.C., 2002.

<sup>13</sup> Andrew Downie (21 de abril de 2008). «The World's Worst Traffic Jams» (en inglés). Times Magazine.

<sup>14</sup> Holgado Ruiz, Emma [ONLINE], ESTUDIO DE REGULACIÓN DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS Y PEATONES EN LOS ALREDEDORES DE LA AVENIDA PORTUGAL DE SALAMANCA. (Sept. 2012), Catalunya, España, pág. 69



$$L = \frac{\lambda}{\mu} - \lambda \quad (Ec. 2)$$

Donde:

L=Número de vehículos en espera, longitud esperada de la cola

Ya con la longitud de los vehículos en espera podremos calcular el número de vehículos en espera como se muestra en la ecuación 3.

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

Lq=Número de vehículos en espera.

Para obtener un dato central de referencia con respecto al tiempo ahora lo que se calculara con la ecuación 4, será el tiempo total medio (tiempo vehículos en cola + tiempo de vehículos que están en el servicio).

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (Ec. 4)$$

Donde:

W=Tiempo total medio de vehículos en operación.

Ya finalizando el cálculo de la congestión vehicular debemos tener en cuenta la ecuación 5, tiempo medio de cola de vehículos que se muestra a continuación:

$$Wq = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (Ec. 5)$$

Donde:

Wq=Tiempo medio de cola de vehículos en operación

#### **6.1.1.6 INTERSECCIÓN VIAL**

Son los elementos de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos. Estas infraestructuras permiten a los usuarios el intercambio entre caminos. El cruce de caminos se puede dar con una intersección a nivel o con una intersección a desnivel<sup>15</sup>.

#### **6.1.1.7 INTERSECCIÓN CONTROLADA**

Las intersecciones a nivel requieren algún tipo de control para que puedan operar de forma segura. Existen diferentes códigos y sistemas de control de intersecciones que permiten prevenir el uso simultáneo de vehículos en movimientos en conflicto.

#### **6.1.1.8 CARRETERAS PRINCIPALES O DE PRIMER ORDEN**

De acuerdo con su función, estas carreteras son troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las zonas principales de producción y consumo del país y de este con otros países<sup>16</sup>.

#### **6.1.1.9 CARRETERAS SECUNDARIAS O DE SEGUNDO ORDEN**

Son las vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una principal<sup>17</sup>.

---

<sup>15</sup> Sheffi Bryant [ONLINE], Urban Transport Networks. (1984) Prentice Hall, New Jersey, USA.

<sup>16</sup> CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, Movilidad y desarrollo sostenible – v8 formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá d.c., que incluye ordenamiento de estacionamientos, pag 35, (2009).

<sup>17</sup> CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, Movilidad y desarrollo sostenible – v8 formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá d.c., que incluye ordenamiento de estacionamientos, pag. 39 (2009)

#### **6.1.1.10 TRAMO DE UNA VÍA**

Es una subdivisión de una ruta con longitud de hasta 150 kilómetros.

#### **6.1.1.11 SECTOR DE UNA VÍA**

Es la parte de un tramo determinado para realizar estudios de capacidad y niveles de servicio.

#### **6.1.1.12 SECTOR CRÍTICO DE UNA VÍA**

Es el sector de una vía que presenta factores deficientes en sus características geométricas o mal estado de su capa de rodadura. Este es el primer sitio en congestionarse cuando se presente alta demanda en la vía<sup>18</sup>.

#### **6.1.1.13 ZONA DE NO REBASE**

Porcentaje de la longitud del sector de la vía donde los conductores no encuentran una distancia prudencial para adelantar.

#### **6.1.1.14 VOLUMEN HORA PICO**

Es el número de vehículos que transitan por una vía en la hora de mayor congestión durante un día completo. Representa la variación en la circulación dentro de una hora<sup>19</sup>.

En la ecuación 6, determinaremos el factor de hora pico, presente en la zona de estudio.

$$FHP = \frac{VHMD}{q_{max} * n} \quad (Ec. 6)$$

Donde:

FHP: Factor de hora pico

VHMD: Volumen de hora de máxima demanda

Qmax: flujo máximo

---

<sup>18</sup> CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, Movilidad y desarrollo sostenible – v8 formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá d.c., que incluye ordenamiento de estacionamientos, pag 40 (2009)

<sup>19</sup> Arrieta Henry [artículo] universidad nacional abierta de Venezuela, ingeniería, 10 marzo 2014, visto desde internet, < [www.academia.edu/flujo\\_vehicular](http://www.academia.edu/flujo_vehicular).

N: número de vehículos

## **6.1.2 SEÑALES DE TRANSITO**

### **6.1.2.1 SEÑALES REGLAMENTARIAS**

Tiene por objeto indicar al usuario de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, y cuya violación constituye falta. En las señales circulares los colores distintivos son: anillos y líneas oblicuas en rojo, fondo blanco y símbolos negros. Se identifica con el código SR<sup>20</sup>.

### **6.1.2.2 SEÑALES PREVENTIVAS**

Tiene por objeto advertir a los usuarios de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de esta, los colores distintivos son: fondo amarillo, símbolo y orla negras. Se identifican con el código SP<sup>21</sup>.

### **6.1.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS**

Tienen por objeto guiar al usuario de la vía, suministrándole información de localidades, destinos, direcciones, sitios especiales, distancias y prestación de servicios. Los colores distintivos son: fondo azul, textos y flechas blancos y símbolos negros. Se exceptúan las señales de identificación cuyo fondo es blanco y símbolos negros. Se identifican con el código SI<sup>22</sup>.

### **6.1.2.4 SEÑALES ELEVADAS**

Son aquellas que están elevadas sobre la vía. Están dispuestas en grandes postes que pueden visualizarse desde una distancia más apartada, son de gran tamaño y se pueden ver en autopistas, carreteras o vías expresas donde los vehículos andan a velocidades mayores. Algunas de ellas son: señalización de destino, aeropuerto, y otras más.

### **6.1.2.5 SEÑALES DE PISO**

Son marcas paralelas al sentido de circulación y pueden ser de color amarillo o blanco.

---

<sup>20</sup> Disponible en internet < <http://conducircolombia.com/preventivas.html> >

<sup>21</sup> Disponible en internet < <http://conducircolombia.com/preventivas.html> >

<sup>22</sup> Disponible en internet < <http://conducircolombia.com/preventivas.html> >

- AMARILLAS: separan los carriles del tráfico que se mueven en direcciones opuestas. Si la línea es continua, indica que está prohibido adelantar. Si la línea es a trazos, se puede adelantar. Si hay doble línea amarilla, el significado es el mismo, es decir, está prohibido adelantar y cada línea corresponde a un sentido de circulación.

- BLANCAS: Pueden ser líneas o flechas direccionales. Las líneas blancas sirven para separar los carriles de tráfico que se mueven en la misma dirección, definir los bordes de la calzada en carreteras, determinar el comienzo de separadores o indicar canalizaciones especiales. Si la línea es continua, significa que está prohibido cambiar de carril. Si la línea es a trazos, el adelantamiento puede efectuarse.

LAS FLECHAS BLANCAS indican la dirección que debe seguir el conductor y se utilizan en vías que tengan varios carriles, así:

- Flecha recta: significa que debe continuar, sin efectuar virajes.
- Flecha curva: significa que debe girar en la dirección que indica.
- Flecha recta con brazo curvo: significa que puede continuar o girar a la vez<sup>23</sup>.

#### **6.1.2.6 SEMAFOROS**

Los semáforos, también conocido técnicamente como señales de control de tráfico, son dispositivos de señales que se sitúan en intersecciones viales y otros lugares para regular el tráfico, y por ende, el tránsito peatonal.<sup>24</sup>

#### **6.1.2.7 CICLOS DE LOS SEMAFOROS**

Los movimientos que pueden darse simultáneamente, dependerán generalmente de las características del tráfico y del trazado de la intersección. Los criterios que se van a seguir para determinar los ciclos son:

- El número de fases debe ser lo menor posible. Con ello se reducen al mínimo los tiempos perdidos en cada ciclo, como puede ser el tiempo de reacción entre que se entra en la fase de verde hasta que el primer vehículo de la cola avanza.

---

<sup>23</sup> Disponible en internet < <http://conducircolombia.com/preventivas.html>

<sup>24</sup> The Origins and Globalización of Traffic Control Signals [online] - Consultado el 08 de junio 2015, Available from < Sites.Tufts.edu >

- El número de movimientos simultáneos debe ser máximo, mientras no se cree conflicto al circular vehículos y/o peatones con direcciones distintas simultáneamente.
- El recorrido dentro de la intersección se procurará que sea lo más corto posible. Así se logran unos tiempos de despeje más cortos.
- Cuando un ciclo se divide en más de dos fases es necesario considerar el orden en que se producen, ya que ello influye en la seguridad y rendimiento de la intersección<sup>25</sup>.

#### **6.1.2.8 TIPOS DE MOVIMIENTOS**

En una intersección regulada por semáforos la asignación del tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad;

- DE PASO: El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesarla intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.
- GIRO PERMITIDO: El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde.
- GIRO PROTEGIDO: En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.
- GIRO SIN OPOSICIÓN: A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido

---

<sup>25</sup> Holgado Ruiz, Emma [ONLINE], ESTUDIO DE REGULACIÓN DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS Y PEATONES EN LOS ALREDEDORES DE LA AVENIDA PORTUGAL DE SALAMANCA. (Sept. 2012), Catalunya, España, pág. 59.

único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección.<sup>26</sup>

#### **6.1.2.9 MOVIMIENTOS EN INTERSECCIÓN SIN CONTROL**

Existen intersecciones que no tienen ningún tipo de control. Para estas intersecciones existen algunas reglas: Dar la prioridad al primer vehículo que llega, al vehículo que llegue por la derecha (en países en que los conductores vayan por la izquierda la regla puede ser inversa, dando paso a los vehículos que vengan por la izquierda) o al vehículo que transite en una vía pavimentada (cuando se transite por una sin pavimento), estas reglas pueden cambiar de acuerdo al país o región. Estas intersecciones se reservan exclusivamente a zonas rurales o zonas residenciales e industriales de muy bajo tráfico<sup>27</sup>.

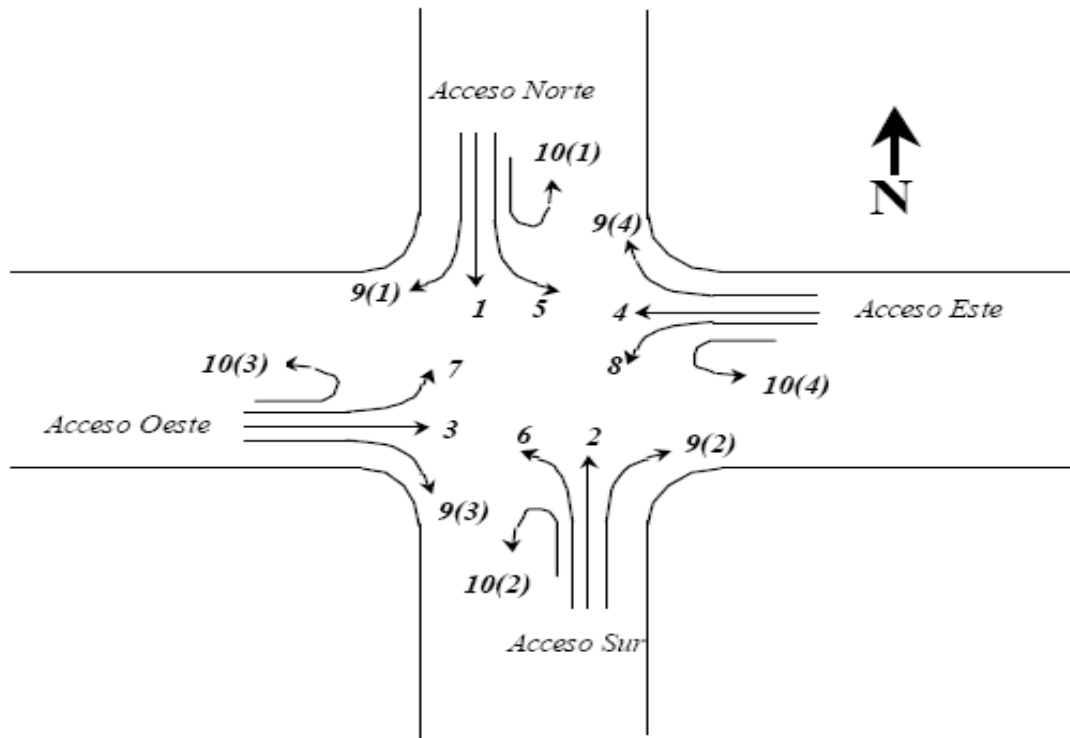
En la gráfica 1, se identifican los diferentes tipos de giros que se realizan dentro de una intersección sin control.

---

<sup>26</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 21 abril 2015), Cap. 1, pág. 23. Available from [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

<sup>27</sup> Sheffi Bryant,[ONLINE], Urban Transport Networks. (1984) Prentice Hall, New Jersey, USA.

Gráfica 1. Movimientos en intersección sin control.



Fuente: Manual STT 1998

En la tabla 1 se muestran los códigos establecidos por los accesos, según los movimientos.

Tabla 1. Movimientos en intersección sin control.

ACCESO	MOVIMIENTO	CODIGO
NORTE	DIRECTO	1
	GIRO A IZQUIERDA	5
	GIRO A DERECHA	9(1)
	GIRO EN U	10(1)
SUR	DIRECTO	2



	GIRO A IZQUIERDA	6
	GIRO A DERECHA	9(2)
	GIRO EN U	10(2)
OESTE	DIRECTO	3
	GIRO A IZQUIERDA	7
	GIRO A DERECHA	9(3)
	GIRO EN U	10(3)
ESTE	DIRECTO	4
	GIRO A IZQUIERDA	8
	GIRO A DERECHA	9(4)
	GIRO EN U	10(4)

Fuente: GARZON (2015)

### 6.1.3 NIVELES DE SERVICIO VEHICULARES

#### 6.1.3.1 NIVEL DE SERVICIO

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

#### 6.1.3.2 TIPOS DE NIVELES

- *Nivel de Servicio A*: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El Nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

- *Nivel de Servicio B:* Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobrar. El Nivel de comodidad y conveniencia comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

- *Nivel de Servicio C:* Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El Nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

- *Nivel de Servicio D:* Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un Nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

- *Nivel de Servicio E:* El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su Capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

- *Nivel de Servicio F:* Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”<sup>28</sup>.

En la Tabla 2, se muestra la clasificación de los niveles de servicio, teniendo en cuenta el tiempo de viaje y el porcentaje de tiempo sin sobrepaso sobre la vía.

---

<sup>28</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 10 junio 2015), Cap. 6, pág. 367. Available from [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

Tabla 2. Niveles de servicio vehiculares.

EXHIBIT 21-2. LOS CRITERIA FOR MULTILANE HIGHWAYS

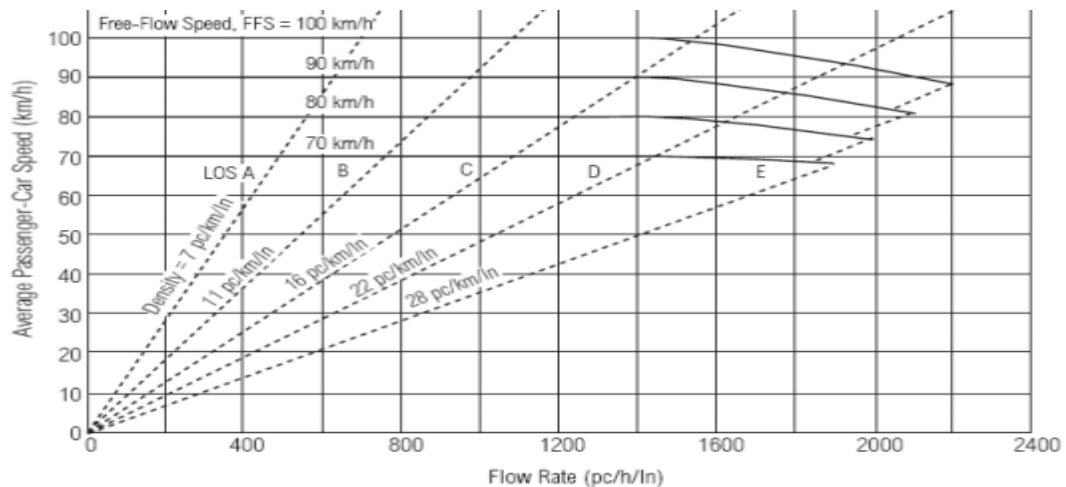
Free-Flow Speed	Criteria	LOS				
		A	B	C	D	E
100 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	25
	Average speed (km/h)	100.0	100.0	98.4	91.5	88.0
	Maximum volume to capacity ratio (v/c)	0.32	0.50	0.72	0.92	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	700	1100	1575	2015	2200
90 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	26
	Average speed (km/h)	90.0	90.0	89.8	84.7	80.8
	Maximum v/c	0.30	0.47	0.68	0.89	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	630	990	1435	1860	2100
80 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	27
	Average speed (km/h)	80.0	80.0	80.0	77.6	74.1
	Maximum v/c	0.28	0.44	0.64	0.85	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	560	880	1280	1705	2000
70 km/h	Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
	Average speed (km/h)	70.0	70.0	70.0	69.6	67.9
	Maximum v/c	0.26	0.41	0.59	0.81	1.00
	Maximum service flow rate (pc/h/ln)	490	770	1120	1530	1900

Note:  
The exact mathematical relationship between density and volume to capacity ratio (v/c) has not always been maintained at LOS boundaries because of the use of rounded values. Density is the primary determinant of LOS. LOS F is characterized by highly unstable and variable traffic flow. Prediction of accurate flow rate, density, and speed at LOS F is difficult.

FUENTE: Manual HCM 2000

En la siguiente gráfica, se muestran los niveles de servicio de la vía dependiendo la velocidad media de vehículos en kilómetros por hora (km/hr), contra la tasa de flujo, la gráfica viene del modelo americano especificado en la normativa del libro HCM 2000.

Gráfica 2. Niveles de servicio (velocidad Vs. Flujo)



Note:  
Maximum densities for LOS E occur at a v/c ratio of 1.0. They are 25, 26, 27, and 28 pc/km/ln at FFS of 100, 90, 80, and 70 km/h, respectively. Capacity varies by FFS. Capacity is 2,200, 2,100, 2,000, and 1,900 pc/h/ln at FFS of 100, 90, 80, and 70 km/h, respectively.

Fuente: Manual HCM 2000

### 6.1.3.3 CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

Se parte de una velocidad para condiciones casi ideales (excepto por pendiente), la cual se va multiplicando sucesivamente por factores de corrección hasta llegar a una velocidad representativa de las condiciones estudiadas.

La velocidad ideal de automóviles a flujo libre  $V_i$  (con los valores de inclinación de la pendiente ascendente y su longitud), obteniendo la velocidad media de automóviles en condiciones ideales excepto por pendiente.

El primer valor de factor de corrección corresponde al factor de utilización “ $F_u$ ”, conociendo la relación entre el volumen total en ambos sentidos y la capacidad ( $Q/C60$ ). Así, la velocidad a flujo restringido  $V_1$  es el producto de la velocidad ideal de automóviles a flujo libre  $V_i$  por el factor de utilización  $F_u$ .

En la ecuación 8 se muestra el cálculo de la velocidad a flujo restringido<sup>29</sup>.

$$V_1 = V_i * F_u \quad (Ec. 8)$$

Donde:

$V_1$ : Velocidad a flujo restringido

$V_i$ : La velocidad ideal de automóviles a flujo libre

$F_u$ : Factor de utilización

Con el valor de la velocidad  $V_1$  (Velocidad a flujo restringido) y el parámetro de estado de superficie de rodadura seleccionado, se determina el factor de corrección por el estado de la superficie de rodadura “ $F_{sr}$ ”.

Existen tres criterios para evaluar el estado de la superficie de rodadura a saber:

- El valor del IRI (Índice de Rugosidad Internacional).
- El porcentaje de área afectada.

---

<sup>29</sup> Highway Capacity Manual, HCM2000 [ONLINE] proyecto vial, pag 79. Consultado el 10 de octubre 2015.

- El Nivel Funcional. Para efectos del presente documento, se ha considerado el porcentaje de área afectada. Determinar igualmente el factor de corrección por ancho de carril y berma “Fcb” con base en los datos del ancho utilizable de carril y de berma.

Teniendo en cuenta estos factores en la ecuación 9, se muestra las condiciones para la determinación de la velocidad de vehículos a flujo restringido.

$$V2 = V1 * Fsr * Fcb \quad (Ec. 9)$$

Donde:

V2: Velocidad de autos a flujo restringido en tangente

V1: velocidad a flujo restringido

Fsr: factor corrección de superficie de rodadura.

Fcb: Factor de corrección ancho de carril y berma.

Se halla el Fp (factor de corrección por la presencia de vehículos pesados), para lo cual debe hallarse primero el factor Fp1, con los datos de la longitud y la inclinación de la pendiente, así como con la velocidad V2 (Velocidad de autos a flujo restringido en tangente).

Se toma el factor Fp2 conociendo el porcentaje total de vehículos pesados y el volumen total en ambos sentidos.

En la ecuación 10, se identifican las condiciones de la velocidad del tránsito mixto restringido<sup>30</sup>.

$$V3 = V2 * Fp \quad (Ec. 10)$$

Donde:

V3: Velocidad del tránsito mixto a flujo restringido y en tangente.

V2: Velocidad de autos a flujo restringido en tangente.

Fp: Factor de corrección vehículos pesados.

---

<sup>30</sup> Highway Capacity Manual, HCM2000 [ONLINE] proyecto vial, pag 79. Consultado el 10 de octubre 2015.

Conociendo el radio de curvatura de la curva más cerrada, la velocidad máxima permitida por la curva más cerrada en el sector en estudio  $V_c$ . Se deben comparar los valores de  $V_3$  y de  $V_c$ .

Como se puede ver en la siguiente expresión 1:

$$V_c > V_3 = V \quad (\text{Exp. 1})$$

Si  $V_c$  resulta ser mayor o igual que  $V_3$ , se toma el valor de  $V_3$  como  $V$ .

$$V_c < V_3 = V \quad (\text{Exp. 2})$$

La velocidad  $V$  representa la velocidad media del tránsito mixto a flujo restringido para las condiciones estudiadas, en todo el sector de análisis. Con el valor de la velocidad media  $V$  se determina el Nivel de Servicio<sup>31</sup>.

#### **6.1.3.4 ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO VEHICULARES**

Los factores externos que afectan el Nivel de Servicio, como son físicos, pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo, como por ejemplo el factor de la hora de máxima demanda. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso. Para tomar esto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un periodo máximo dentro de la hora de máxima demanda<sup>32</sup>.

El flujo y la Capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la autopista o calle.

Se calcula la Capacidad del sector en vehículos mixtos máximo, que puede circular durante la hora pico, en ambos sentidos sin causar congestión suponiendo que no hay variaciones aleatorias.

En la ecuación 11 se identifica el factor  $C_{60}$ , para hallar la capacidad vial.

---

<sup>31</sup> Highway Capacity Manual, HCM2000 [ONLINE] proyecto vial, pag 79. Consultado el 10 de octubre 2015.

<sup>32</sup> BAÑÓN BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 10 junio 2015), Cap. 6, pág. 315. Available from [https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

$$F_{pe} \times F_d \times F_{cb} \times F_p \times C_i = C_{60} \quad (Ec. 11)$$

Donde:

F<sub>pe</sub>: Factor de capacidad por pendiente.

F<sub>d</sub>: Factor de capacidad de distribución por sentido.

F<sub>cb</sub>: Factor de capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma.

F<sub>p</sub>: Factor de capacidad por presencia de vehículos en pendientes ascendentes.

C<sub>i</sub>: Capacidad ideal (3200 veh/h) norma colombiana.

Se determina el volumen mixto máximo que debe circular durante la hora pico sin que se produzca congestión durante el período de cinco minutos de mayor tránsito de esa hora.

En la ecuación 12 se identifica el volumen mixto C5.

$$C_{60} \times F_{PH} \text{ o } F_{HMD} = C_5 \quad (Ec. 12)$$

Determinación del Factor horario de máxima demanda, FHMD: Puede ser a través de la Tabla 7 o en la ecuación 13 se muestra el cálculo del factor horario de máxima demanda.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})} \quad (Ec. 13)$$

Donde:

VHMD: Volumen horario de máxima demanda.

Q<sub>max</sub>: Flujo máximo durante 15 minutos.

FHMD: Factor horario de máxima demanda.

Se determinan las relaciones Q/C60 y Q/C5 las cuales buscan hacer una comparación de la demanda real frente al flujo ofrecido en las condiciones actuales que puede alojar la vía.

#### 6.1.3.5 CONDICIONES DEL TRÁNSITO

Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio; a su composición en tipo de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos

recreativos; a la distribución direccional en autopistas de dos carriles de dos sentidos; y a la distribución por carril en autopistas de carriles múltiples.

#### **6.1.3.6 CONDICIONES DE LOS CONTROLES**

Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como los semáforos (fases, longitudes de ciclo, repartición de verdes, etc.), las señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, solo vueltas a la izquierda, etc.) y las velocidades límite.

#### **6.1.4 NIVELES DE SERVICIO PEATONALES**

##### **6.1.4.1 PEATONES**

El peatón es el individuo que transita a pie por espacios públicos. En espacios cerrados no se usa este término por ser todos peatones. Así, a los usuarios de la bicicleta se les conoce como ciclistas, a los usuarios de automóviles motoristas y así sucesivamente<sup>33</sup>.

##### **6.1.4.2 NIVELES DE SERVICIO PEATONALES**

Los criterios seguidos para establecer los diferentes niveles de servicio en la circulación peatonal están basados en medidas subjetivas que, por lo tanto, pueden resultar imprecisas o alejadas de la realidad. No obstante, magnitudes como la intensidad, ocupación, la densidad peatonal o la velocidad son suficientes para hacerse una idea de la calidad de la circulación de una vía.

Quizás sea este último criterio –la velocidad– el más indicativo de todos ellos, dada su fácil observación y medida, así como por su capacidad de describir muy bien la sensación de calidad percibida por los peatones.<sup>34</sup>

- *Nivel de servicio A*: Los peatones prácticamente caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificarla por la presencia de otros peatones. Se elige libremente la velocidad de marcha, y los conflictos entre los viandantes son poco frecuentes.

---

<sup>33</sup> Highway Capacity Manual, HCM2000 [ONLINE] proyecto vial, pag 79. Consultado el 27 de octubre 2015.

<sup>34</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 10 junio 2015), Cap. 6, pág. 365. Available from [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)



- *Nivel de servicio B:* Proporciona la superficie suficiente para permitir que los peatones elijan libremente su velocidad de marcha, se adelanten unos a otros y eviten los conflictos al entrecruzarse entre sí. En este nivel, los peatones comienzan a acusar la presencia del resto, hecho que manifiestan en la elección de sus trayectorias.

- *Nivel de servicio C:* Existe la superficie suficiente para seleccionar una velocidad normal de marcha y permitir el adelantamiento, principalmente en corrientes de sentido único de circulación. En el caso de que también haya movimiento en sentido contrario –o incluso entrecruzado- se producirán ligeros conflictos esporádicos y las velocidades y el volumen serán menores.

- *Nivel de servicio D:* Se restringe la libertad individual de elegir la velocidad normal de marcha y el adelantamiento. En el caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario existe una alta probabilidad de que se presenten conflictos, siendo precisos frecuentes cambios de velocidad y de posición para eludirlos. Este nivel de servicio proporciona un flujo razonablemente fluido; no obstante, es probable que se produzca entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.

- *Nivel de servicio E:* Prácticamente todos los peatones verán restringida su velocidad normal de marcha, lo que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En la zona inferior de este nivel, el movimiento hacia delante sólo es posible mediante una forma de avance denominada arrastre de pies. No se dispone de la superficie suficiente para el adelantamiento de los peatones más lentos. Los movimientos en sentido, contrario o entrecruzados sólo son posibles con extrema dificultad. La intensidad de este nivel se identifica con la capacidad de la vía peatonal, lo que origina detenciones e interrupciones en el flujo.

- *Nivel de servicio F:* Todas las velocidades de marcha se ven frecuentemente restringidas y el avance sólo se puede realizar mediante el paso de arrastre de pies. Entre los peatones se producen frecuentes e inevitables contactos, y los movimientos en sentido, contrario y entrecruzados son virtualmente imposibles de efectuar. El flujo es esporádico e inestable, y se producen frecuentes colas y aglomeraciones.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> BAÑÓN BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 10 junio 2015), Cap. 6, pág. 366. Available from [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

En la tabla 3, se puede analizar los factores que determinan el nivel de servicio peatonal.

Tabla 3. Niveles de servicio peatonales.

	Ocupación (m <sup>2</sup> /pt)	V (m/min)	i (pt/min/m <sup>2</sup> )	i/c
<b>A</b>	≥ 11.70	≥ 78	≤ 7	≤ 0.08
<b>B</b>	≥ 3.60	≥ 75	≤ 23	≤ 0.28
<b>C</b>	≥ 2.16	≥ 72	≤ 33	≤ 0.40
<b>D</b>	≥ 1.35	≥ 68	≤ 49	≤ 0.60
<b>E</b>	≥ 0.54	≥ 45	≤ 82	≤ 1.00
<b>F</b>	< 0.54	< 45	Variable	

FUENTE: Manual de capacidad de carreteras

## 6.1.5 ELEMENTOS GEOMETRICOS DE VIAS

### 6.1.5.1 CARRIL

Parte de la vía cuya sección transversal está destinada a la circulación de un solo vehículo. Calzada: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. En el caso de vías de dos carriles con circulación en ambos sentidos, el ancho de la calzada lo constituye la suma del ancho de los dos carriles.

### 6.1.5.2 BERMA

Parte exterior de la calzada destinada a la parada eventual de vehículos. La berma puede ocasionalmente incrementar el ancho efectivo de la calzada, a la vez que proporciona mayor visibilidad a los conductores debido al despeje lateral de obstáculos que brinda.

### 6.1.5.3 VELOCIDAD A FLUJO LIBRE

Es la velocidad a la cual los conductores sienten comodidad viajando, bajo condiciones controladas ambientales, físicas y de tránsito, en una sección descongestionada de una carretera multicarril. (Este concepto es análogo para una vía de dos carriles).

#### **6.1.5.4 VEHÍCULOS DE PASAJEROS**

Este término hace alusión a los vehículos livianos o simplemente denominados “autos” en Colombia, ya que en países como Estados Unidos, se procura hallar un equivalente de vehículos livianos para los pesados (buses y camiones), así como para los vehículos recreativos que transportan gran número de usuarios y se consideran igualmente vehículos pesados con diferencias temporales de circulación.

#### **6.1.5.5 POBLACIÓN DE CONDUCTORES**

Es la diferenciación entre los usuarios habituales de una vía y aquellos que transitan por ella esporádicamente y por tanto no están familiarizados con sus condiciones y limitantes.

#### **6.1.5.6 TIEMPO DE RETRASO**

Es el tiempo que los conductores se demoran en su recorrido por una vía, debido a la imposibilidad de adelantar a otros vehículos con menor velocidad que van delante de ellos. Este tiempo es un criterio bastante importante en la determinación del Nivel de Servicio en la metodología del Manual HCM 2000.

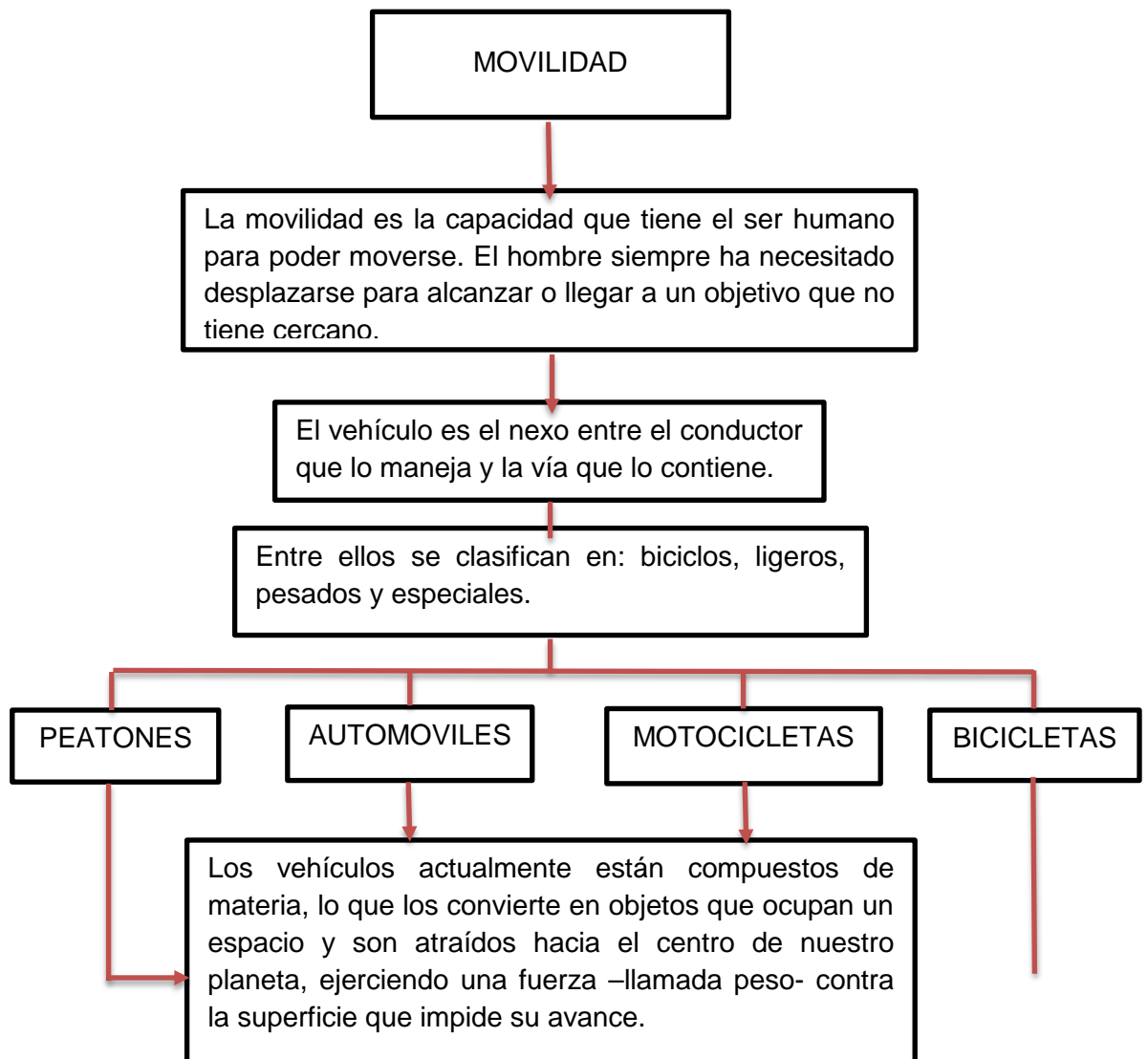
#### **6.1.5.7 CARRETERA DE DOS CARRILES**

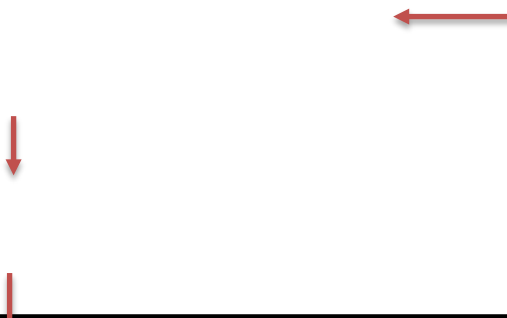
Es aquella que tiene una calzada con un carril para cada sentido de circulación de los vehículos.

#### **6.1.5.8 CARRETERAS PRINCIPALES O DE PRIMER ORDEN**

De acuerdo con su función, estas carreteras son troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las zonas principales de producción y consumo del país y de este con otros países.

## 6.2. MARCO CONCEPTUAL





Una de las características de los vehículos es su velocidad; no se concibe el uso de un vehículo que no posea la capacidad de recorrer cierta distancia en un tiempo lo suficientemente corto. El vehículo, por tanto, aparte de ser un objeto material que ocupa un cierto espacio y posee una determinada masa, es un objeto que se halla en movimiento.

### 6.2.1 LOCALIZACIÓN:

El municipio de Madrid, está localizado sobre la cordillera oriental en el altiplano Cundiboyacense, el casco urbano se encuentra a 2554 m.s.n.m. y distante a 29 Km de Bogotá, su tierra esta bañada por el río Subachoque y Bojacá, que se unen y forman la laguna de la Herrera en el municipio de Mosquera, se encuentra al occidente del Distrito Capital y del Río Bogotá. Por el municipio pasan transversalmente tres vías regionales: la carretera de occidente que atraviesa el casco urbano. La Autopista Bogotá-Medellín que cruza entre las veredas de la Punta, Puente de Piedra y Chauta por el norte del municipio y la actual variante del municipio. Posee un área superficial de 12008 hectáreas<sup>36</sup>.

#### 6.2.1.1 LÍMITES:

6.2.1.1.1 **Límite norte:** Municipio de Subachoque.

6.2.1.1.2 **Límite noroccidente:** municipio de Facatativá y el Rosal.

6.2.1.1.3 **Límite oriental:** Cerro de Manjui, Tenjo y Funza.

6.2.1.1.4 **Límite sur:** Municipio de Mosquera.

---

<sup>36</sup> MADRID-CUNDINAMARCA, [ONLINE] Plan de desarrollo de Madrid, (2008), Localización y límites, pág., 25.

### **6.2.2 CLIMA:**

El municipio de Madrid presenta una temperatura media anual de 13°C, alcanzando una máxima media anual de 19.2°C y una mínima de 6.3°C (Fuente: IDEAM, 1.997). Las anteriores condiciones climáticas, junto con las condiciones de vientos y luminosidad a lo largo del año, originan el ambiente climático propicio para la producción agrícola<sup>37</sup>.

### **6.2.3 TOPOGRAFIA**

Conforma un relieve de planicie en el 84% de su territorio, con pendiente entre 0 y 1%, el porcentaje restante de la superficie es decir el 16% lo constituyen dos zonas montañosas ubicadas una al sur oriente conocido como el cerro de Casablanca, la segunda al noroccidente sobre los límites con Tenjo llamado Cerro La Punta, cuyas alturas sobrepasan los 2.796 m.s.n.m, con pendientes de 15 a 25%.<sup>38</sup>

### **6.2.4 HIDROGRAFIA**

Por el costado Norte para luego incorporarse al municipio el Río Subachoque es la fuente de suministro de agua en el municipio para sus diversas actividades. Esta arteria fluvial recorre el municipio de norte a Sur, pasando por el centro de su casco urbano, recibe aportes en el área del municipio de las quebradas El Corzo y de la chucua el Riachuelo, la cual a su vez sirve de desagüe a la laguna de la Luisiana y a la ciénaga de Colón.

Por su costado Sur Occidental el Río Bojacá siendo fuente de suministro de agua para el Municipio de Bojacá y constituyéndose como el sistema que le da vía al Distrito de Riego de la Ramada Bojacá que alimenta todo el sector sur de cultivos del Municipio<sup>39</sup>.

### **6.2.5 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La zona de estudio se encuentra ubicada entre la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid-Cundinamarca. Allí se encuentran ubicadas entre otras cosas:

---

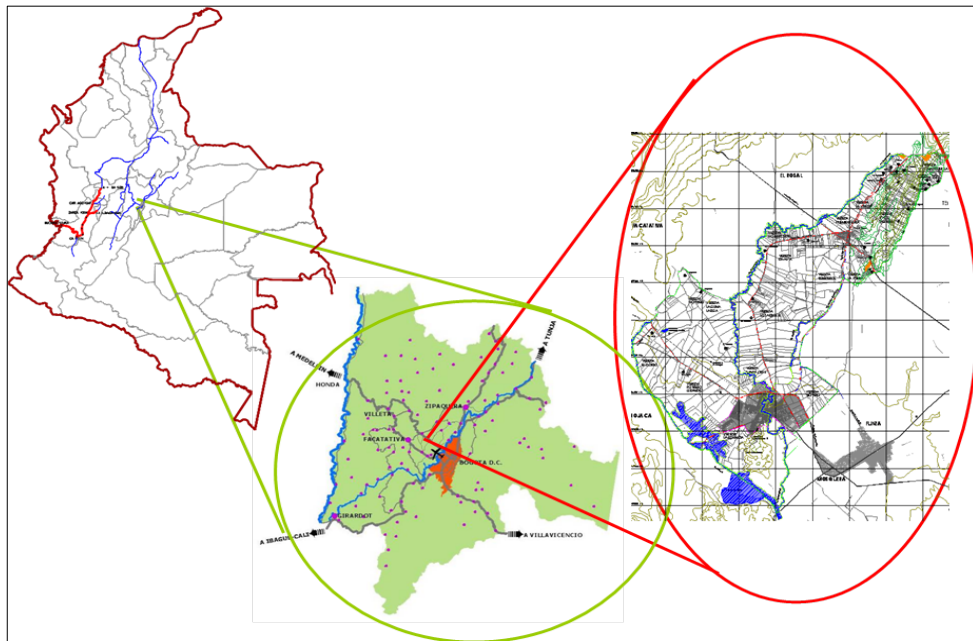
<sup>37</sup> MADRID-CUNDINAMARCA, [ONLINE] Plan de desarrollo de Madrid, (2008), Clima, pág., 25.

<sup>38</sup> MADRID-CUNDINAMARCA, [ONLINE] Plan de desarrollo de Madrid, (2008), topografía y geomorfología, pág., 26

<sup>39</sup> MADRID-CUNDINAMARCA, [ONLINE] Plan de desarrollo de Madrid, (2008), hidrología, pág., 28.

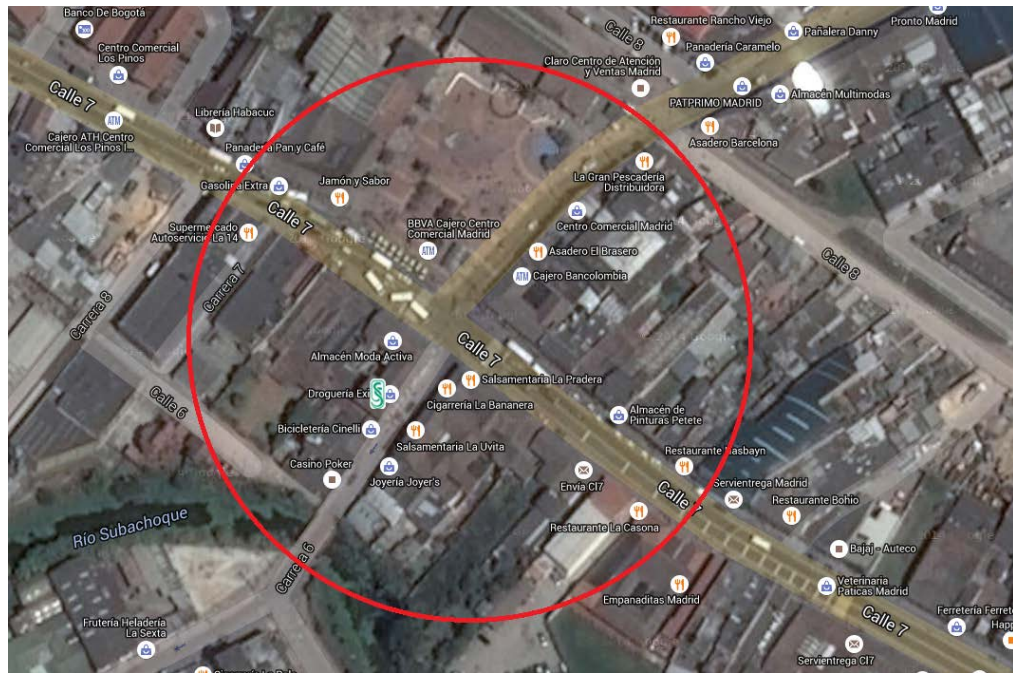
- Plazoleta Alfonso López,
- Casa de la Cultura,
- Centro Comercial Madrid
- Monumento de la piedra de los Varados que es patrimonio cultural del municipio.
- Banco Bancolombia

Imagen 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio. Madrid, Cundinamarca.



Fuente: ONLINE: /www.madrid-cundinamarca.gov.co/madrid\_en\_cundinamarca\_y\_colombia.png

Imagen 2. Mapa de la zona de estudio. Madrid, Cundinamarca.



Fuente: ONLINE: /www.google.com/maps/madrid/Cundinamarca.

### 6.3 MARCO HISTORICO

Desde la antigüedad, la construcción de vías de comunicación ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos<sup>40</sup>.

Primero se inventó la rueda, y con ese invento, ya llegaron a diseñar posibles automóviles, para la movilización y transporte del hombre en épocas primitivas. El hombre siempre le ha tocado desplazarse para conseguir lo que quiere o lo que necesita, algunas veces le tocaba distancias muy largas y que gastaban mucho tiempo, por lo que el hombre se las arregló para hacer sus tiempos de recorrido más cortos y beneficiosos.

<sup>40</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 14 septiembre 2015), Cap. 1, pág. 16. Available from [https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)



Con el paso de los años el hombre invento el automóvil, un invento fascinante para el mundo, por lo que representaba, en ese momento mayor velocidad de recorrido, eficiencia, y confort a la mano. Pero con la llegada del automóvil se necesitaba de carreteras, por donde andarán los vehículos, fue así que se empezaron a construir caminos que garantizaran la buena transición de los vehículos eficazmente.

Sobre el tercer milenio a.C., las civilizaciones de Egipto, Mesopotamia y del Valle del Indo desarrollaron caminos, primero para el uso de sus bestias de carga y más tarde para el tránsito de vehículos rodados. Algunos eran de importancia similar a las actuales carreteras, como el construido en el Valle del Nilo por los egipcios, una verdadera carretera con firme artificial de 18 metros de anchura, utilizada para el transporte de los grandes bloques de piedra con que se construyeron las pirámides de los faraones Keops, Kefren y Mikerinos<sup>41</sup>.

El crecimiento de las civilizaciones cada día se hacía más grande por lo que en esa época varias civilizaciones trataban de hacer sus caminos con un objetivo, mientras que las carreteras egipcias tenían probablemente un carácter funerario, las mesopotámicas poseían un marcado carácter comercial<sup>42</sup>.

Para ir mas haya, la civilización romana se caracterizó por ser una de las más grandes constructoras de caminos en el mundo antiguo, que construyeron redes de comunicación y eficientes, que aún hoy en día se siguen conservando.

Luego ya de varios años el ingeniero escocés John Loudon McAdam se dedicó a estudiar métodos de mejora de carreteras, consiguiendo construir caminos capaces de soportar tránsito rodado relativamente rápido. McAdam concebía la calzada como un colchón de reparto de las cargas de tráfico, y mantenía que un terreno bien drenado soportaría cualquier carga<sup>43</sup>.

---

<sup>41</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 14 septiembre 2015), Cap. 1, pág. 18. Available from [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

<sup>42</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 14 septiembre 2015), Cap. 1, pág. 21. Available from [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

<sup>43</sup> BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras [online] Valencia España (citado 14 septiembre 2015), Cap. 1, pág. 20. Available from

La movilidad a lo largo de los años se ha venido modificando, teniendo en cuenta varios factores que la identifica. Debido a esto si hablamos de movilidad, tendríamos que referirnos a diseño de vías, manejo de tránsito, control de peatones, giros, avances, pares, etc.

A nivel mundial la movilidad es reconocida como uno de los ejes primarios de cada ciudad, ha sido una necesidad por muchos años, debido a que en las grandes ciudades, se concentra mucha población ha supuesto la necesidad de dotación de un transporte colectivo eficiente para el desarrollo de la vida cotidiana<sup>44</sup>.

En Colombia el paso de los años ha sido frenético, en sus comienzos su medio de transporte más utilizado era el marítimo, y ya después con la constitución de la capital se buscaba una nueva forma de transporte hacia el interior del país, así que apareció la industria de los ferrocarriles, como conector entre los puertos y el centro del país. Su principal objetivo era el transporte de carga, para abastecer a la población. Ya con la llegada del tranvía a la capital el transporte se volvió más eficiente y de mucho mayor desarrollo sostenible para la ciudad.

La movilidad se volvió un tema frecuente con el pasar de los años, debido a que la población fue creciendo con mayor intensidad, fue poblando al país más y más, y ciudades como Bogotá hoy en día no dan abasto con la movilidad, de tantas personas a diario. En el año de 1998 bajo la administración de Peñalosa se crea un sistema de transporte masivo Transmilenio, pero al igual que los anteriores alcaldes también veía como solución la creación del metro y la creación de un sistema Férreo que tuviera como eje central la utilización del bus, de estos tres proyectos logro que Transmilenio iniciara, ayudando a que se pudieran movilizar un mayor número de personas que veían como único medio de transporte el bus; pero no mejoro la movilidad de la ciudad y si desgastando las vías de la ciudad<sup>45</sup>.

Por otra parte, Históricamente Madrid Cundinamarca, ha tenido varias obras a lo largo de su creación, la obra arquitectónica más importante hecha en la época de la Colonia es el Puente sobre el río Serrezuela, llamado PUENTE DE LOS ESPAÑOLES, construido en 1782 por el arquitecto DOMINGO ESQUIAQUI, sobre

---

[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/\\_luis-bac3b1on-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/_luis-bac3b1on-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)

<sup>44</sup> Disponible en internet <

[/www.monografias.com/trabajos13/transpor/transpor.shtml#ixzz3IRcJlc6R](http://www.monografias.com/trabajos13/transpor/transpor.shtml#ixzz3IRcJlc6R).

<sup>45</sup> Disponible en internet < [//www.las2orillas.co/historia-de-la-movilidad-en-bogota/](http://www.las2orillas.co/historia-de-la-movilidad-en-bogota/). >

el camino de occidente, que todavía está en servicio y se utiliza para el tránsito vehicular<sup>46</sup>.

En muchos aspectos entre ellos el de la movilidad, hace un par de años sufrió varios problemas de movilidad, debido a que solamente tenía una vía principal que atravesaba el casco urbano para dar paso a vehículos de carga que se transportaban hacia otros municipios aledaños o hacia Bogotá. Al ver los constantes congestionamientos en su vía principal, el departamento de Cundinamarca se encargó de diseñar un sistema de vías alternativas, para desabastecer un poco la carga vehicular dentro de los pueblos, llamadas variantes, esto le vino muy bien al municipio porque básicamente garantizó una vía más descongestionada y de libre acceso.

Pero hoy en día con el crecimiento poblacional, producidos por la creación de viviendas a muy bajo costo, y el traslado de varias empresas multinacionales ha ocasionado que muchas personas se trasladen al municipio, con la compra de viviendas, debido a la cercanía a su lugar de trabajo lo que ha evidenciado una expansión significativa en Madrid. Además de otros factores que han ayudado a que la demanda de vehículos, motocicletas y demás, aumente perjudicando el buen funcionamiento de la vía ocasionando congestionamientos y tráfico lento.

Otro suceso importante ha sido la remodelación del paso peatonal subterráneo ubicado sobre la calle séptima por carrera sexta que antes de su remodelación era un lugar intransitable, debido a los malos olores y la inseguridad a cualquier hora, lo que provocaba que la gente no lo utilizara para poder realizar los cruces por la intersección sin peligro. Ya con la remodelación que se terminó y entregada al municipio a principios del año 2014, a la población se le brindó la oportunidad de cruzar la intersección utilizando este paso peatonal, pero este objetivo no se ha cumplido en su totalidad, provocado por la falta de cultura ciudadana por parte de los peatones y el desacostumbre de haberlo utilizado.

---

<sup>46</sup> MADRID-CUNDINAMARCA, [ONLINE] Plan de desarrollo de Madrid, (2008), historia de la antigua Serrezuela, pág., 13.

## 6.4 MARCO LEGAL

### MOVILIDAD EN COLOMBIA

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991. Artículo 24.	"Todo colombiano tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, pero está sujeto a la intervención y reglamentación de las autoridades para garantía de la seguridad y comodidad de los habitantes, especialmente de los peatones y de los discapacitados físicos y mentales, para la preservación de un ambiente sano y la protección del uso común del espacio público".
---	---

<p>DECRETO 190 DE 2004.Artículos 18 y 19.</p>	<p>El Sistema de Movilidad, es un componente de la estructura funcional y de servicios, e integra de manera jerarquizada e interdependiente los modos de transporte de personas y carga con los diferentes tipos de vías y espacios públicos de la ciudad y el territorio rural.</p>
<p>LEY 1083 DE JULIO 31 DE 2006</p>	<p>Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones.</p>
<p>Movilidad sostenible en Distritos y Municipios con Planes de Ordenamiento Territorial. Artículo 1</p>	<p>Con el fin de dar prelación a la movilización en modos alternativos de transporte, entendiendo por estos el desplazamiento peatonal, en bicicleta o en otros medios no contaminantes, así como los sistemas de transporte público que funcionen con combustibles limpios, los municipios y distritos que deben adoptar Planes de Ordenamiento Territorial en los términos del literal a) del artículo 9º de la Ley 388 de 1997, formularán y adoptarán Planes de Movilidad según los parámetros de que trata la presente ley.</p>
<p>Movilidad sostenible en Distritos y Municipios con Planes de Ordenamiento Territorial. Artículo 2</p>	<p>Los Alcaldes de los municipios y distritos de que trata el artículo anterior tendrán un plazo de dos (2) años contados a partir de la promulgación de la presente ley, para adoptar mediante Decreto los Planes de Movilidad en concordancia con el nivel de prevalencia de las normas del respectivo Plan de Ordenamiento Territorial.</p>
	<p>a) Identificar los componentes relacionados con la movilidad, incluidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, tales como los sistemas de transporte público, la estructura vial, red de ciclo rutas, la circulación</p>

	<p>peatonal y otros modos alternativos de transporte;</p> <p>b) Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana propuesta en el Plan de Ordenamiento Territorial. En especial, se debe diseñar una red peatonal y de ciclo rutas que complemente el sistema de transporte, y articule las zonas de producción, los equipamientos urbanos, las zonas de recreación y las zonas residenciales de la ciudad propuesta en el Plan de Ordenamiento Territorial.</p> <p>c) Reorganizar las rutas de transporte público y tráfico sobre ejes viales que permitan incrementar la movilidad y bajar los niveles de contaminación.</p> <p>d) Crear zonas sin tráfico vehicular, las cuales serán áreas del territorio distrital o municipal, a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta, o en otros medios no contaminantes. Para dar cumplimiento a lo anterior, podrán habilitar vías ya existentes para el tránsito en los referidos modos alternativos de transporte, siempre y cuando se haga respetando las condiciones de seguridad en el tránsito de peatones y ciclistas.</p>
<p>Movilidad sostenible en Distritos y Municipios con Planes de Ordenamiento Territorial. Artículo 3</p>	<p>Con el fin de garantizar la accesibilidad de todas las personas a las redes de movilidad y transitar por las mismas en condiciones adecuadas, en especial a las niñas, niños y personas que presenten algún tipo de discapacidad, las vías públicas que se construyan al interior del perímetro urbano a partir de la vigencia de esta ley, deben contemplar la construcción de la totalidad de los elementos del perfil</p>

	vial, en especial, las calzadas, los separadores, los andenes, los sardineles, las zonas verdes y demás elementos que lo conforman, según lo establezca el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio o distrito y el Plan de Movilidad Propuesto.
LEY 1682 DE NOVIEMBRE 22 DE 2013	"Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias".
LEY 1682 DE NOVIEMBRE 22 DE 2013. Artículo 3.	La infraestructura del transporte es un sistema de movilidad integrado por un conjunto de bienes tangibles, intangibles y aquellos que se encuentren relacionados con este, el cual está bajo la vigilancia y control del Estado, y se organiza de manera estable para permitir el traslado de las personas, los bienes y los servicios, el acceso y la integración de las diferentes zonas del país y que propende por el crecimiento, competitividad y mejora de la calidad de la vida de los ciudadanos.
LEY 1682 DE NOVIEMBRE 22 DE 2013. Artículo 3.	<i>Características de la infraestructura de transporte.</i> La infraestructura de transporte como sistema se caracteriza por ser inteligente, eficiente, multimodal, segura, de acceso a todas las personas y carga, ambientalmente sostenible, adaptada al cambio climático y vulnerabilidad, con acciones de mitigación y está destinada a facilitar y hacer posible el transporte en todos sus modos.
CÓDIGO DE TRÁNSITO DE COLOMBIA Artículo 55.	Comportamiento del conductor, pasajero o peatón. Toda persona que tome parte en el tránsito como conductor, pasajero o peatón, debe comportarse en forma que no obstaculice, perjudique o ponga en

	riesgo a las demás y debe conocer y cumplir las normas y señales de tránsito que le sean aplicables, así como obedecer las indicaciones que les den las autoridades de tránsito.
CÓDIGO DE TRÁNSITO DE COLOMBIA Artículo 56.	Obligatoriedad de enseñanza. Se establecerá como obligación en la educación Preescolar, Básica Primaria, Básica Secundaria y Medía Vocacional, impartir los cursos de tránsito y seguridad vial previamente diseñados por el Gobierno Nacional.
CÓDIGO DE TRÁNSITO DE COLOMBIA Artículo 91.	De los paraderos. Todo conductor de servicio público o particular debe recoger o dejar pasajeros en los sitios permitidos y al costado derecho de la vía, salvo en paraderos especiales de vías troncales que sean diseñadas y operadas con destinación exclusiva al transporte público masivo.
CÓDIGO DE TRÁNSITO DE COLOMBIA Artículo 109.	De la obligatoriedad. Todos los usuarios de la vía están obligados a obedecer las señales de tránsito de acuerdo con lo previsto en el artículo 5°, de este código.
CÓDIGO DE TRÁNSITO DE COLOMBIA Artículo 109. Clasificación de semáforos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semáforos para control de vehículos.</li> <li>• Semáforos para peatones.</li> <li>• Semáforos especiales.</li> <li>• Semáforos de aproximación a cruces de transporte masivo, trenes y guardarrieles.</li> <li>• Semáforos direccionales, intermitentes y otros.</li> </ul>





## **7. DISEÑO METODOLOGICO**

### **7.1 ENFOQUE METODOLOGICO**

El proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que por medio de eventos descriptivos, se obtuvo información de la problemática presente en la zona de estudio. El enfoque explicativo, nos brinda la estructura del estudio y las razones que sostienen el hacer el estudio y por qué sería bueno hacerlo. Para finalizar usamos el enfoque evaluativo, que garantiza la modelación de la zona de estudio analizando alternativas de solución a la movilidad por la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

### **7.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En el desarrollo del proyecto de investigación, se usa el método descriptivo, donde su principal función es identificar, para determinar las condiciones reales de la movilidad encontradas dentro de la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca. Para ello se deben clasificar los tipos de problemática, infraestructura, señalización vial y elementos que contribuyen al problema.

Lo que determinaremos en el campo son las variables importantes que están afectando la movilidad por este sector, y para ello usamos el enfoque explicativo debido a que necesitamos un soporte estructural a la investigación, mediante una serie de pasos organizada que busca las alternativas de solución de movilidad en la intersección.

En el diseño metodológico involucramos el enfoque evaluativo como forma de probar las alternativas de solución y en su defecto el cumplimiento del objetivo que es la modelación y mejoramiento de la movilidad por la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

### 7.3 FASES DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolló mediante tres fases estructuradas con el fin de llegar al objetivo planteado anteriormente, que se relacionan a continuación: calculo

<b>FASE 1 TOMA DE DATOS DE CAMPO</b>	
<b>NO.</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
1	Recopilación de información histórica por medio de visitas a la alcaldía municipal de Madrid, secretaria de movilidad y urbanismo, y la gobernación de Cundinamarca, secretaria de movilidad.
1	Identificación de la problemática por medio de fotos y videos de la zona de estudio.
2	Medición de aforos vehiculares, reconociendo las clases de vehículos que transitan por el sector.
3	Medición de aforos peatonales que usan la infraestructura existente y los que no la usan.
4	Medición de tiempos de espera en los vehículos de servicio público presentes en la zona de estudio.
5	Levantamiento de la intersección para identificar la infraestructura vial y peatonal actual de la zona
6	Determinación de la normativa que regula el proyecto de investigación.
<b>FASE 2 ANALISIS DE DATOS</b>	
<b>NO.</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
1	Cálculo de volúmenes vehiculares presentes en la zona de estudio.
2	Cálculo de volúmenes peatonales, haciendo énfasis en que personas usan el paso peatonal subterráneo o usan la intersección como forma de cruce.
3	Cálculo del congestionamiento y tiempo de espera en cola vehicular dentro de la zona de estudio
4	Cálculo de capacidades y niveles de servicio, vehiculares y peatonales de cada vía que conforman la intersección, en este caso la carrera séptima por calle sexta.
<b>FASE 3 RESULTADOS</b>	
<b>NO.</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
1	Análisis de los aforos vehiculares para luego representarlo con gráficas.
2	Modelación en software especializado.
3	Formulación de alternativas de solución a través de modelación de software especializado.

## **7.4 INSTRUMENTOS**

Para crear una retroalimentación de manera formal se diseñó una entrevista para una muestra de habitantes de Madrid, que transitan a diario por este sector manifestando su inconformidad acerca del manejo de este punto por parte de las autoridades competentes del municipio de Madrid Cundinamarca.

Por otro lado también se contó con un diseño de encuesta “origen-destino”, para conductores que transitan por la calle séptima por carrera sexta, con el fin de determinar el uso de la intersección.

### **7.4.1 ENTREVISTA**

Se desarrolló con 20 personas que transitan por la zona de estudio a diario, ellos nos contaron las diferentes inconformidades con este punto. La entrevista se basó en una conversación informal para obtener información básica de los sucesos claves, que hacen parte de los factores que contribuyen al problema de la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

### **7.4.2 ENCUESTA**

Se desarrolló como instrumento de investigación, acerca del origen y destino que tienen los conductores de vehículos livianos y pesados que transitan por la zona de estudio. La encuesta consta de 6 preguntas claves que indican el punto de inicio de cada conductor, y el destino que tenían programado en el viaje; además se verificó si tenían una parada intermedia a lo largo del trayecto programado.

Esta encuesta se realizó como método de indagación del porque usan los conductores la carrera séptima por calle sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca, y analizar como alternativa de solución a la movilidad de este sector. (Ver anexo 1).

## 8. ANALISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta la información obtenida de la zona de estudio, se presenta un análisis puntual para cada uno de los aspectos desarrollados durante la investigación teniendo en cuenta las fases de ejecución y los instrumentos implementados y así presentar el proceso en base al enfoque cuantitativo, explicativo y evaluativo del proyecto de investigación.

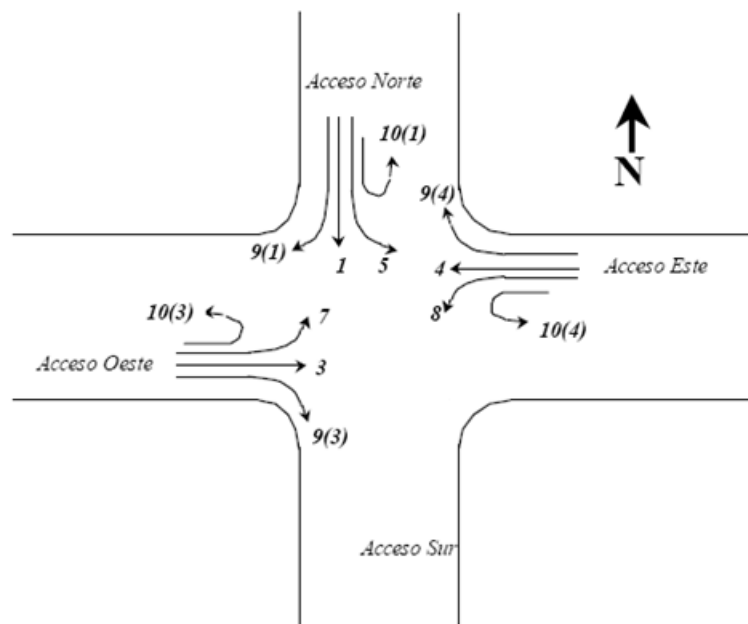
### 8.1 ANÁLISIS DE DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante el desarrollo del proyecto se realizó un aforo para obtener el volumen vehicular que transita por la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid, Cundinamarca. A continuación se presenta el análisis del volumen vehicular:

#### 8.1.2 ANALISIS DE VOLUMEN VEHICULAR

Se realizó el análisis de los volúmenes vehiculares, para determinar los tipos de movimientos que ejecutan los vehículos en la intersección de estudio.

Imagen 3. Movimientos de la intersección de estudio.

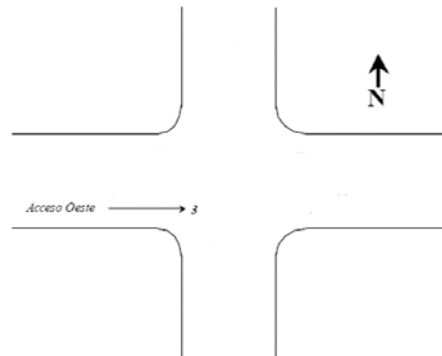


Fuente: Manual STT - 1998

A continuación se describe el volumen vehicular por tipo de movimiento que se presenta en la intersección de estudio:

### 8.1.2.1. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 3

Imagen 4. Movimiento 3.



Fuente: Garzón 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 4 se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 4. Volumen vehicular del movimiento 3 de la intersección de estudio

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO: 3	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	130	36	20	10	1	0	0	31	62	68	327		
04:15 - 04:30	128	34	24	12	2	0	0	38	60	65	325		
04:30 - 04:45	126	34	22	13	3	0	0	38	61	57	316		
04:45 - 05:00	128	35	25	12	2	0	0	39	62	68	332	1300	51,42%
05:00 - 05:15	127	34	24	13	4	0	0	41	64	42	308	1281	
05:15 - 05:30	129	36	20	10	2	0	0	32	61	49	307	1263	
05:30 - 05:45	129	33	24	12	3	0	0	39	58	42	301	1248	
05:45 - 06:00	127	38	22	13	4	0	0	39	60	48	312	1228	48,58%
<b>Volumen 2h</b>	1024	280	181	95	21	0	0	297	488	439	2528	6320	100,0%
<b>Composición</b>	40,51%	11,08%	7,16%	3,76%	0,83%	0,00%	0,00%	11,75%	19,30%	17,37%	100%		
<b>(04:00-05:00)</b>	512	139	91	50	11	0	0	146	245	258	1300	FHP=	VOLUMEN MAX
<b>Composición</b>	39,4%	10,7%	7,0%	3,8%	0,8%	0,0%	0,0%	11,2%	18,8%	19,8%	100%	0,98	1300
<b>(05:00-06:00)</b>	512	141	90	50	11	0	0	151	243	181	1228	FHP=	VOLUMEN MIN.
<b>Composición</b>	41,7%	11,5%	7,3%	4,1%	0,9%	0,0%	0,0%	12,3%	19,8%	14,7%	100%	0,98	1228

Fuente: Garzón, 2015

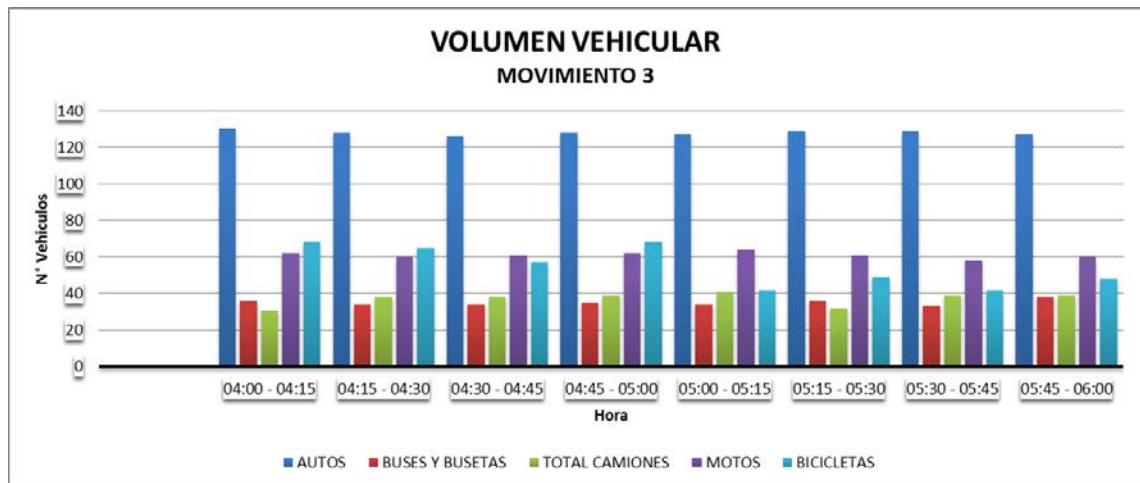
De la Tabla 4. Volumen vehicular del movimiento 3 de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 2528 vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 3 entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

El factor de hora pico máximo fue de 0,98 con un volumen de 1300 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,98 con un volumen de 1228 vehículos comprendido entre las 05:00 pm y 06:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y motocicletas.

En la gráfica 3 se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 3 de la intersección.

Gráfica 3. Volumen vehicular del movimiento 3 de la intersección de estudio



Fuente: Garzón, 2015

Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 40,51% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 1024 automóviles que transitaron por la calle 7 en sentido occidente-oriente.

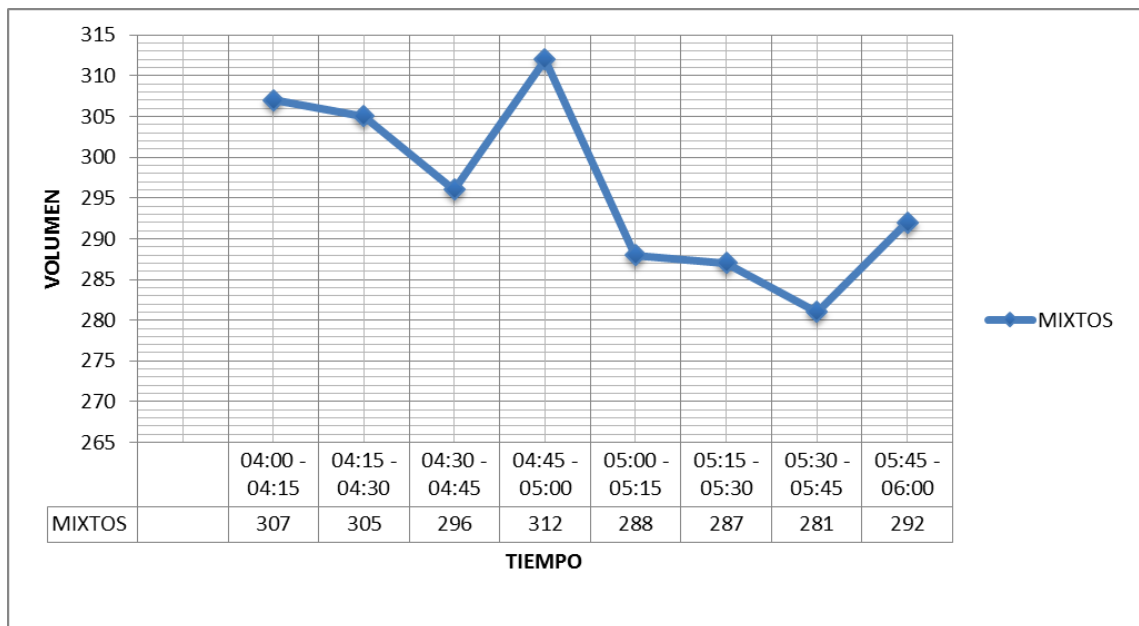
El tránsito de vehículos de tipo motocicleta es constante durante las dos horas del aforo tomado, presentando un volumen de 488 motos con un porcentaje de 19,3%

del total de mixtos y con promedio de 61 motos que circulan cada 15 minutos por la intersección en este movimiento.

Las bicicletas presentan una circulación casi decreciente en el intervalo de tiempo analizado, presentando valores mayores entre las 04:00 pm y 05:00 pm. Con un volumen de 439 bicicletas que representan el 17,37% del total de vehículos. Circulando aproximadamente 65 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 05:00 pm; y 46 bicicletas cada 15 minutos entre las 05:00 pm y 06:00 pm.

En la gráfica 4 se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 4. Variación horaria del movimiento 3 de la intersección de estudio



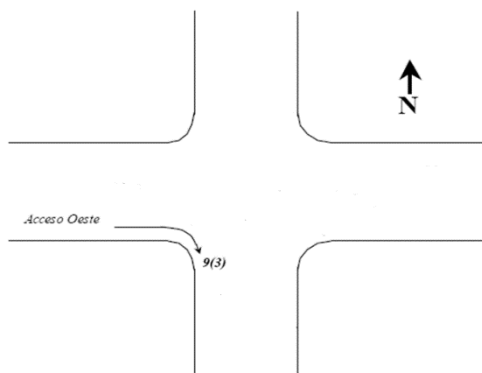
Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:45 pm y 05:00 pm. Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 05:30 pm y 05:45 pm; con 312 y 281 vehículos respectivamente.

### 8.1.2.2. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 9(3)

Imagen 5. Movimiento 9(3)





Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 5 se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 5. Volumen vehicular del movimiento 9(3) de la intersección de estudio

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO 9(3)	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	68	5	2	0	0	0	0	2	8	15	98		
04:15 - 04:30	68	3	1	0	0	0	0	1	6	12	90		
04:30 - 04:45	69	4	3	0	0	0	0	3	5	16	97		
04:45 - 05:00	65	6	1	0	0	0	0	1	9	15	96	381	
05:00 - 05:15	65	2	1	0	0	0	0	1	6	14	88	371	
05:15 - 05:30	66	3	3	0	0	0	0	3	6	16	94	375	
05:30 - 05:45	58	4	2	0	0	0	0	2	9	14	87	365	
05:45 - 06:00	68	3	2	0	0	0	0	2	8	11	92	361	
<b>Volumen 2h</b>	<b>527</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>57</b>	<b>113</b>	<b>742</b>	<b>1853</b>	<b>100,0%</b>
<b>Composición</b>	<b>71,02%</b>	<b>4,04%</b>	<b>2,02%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>2,02%</b>	<b>7,68%</b>	<b>15,23%</b>	<b>100%</b>		
<b>(04:00-05:00)</b>	<b>270</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>58</b>	<b>381</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MAX</b>
<b>Composición</b>	<b>70,9%</b>	<b>4,7%</b>	<b>1,8%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>1,8%</b>	<b>7,3%</b>	<b>15,2%</b>	<b>100%</b>	<b>0,992</b>	<b>381</b>
<b>(05:00-06:00)</b>	<b>257</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>29</b>	<b>55</b>	<b>361</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MIN.</b>
<b>Composición</b>	<b>71,2%</b>	<b>3,3%</b>	<b>2,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>2,2%</b>	<b>8,0%</b>	<b>15,2%</b>	<b>100%</b>	<b>0,940</b>	<b>361</b>

Fuente: Garzón, 2015

De la Tabla 5. Volumen vehicular del movimiento 9(3) de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 742

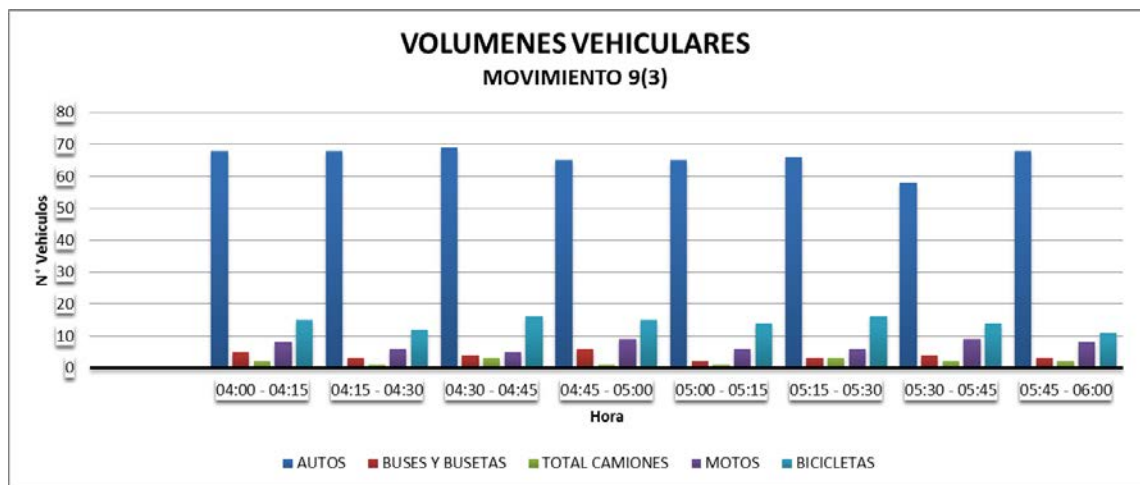
vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 9(3) entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

El factor de hora pico máximo fue de 0,992 con un volumen de 381 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,94 con un volumen de 361 vehículos comprendido entre las 05:00 pm y 06:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil, motocicletas y bicicletas.

En la gráfica 5, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 9(3) de la intersección.

Gráfica 5. Volumen vehicular del movimiento 9(3) de la intersección de estudio



Fuente: Garzón, 2015

Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 71,02% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 527 automóviles que transitaron por la calle 7 en sentido occidente-oriente girando hacia la derecha.

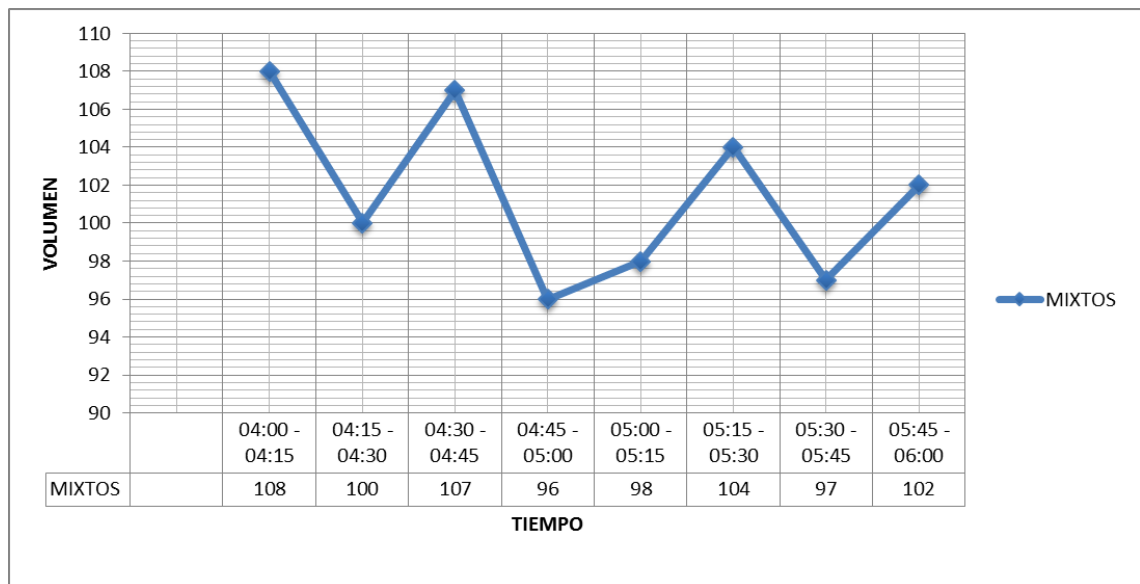
El tránsito de vehículos de tipo motocicleta es constante en la primera hora del aforo tomado (04:00 pm a 5:00 pm), presentando un volumen de 28 motos con un porcentaje de 7,3% del total de mixtos y decreciendo de 05:00 pm a 06:00 pm.

Las bicicletas presentan una circulación constante en el intervalo de tiempo analizado, presentando valores mayores entre las 04:00 pm y 05:00 pm. Con un volumen de 113 bicicletas que representan el 15,23% del total de vehículos.

Circulando aproximadamente 14 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la gráfica 6, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 6. Variación horaria del movimiento 9(3) de la intersección de estudio.

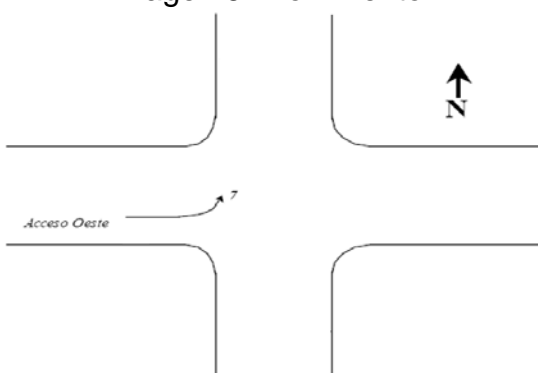


Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:00 pm y 04:15 pm. Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 04:45 pm y 05:00 pm; con 108 y 96 vehículos respectivamente.

### 8.1.2.3. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 7

Imagen 6. Movimiento 7



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 6, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 6. Volumen vehicular del movimiento 7 de la intersección de estudio

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>													MOVIMIENTO 7	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>														
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>														
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>														
Supervisor: <u>-----</u>														
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA	
			C2	C3	C4	C5	>C5							
04:00 - 04:15	72	13	6	3	1	0	0	10	23	25	143			
04:15 - 04:30	76	16	4	4	0	0	0	8	21	22	143			
04:30 - 04:45	74	12	5	3	2	0	0	10	21	23	140			
04:45 - 05:00	77	15	4	2	0	0	0	6	22	22	142	568	49,87%	
05:00 - 05:15	75	14	6	3	0	0	0	9	24	22	144	569		
05:15 - 05:30	76	15	6	4	2	0	0	12	21	24	148	574		
05:30 - 05:45	76	14	8	3	2	0	0	13	18	26	147	581		
05:45 - 06:00	71	11	4	3	1	0	0	8	20	22	132	571	50,13%	
<b>Volumen 2h</b>	597	110	43	25	8	0	0	76	170	186	1139	2863	100,0%	
<b>Composición</b>	52,41%	9,66%	3,78%	2,19%	0,70%	0,00%	0,00%	6,67%	14,93%	16,33%	100%			
<b>(04:45-05:45)</b>	304	58	24	12	4	0	0	40	85	94	581	FHP=	VOLUMEN MAX.	
	52,3%	10,0%	4,1%	2,1%	0,7%	0,0%	0,0%	6,9%	14,6%	16,2%	100%	0,981	581	
<b>(04:00-05:00)</b>	299	56	19	12	3	0	0	34	87	92	568	FHP=	VOLUMEN MIN.	
	52,6%	9,9%	3,3%	2,1%	0,5%	0,0%	0,0%	6,0%	15,3%	16,2%	100%	0,993	568	

Fuente: Garzón, 2015

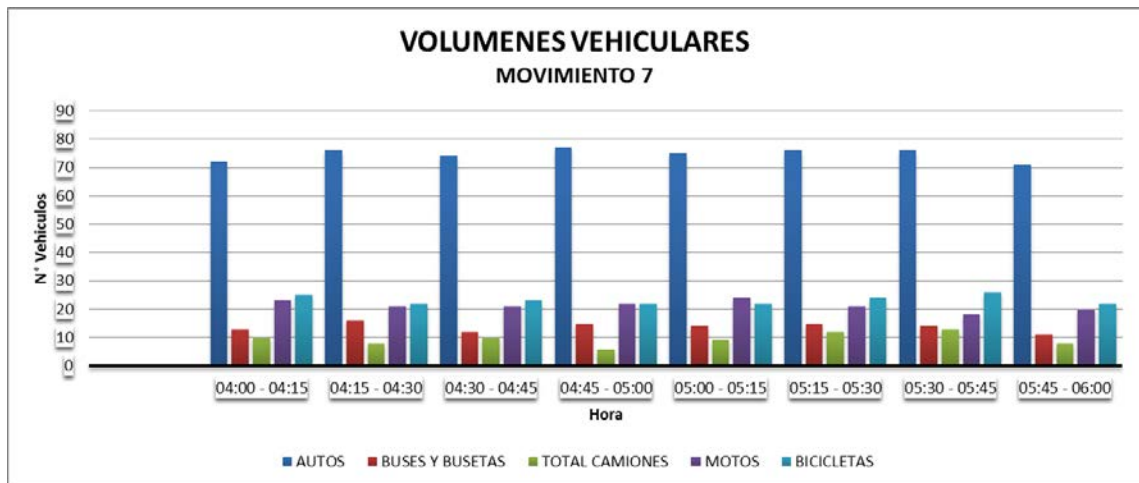
De la Tabla 6. Volumen vehicular del movimiento 7 de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 1139 vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 7 entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

El factor de hora pico máximo fue de 0,981 con un volumen de 581 vehículos comprendido entre las 04:45 pm y 05:45 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,94 con un volumen de 361 vehículos comprendido entre las 05:00 pm y 06:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil notoriamente.

En la gráfica 7, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 7 de la intersección.

Gráfica 7. Volumen vehicular del movimiento 7 de la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 52,41% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 597 automóviles que transitaban por la calle 7 en sentido occidente-oriente girando hacia la izquierda hacia el norte.

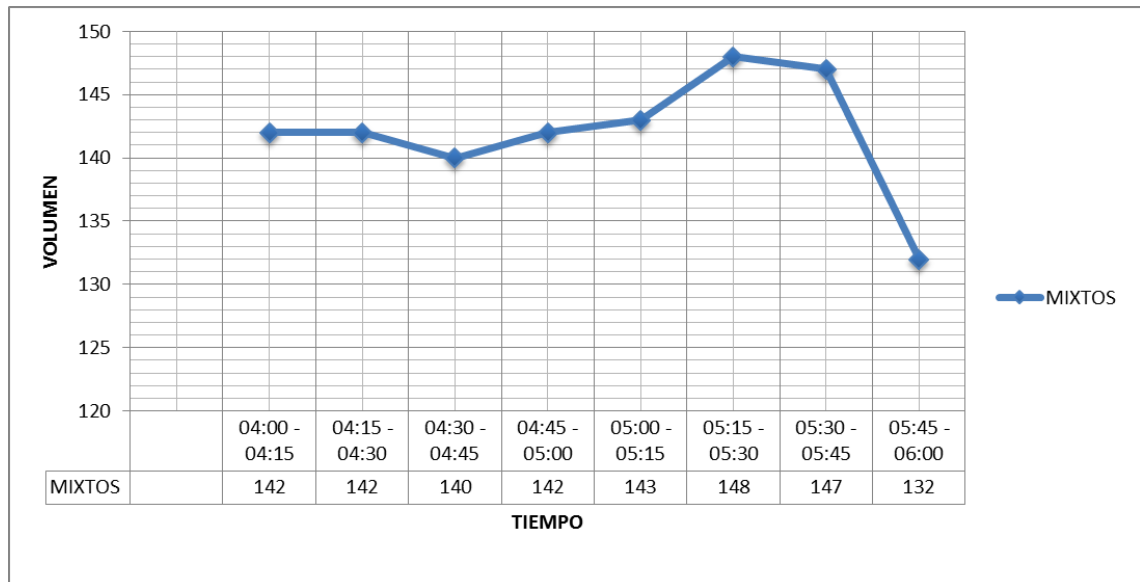
El tránsito de vehículos de tipo motocicleta es constante, presentando un volumen de 170 motos con un porcentaje de 14,93% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 22 motos cada 15 minutos.

Las bicicletas presentan una circulación continua en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 186 bicicletas que representan el 16,33% del total

de vehículos. Circulando aproximadamente 24 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la gráfica 8, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 8. Variación horaria del movimiento 7 de la intersección de estudio

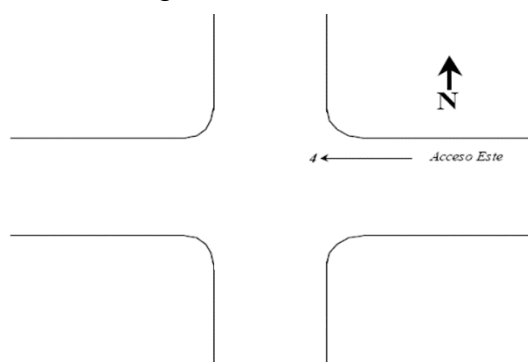


Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 05:15 pm y 05:30 pm. Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 05:45 pm y 06:00 pm; con 148 y 132 vehículos respectivamente.

#### 8.1.2.4. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 4

Imagen 7. Movimiento 4



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 8, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 7. Volumen vehicular del movimiento 4 de la intersección de estudio.

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO 4	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	145	54	28	19	4	0	0	51	86	78	414		
04:15 - 04:30	148	52	29	15	2	0	0	46	84	75	405		
04:30 - 04:45	142	58	28	16	1	0	0	45	84	67	396		
04:45 - 05:00	144	55	28	18	1	0	0	47	85	68	399	1614	
05:00 - 05:15	145	54	27	16	5	0	0	48	84	62	393	1593	
05:15 - 05:30	145	56	26	16	6	0	0	48	85	69	403	1591	
05:30 - 05:45	144	49	28	18	3	0	0	49	86	62	390	1585	
05:45 - 06:00	145	52	28	17	3	0	0	48	84	68	397	1583	
<b>Volumen 2h</b>	<b>1158</b>	<b>430</b>	<b>222</b>	<b>135</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>382</b>	<b>678</b>	<b>549</b>	<b>3197</b>	<b>7966</b>	<b>100,0%</b>
<b>Composición</b>	<b>36,22%</b>	<b>13,45%</b>	<b>6,94%</b>	<b>4,2%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>11,95%</b>	<b>21,21%</b>	<b>17,17%</b>	<b>100%</b>		
<b>(04:00-05:00)</b>	<b>579</b>	<b>219</b>	<b>113</b>	<b>65</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>189</b>	<b>339</b>	<b>288</b>	<b>1614</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MAX.</b>
<b>Composición</b>	<b>35,87%</b>	<b>13,57%</b>	<b>7,0%</b>	<b>4,0%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>11,71%</b>	<b>21,00%</b>	<b>17,84%</b>	<b>100%</b>	<b>0,975</b>	<b>1614</b>
<b>(05:00-06:00)</b>	<b>579</b>	<b>211</b>	<b>109</b>	<b>65</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>189</b>	<b>339</b>	<b>261</b>	<b>1583</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MIN.</b>
<b>Composición</b>	<b>36,6%</b>	<b>13,3%</b>	<b>6,9%</b>	<b>4,1%</b>	<b>0,9%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>11,9%</b>	<b>21,4%</b>	<b>16,5%</b>	<b>100%</b>	<b>0,982</b>	<b>1583</b>

Fuente: Garzón, 2015

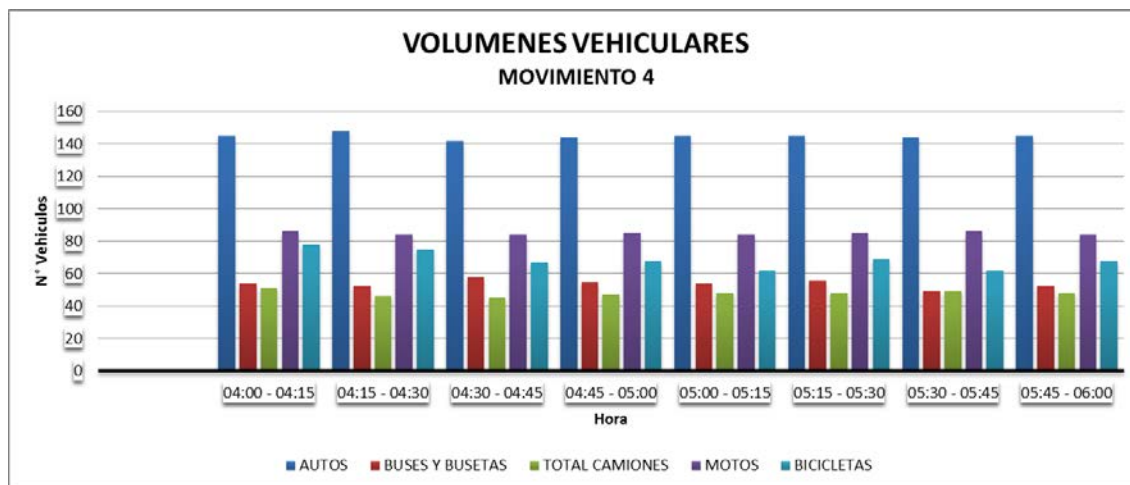
De la Tabla 7. Volumen vehicular del movimiento 4 de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 3197 vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 4 entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

El factor de hora pico máximo fue de 0,975 con un volumen de 1614 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y motocicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,982 con un volumen de 1583 vehículos comprendido entre las 05:00 pm y 06:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil notoriamente.

En la gráfica 9, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 4 de la intersección.

Gráfica 9. Volumen vehicular del movimiento 4 de la intersección de estudio



Fuente: Garzón, 2015

Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 36,22% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 1158 automóviles que transitaban por la calle 7 en sentido occidente-oriente.

El tránsito de vehículos de tipo motocicleta es constante, presentando un volumen de 678 motos con un porcentaje de 21,21% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 85 motos cada 15 minutos.

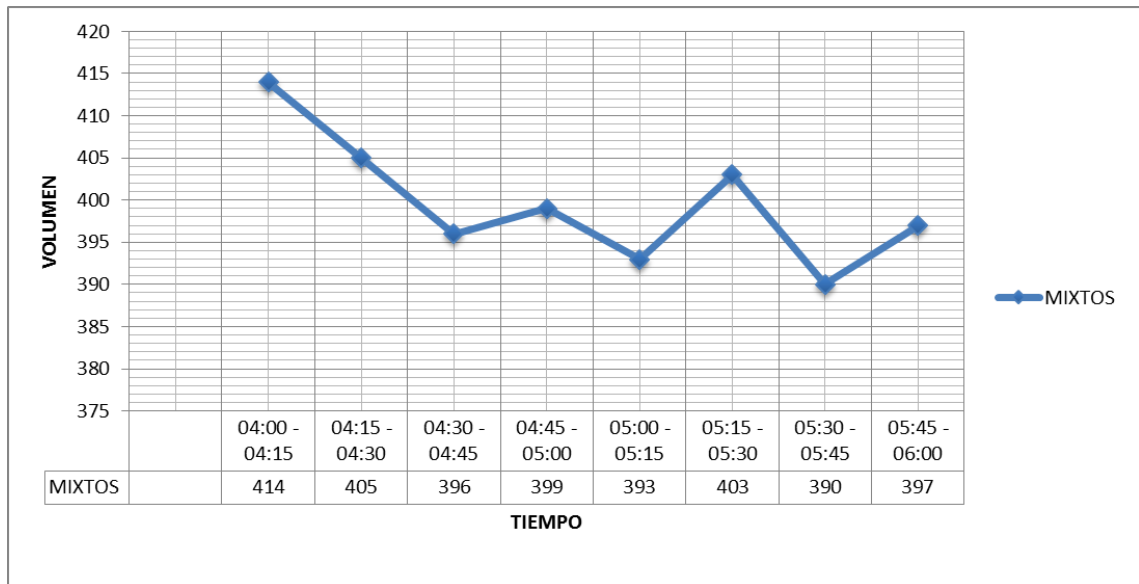
Las bicicletas presentan una circulación continua en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 549 bicicletas que representan el 17,17% del total



de vehículos. Circulando aproximadamente 69 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la gráfica 10, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 10. Variación horaria del movimiento 4 de la intersección de estudio

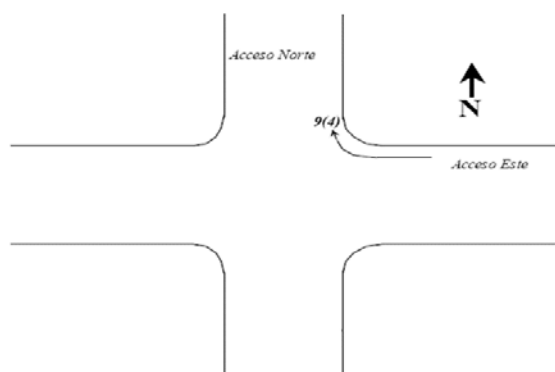


Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:00 pm y 04:15 pm. Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 05:30 pm y 05:45 pm; con 414 y 390 vehículos respectivamente.

### 8.1.2.5. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 9(4)

Imagen 8. Movimiento 9(4)



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 8, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 8. Volumen vehicular del movimiento 9(4) de la intersección de estudio.

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO 9(4)	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	52	22	12	4	0	0	0	16	35	52	177		
04:15 - 04:30	59	18	14	2	0	0	0	16	30	47	170		
04:30 - 04:45	48	17	12	2	0	0	0	14	34	50	163		
04:45 - 05:00	56	19	15	3	1	0	0	19	36	51	181	691	50,88%
05:00 - 05:15	52	20	14	1	0	0	0	15	30	50	167	681	
05:15 - 05:30	49	18	10	3	0	0	0	13	32	51	163	674	
05:30 - 05:45	49	18	14	3	1	0	0	18	31	48	164	675	
05:45 - 06:00	55	19	12	2	2	0	0	16	31	52	173	667	49,12%
<b>Volumen 2h</b>	<b>420</b>	<b>151</b>	<b>103</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>127</b>	<b>259</b>	<b>401</b>	<b>1358</b>	<b>3388</b>	<b>100,0%</b>
<b>Composición</b>	<b>30,93%</b>	<b>11,12%</b>	<b>7,58%</b>	<b>1,47%</b>	<b>0,29%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>9,35%</b>	<b>19,07%</b>	<b>29,53%</b>	<b>100%</b>		
<b>(04:00-05:00)</b>	<b>215</b>	<b>76</b>	<b>53</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>135</b>	<b>200</b>	<b>691</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MAX</b>
<b>Composición</b>	<b>31,1%</b>	<b>11,0%</b>	<b>7,7%</b>	<b>1,2%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>9,4%</b>	<b>19,5%</b>	<b>28,9%</b>	<b>100%</b>	<b>0,954</b>	<b>691</b>
<b>(05:00-06:00)</b>	<b>205</b>	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>124</b>	<b>201</b>	<b>667</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MIN.</b>
<b>Composición</b>	<b>30,7%</b>	<b>11,2%</b>	<b>7,5%</b>	<b>1,2%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>9,0%</b>	<b>18,6%</b>	<b>30,1%</b>	<b>100%</b>	<b>0,964</b>	<b>667</b>

Fuente: Garzón, 2015

De la Tabla 8. Volumen vehicular del movimiento 9(4) de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 1358 vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 9(4) entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

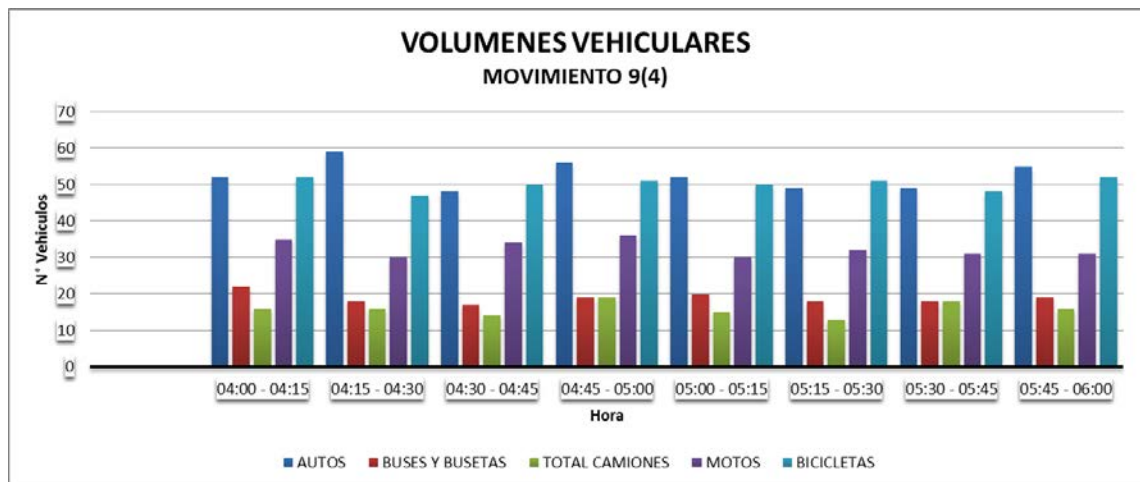
El factor de hora pico máximo fue de 0,954 con un volumen máximo de 691 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo

vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,964 con un volumen mínimo de 667 vehículos comprendido entre las 05:00 pm y 06:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento.

En la gráfica 11, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 4 de la intersección.

Gráfica 11. Volumen vehicular del movimiento 9(4) de la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

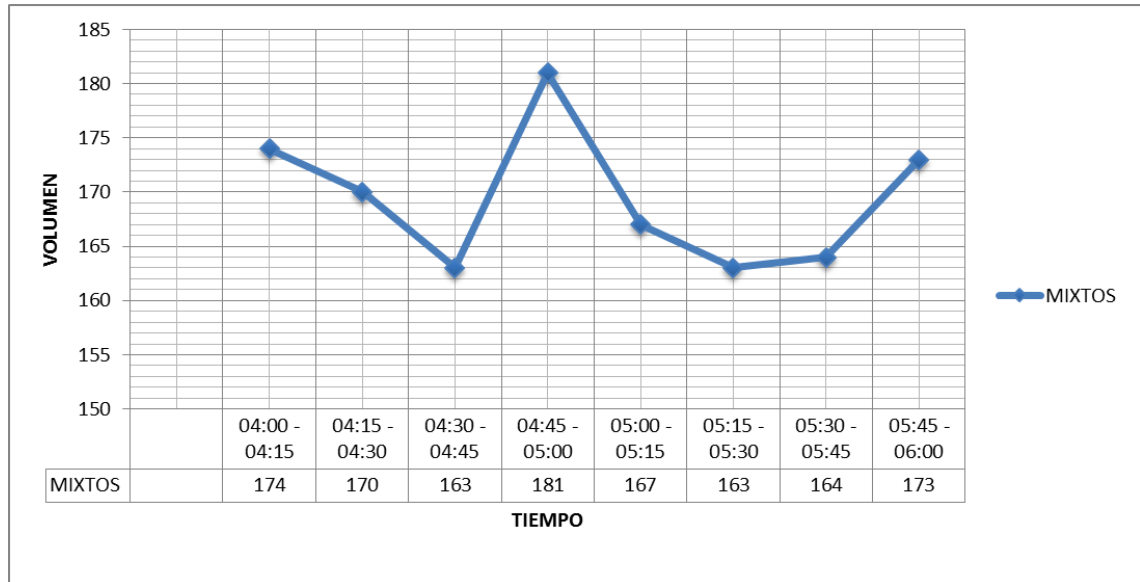
Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 30,93% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 420 automóviles que transitaron por la calle 7 en sentido oriente-occidente en este giro hacia el norte del municipio.

Las bicicletas presentan una circulación continua y notoriamente alta en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 401 bicicletas que representan el 29,53% del total de vehículos. Circulando aproximadamente 51 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm en este giro.

El tránsito de vehículos de tipo motocicleta es constante, presentando un volumen de 259 motos con un porcentaje de 19,07% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 33 motos circulando cada 15 minutos.

En la gráfica 12, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 12. Variación horaria del movimiento 9(4) de la intersección de estudio.



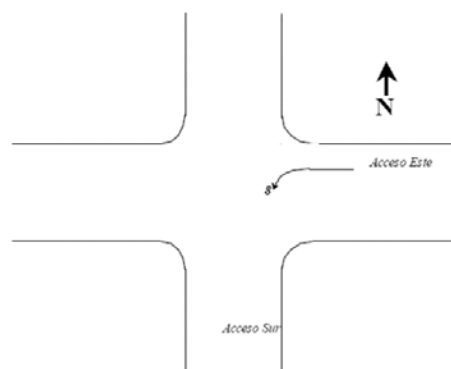
Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:45 pm y 05:00 pm.

Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 04:30 pm y 04:45 pm al igual que entre las 05:15 pm y 05:30 pm; con 181 y 163 vehículos respectivamente.

### 8.1.2.6. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 8

Imagen 9. Movimiento 8



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 9, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 9. Volumen vehicular del movimiento 8 de la intersección de estudio.

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO 8	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	32	9	5	0	0	0	0	5	14	18	78		
04:15 - 04:30	27	7	4	0	0	0	0	4	14	17	69		
04:30 - 04:45	26	8	5	2	0	0	0	7	13	18	72		
04:45 - 05:00	27	8	4	2	0	0	0	6	10	16	67	286	50,62%
05:00 - 05:15	26	7	4	1	0	0	0	5	11	16	65	273	
05:15 - 05:30	30	8	3	2	1	0	0	6	9	17	70	274	
05:30 - 05:45	28	9	4	1	0	0	0	5	14	18	74	276	
05:45 - 06:00	28	8	4	0	0	0	0	4	12	18	70	279	49,38%
<b>Volumen 2h</b>	<b>224</b>	<b>64</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>97</b>	<b>138</b>	<b>565</b>	<b>1388</b>	<b>100,0%</b>
<b>Composición</b>	<b>39,65%</b>	<b>11,33%</b>	<b>5,84%</b>	<b>1,42%</b>	<b>0,18%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>7,43%</b>	<b>17,17%</b>	<b>24,42%</b>	<b>100%</b>		
<b>(04:00-05:00)</b>	<b>112</b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>51</b>	<b>69</b>	<b>286</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MAX</b>
<b>Composición</b>	<b>39,2%</b>	<b>11,2%</b>	<b>6,3%</b>	<b>1,7%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>7,7%</b>	<b>17,8%</b>	<b>24,1%</b>	<b>100%</b>	<b>0,917</b>	<b>286</b>
<b>(04:15-05:15)</b>	<b>106</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>48</b>	<b>67</b>	<b>273</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MIN.</b>
<b>Composición</b>	<b>38,8%</b>	<b>11,0%</b>	<b>6,2%</b>	<b>1,8%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>8,1%</b>	<b>17,6%</b>	<b>24,5%</b>	<b>100%</b>	<b>0,948</b>	<b>273</b>

Fuente: Garzón, 2015

De la Tabla 9. Volumen vehicular del movimiento 8 de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 568 vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 8 entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

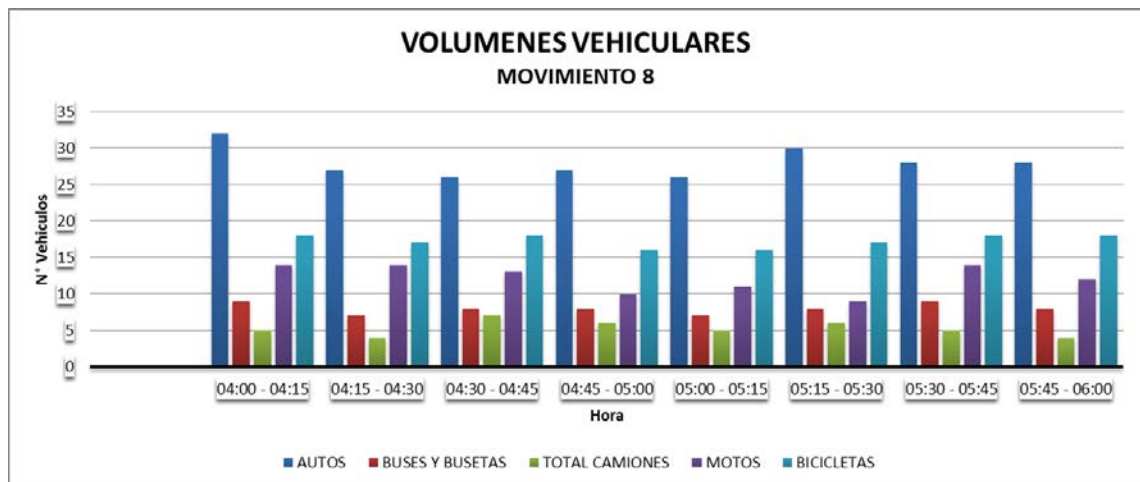
El factor de hora pico máximo fue de 0,917 con un volumen máximo de 286 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo

vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,948 con un volumen mínimo de 273 vehículos comprendido entre las 04:15 pm y 05:15 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento.

En la gráfica 13, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 8 de la intersección.

Gráfica 13. Volumen vehicular del movimiento 8 de la intersección de estudio



Fuente: Garzón, 2015

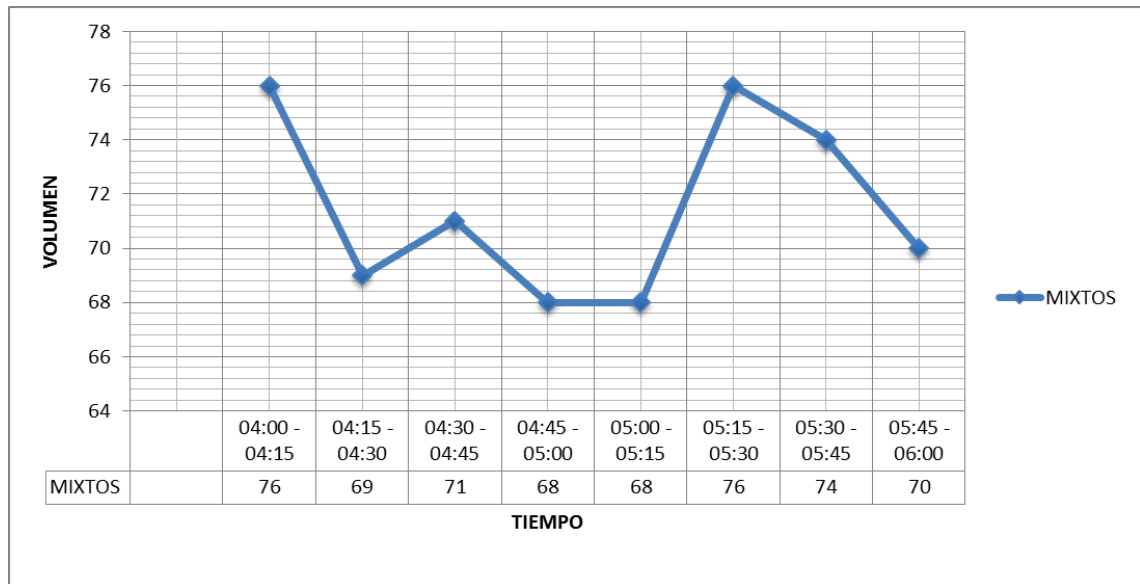
Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 39,65% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 224 automóviles que transitaban por la calle 7 en sentido oriente-occidente con giro a la izquierda hacia el sur del municipio.

Las bicicletas presentan una circulación continua y notoriamente alta en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 138 bicicletas que representan el 24,42% del total de vehículos. Circulando aproximadamente 17 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm en este giro.

El tránsito de vehículos de tipo motocicleta es casi constante, presentando un volumen de 97 motos con un porcentaje de 17,17% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 12 motos circulando cada 15 minutos.

En la gráfica 14, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 14. Variación horaria del movimiento 8 de la intersección de estudio.



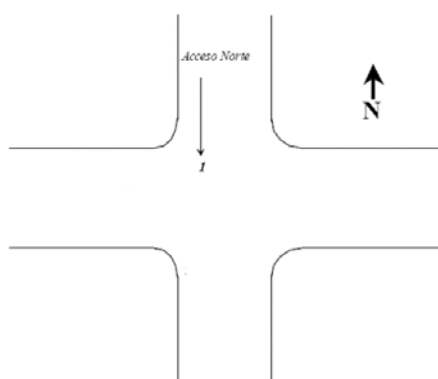
Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:00 pm y 04:15 pm al igual que entre las 05:15 pm y 05:30 pm.

Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 04:45 pm y 05:15 pm, con 76 y 68 vehículos respectivamente.

### 8.1.2.7. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 1

Imagen 10. Movimiento 1



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 10, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 10. Volumen vehicular del movimiento 1 de la intersección de estudio.

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>													MOVIMIENTO 1	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>														
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>														
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>														
Supervisor: <u>-----</u>														
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA	
			C2	C3	C4	C5	>C5							
04:00 - 04:15	44	28	6	4	1	0	0	11	56	47	186			
04:15 - 04:30	38	24	4	3	2	0	0	9	49	46	166			
04:30 - 04:45	42	25	5	4	0	0	0	9	47	45	168			
04:45 - 05:00	40	26	5	3	0	0	0	8	50	45	169	689		
05:00 - 05:15	41	22	4	3	0	1	0	8	51	46	168	671		
05:15 - 05:30	40	24	6	1	2	0	2	11	52	47	174	679		
05:30 - 05:45	39	22	4	0	0	0	0	4	53	47	165	676		
05:45 - 06:00	40	23	4	3	1	0	0	8	52	46	169	676		
<b>Volumen 2h</b>	324	194	38	21	6	1	2	68	410	369	1365	3391	100,0%	
<b>Composición</b>	23,74%	14,21%	2,78%	1,54%	0,44%	0,07%	0,15%	4,98%	30,04%	27,03%	100%			
<b>(04:00-05:00)</b>	164	103	20	13	2	1	0	37	202	183	689	FHP=	VOLUMEN MAX.	
<b>Composición</b>	23,8%	14,9%	2,9%	1,9%	0,3%	0,1%	0,0%	5,4%	29,3%	26,6%	100%	0,926	689	
<b>(04:15-05:15)</b>	161	97	18	13	2	1	0	34	197	182	671	FHP=	VOLUMEN MIN.	
<b>Composición</b>	24,0%	14,5%	2,7%	1,9%	0,3%	0,1%	0,0%	5,1%	29,4%	27,1%	100%	0,993	671	

Fuente: Garzón, 2015

De la Tabla 10. Volumen vehicular del movimiento 1 de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 1365 vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 1 entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

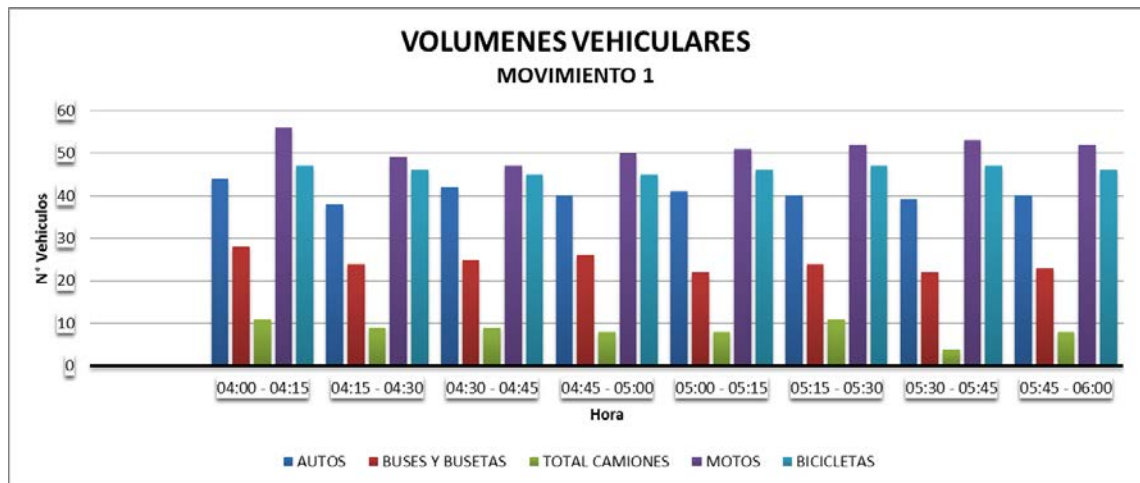


El factor de hora pico máximo fue de 0,926 con un volumen máximo de 689 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo motocicletas y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,993 con un volumen mínimo de 671 vehículos comprendido entre las 04:15 pm y 05:15 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento.

En la gráfica 15, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 1 de la intersección.

Gráfica 15. Volumen vehicular del movimiento 1 de la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

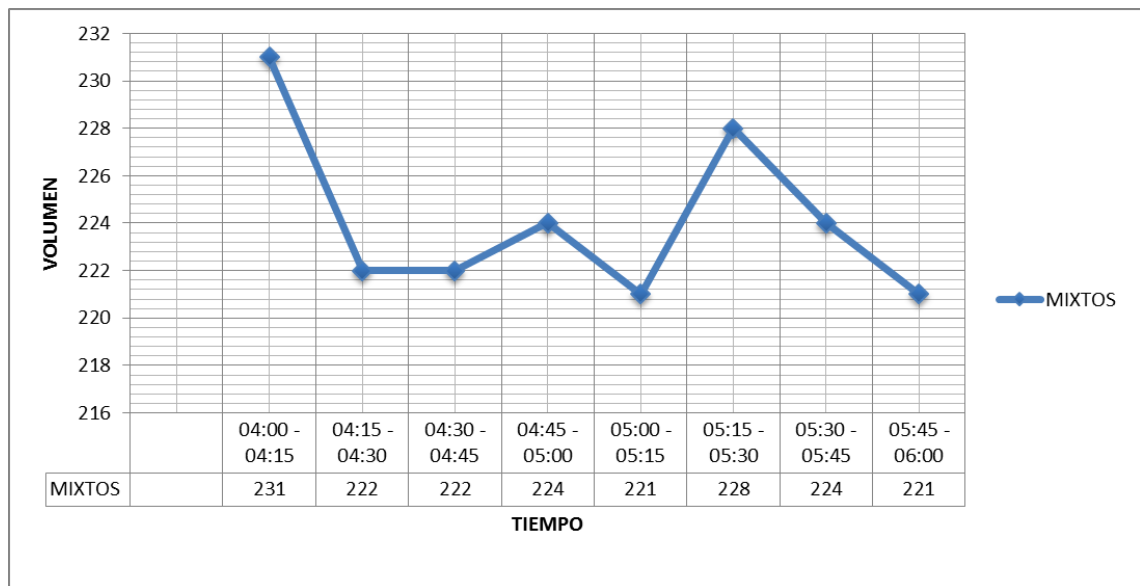
Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo motocicleta con un total de 30,04% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 410 motocicletas que transitaron por la carrera 6 en sentido norte-sur.

Las bicicletas presentan una circulación continua y notoriamente alta en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 369 bicicletas que representan el 27,03% del total de vehículos. Circulando aproximadamente 46 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm en este movimiento.

El tránsito de vehículos de tipo automóvil es casi constante, presentando un volumen de 324 autos con un porcentaje de 23,74% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 41 autos circulando cada 15 minutos.

En la gráfica 16, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 16. Variación horaria del movimiento 1 de la intersección de estudio.



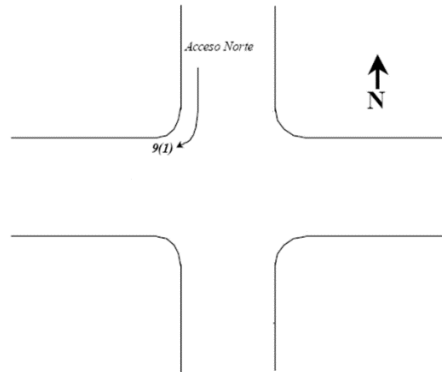
Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:00 pm y 04:15 pm.

Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 05:00 pm y 05:15 pm igualmente a las 05:45 pm y 06:00 pm; con 231 y 221 vehículos respectivamente.

#### 8.1.2.8. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 9(1)

Imagen 11. Movimiento 9(1)



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 11, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 11. Volumen vehicular del movimiento 9(1) de la intersección de estudio.

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO 9(1)	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y Busetas	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	79	46	14	4	1	0	0	19	17	45	206		
04:15 - 04:30	86	44	13	0	0	0	0	13	15	47	205		
04:30 - 04:45	85	44	13	0	0	0	0	13	16	47	205		
04:45 - 05:00	86	45	15	0	0	0	0	15	16	48	210	826	50,21%
05:00 - 05:15	87	41	10	2	1	0	0	13	15	46	202	822	
05:15 - 05:30	85	45	11	1	1	0	0	13	17	40	200	817	
05:30 - 05:45	86	46	14	3	0	0	0	17	16	45	210	822	
05:45 - 06:00	84	45	11	3	0	0	0	14	16	48	207	819	49,79%
<b>Volumen 2h</b>	<b>678</b>	<b>356</b>	<b>101</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>117</b>	<b>128</b>	<b>366</b>	<b>1645</b>	<b>4106</b>	<b>100,0%</b>
<b>Composición</b>	41,22%	21,64%	6,14%	0,79%	0,18%	0,00%	0,00%	7,11%	7,78%	22,25%	100%		
<b>(04:00-05:00)</b>	<b>336</b>	<b>179</b>	<b>55</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>64</b>	<b>187</b>	<b>826</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MAX</b>
<b>Composición</b>	40,68%	21,67%	6,7%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	7,26%	7,75%	22,64%	100%	0,983	826
<b>(04:30-05:30)</b>	<b>343</b>	<b>175</b>	<b>49</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>64</b>	<b>181</b>	<b>817</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MIN.</b>
<b>Composición</b>	42,0%	21,4%	6,0%	0,4%	0,2%	0,0%	0,0%	6,6%	7,8%	22,2%	100%	0,973	817

Fuente: Garzón, 2015

De la Tabla 11. Volumen vehicular del movimiento 9(1) de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 1645

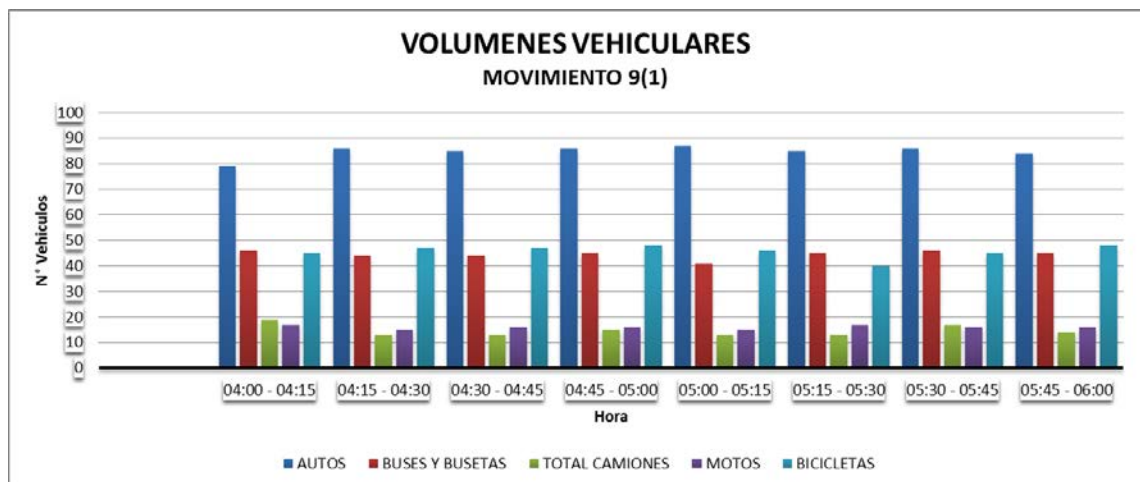
vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 9(1) entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

El factor de hora pico máximo fue de 0,983 con un volumen máximo de 826 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo automóvil, buses, busetas y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,973 con un volumen mínimo de 817 vehículos comprendido entre las 04:30 pm y 05:30 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento.

En la gráfica 17, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 9(1) de la intersección.

Gráfica 17. Volumen vehicular del movimiento 9(1) de la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

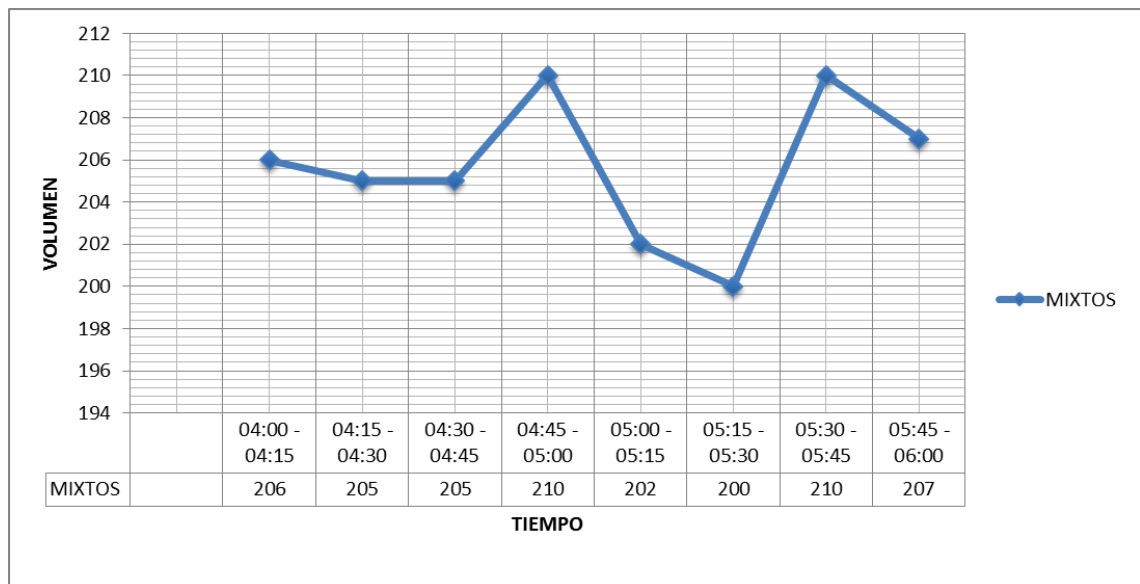
Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo automóvil con un total de 41,22% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 678 autos que transitaron por la carrera 6 en sentido norte-sur con giro hacia la derecha por la calle 7.

Los buses y busetas presentan una circulación continua y notoriamente alta en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 356 buses que representan el 21,64% del total de vehículos. Circulando aproximadamente 45 buses cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm en este movimiento.

El tránsito de vehículos de tipo bicicleta es constante, presentando un volumen de 366 bicicletas con un porcentaje de 22,25% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 46 bicicletas circulando cada 15 minutos.

En la gráfica 18, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 18. Variación horaria del movimiento 9(1) de la intersección de estudio.



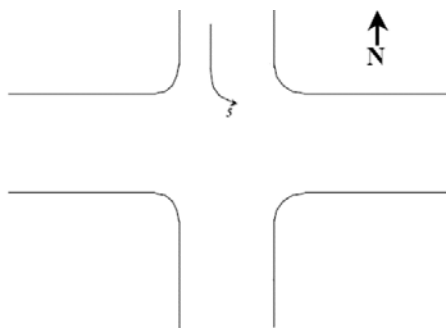
Fuente: Garzón, 2015

Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:45 pm y 05:00 pm igualmente entre las 05:30 pm y 05:45 pm.

Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 05:15 pm y 05:30; con 210 y 200 vehículos respectivamente.

### 8.1.2.9. ANALISIS DEL MOVIMIENTO 5

Imagen 12. Movimiento 5



Fuente: Garzón, 2015

Para el análisis del volumen vehicular de este movimiento se realizó un aforo entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

En la tabla 12, se muestran los datos y cálculos obtenidos después de realizado el aforo vehicular:

Tabla 12. Volumen vehicular del movimiento 5 de la intersección de estudio.

Fecha:(D.M.A.) <u>14/02/14</u> Intersección: <u>CARRERA 7 POR CALLE 6</u>												MOVIMIENTO 5	
Hora Inicio: <u>06:15</u> Hora Final: <u>08:15</u>													
Condición Climática: <u>SOLEADO</u>													
Aforador: <u>ELKIN GARZON</u>													
Supervisor: <u>-----</u>													
HORA DE INICIO	AUTOS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES					TOTAL CAMIONES	MOTOS	BICICLETAS	TOTAL MIXTOS	HORA	VARIACIÓN HORARIA
			C2	C3	C4	C5	>C5						
04:00 - 04:15	35	9	15	7	1	0	0	23	56	45	168		
04:15 - 04:30	33	7	16	8	2	0	0	26	51	41	158		
04:30 - 04:45	29	6	14	7	3	1	0	25	49	42	151		
04:45 - 05:00	24	7	18	4	2	0	0	24	44	41	140	617	51,85%
05:00 - 05:15	25	6	14	6	1	0	0	21	44	41	137	586	
05:15 - 05:30	27	6	15	4	2	1	0	22	51	41	147	575	
05:30 - 05:45	27	7	15	4	1	0	0	20	51	39	144	568	
05:45 - 06:00	28	8	15	1	2	1	0	19	50	40	145	573	48,15%
<b>Volumen 2h</b>	<b>228</b>	<b>56</b>	<b>122</b>	<b>41</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>396</b>	<b>330</b>	<b>1190</b>	<b>2919</b>	<b>100,0%</b>
<b>Composición</b>	19,16%	4,71%	10,3%	3,4%	1,2%	0,3%	0,0%	15,13%	33,28%	27,73%	100%		
<b>(04:00-05:00)</b>	<b>121</b>	<b>29</b>	<b>63</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>200</b>	<b>169</b>	<b>617</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MAX</b>
<b>Composición</b>	19,61%	4,70%	10,2%	4,1%	1,3%	0,2%	0,0%	15,88%	32,41%	27,39%	100%	0,918	617
<b>(04:45-05:45)</b>	<b>103</b>	<b>26</b>	<b>62</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>87</b>	<b>190</b>	<b>162</b>	<b>568</b>	<b>FHP=</b>	<b>VOLUMEN MIN.</b>
<b>Composición</b>	18,1%	4,6%	10,9%	3,2%	1,1%	0,2%	0,0%	15,3%	33,5%	28,5%	100%	0,966	568

Fuente: Garzón, 2015

De la Tabla 12. Volumen vehicular del movimiento 9(1) de la intersección de estudio, se obtiene como resultado para el volumen vehicular un total de 1190

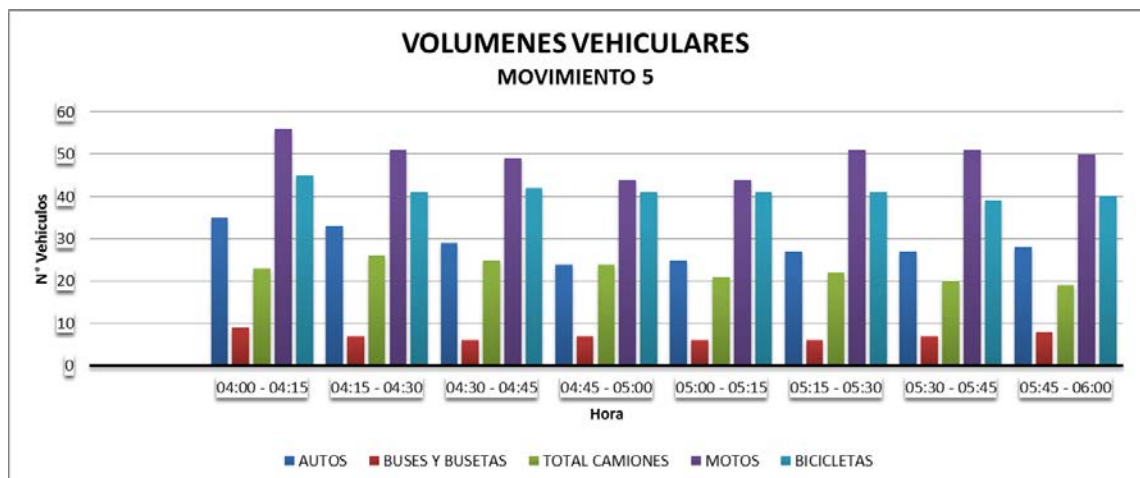
vehículos (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) que transitaron por la intersección en el movimiento 5 entre las 04:00 pm y 06:00 pm.

El factor de hora pico máximo fue de 0,918 con un volumen máximo de 617 vehículos comprendido entre las 04:00 pm y 05:00 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento, predominando el paso de vehículos de tipo motocicletas y bicicletas.

El factor de hora pico mínimo fue de 0,966 con un volumen mínimo de 568 vehículos comprendido entre las 04:45 pm y 05:45 pm, presentando un flujo vehicular constante en este movimiento.

En la gráfica 19, se observa la distribución por tipo de vehículo para intervalos de 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm del movimiento 5 de la intersección.

Gráfica 19. Volumen vehicular del movimiento 5 de la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

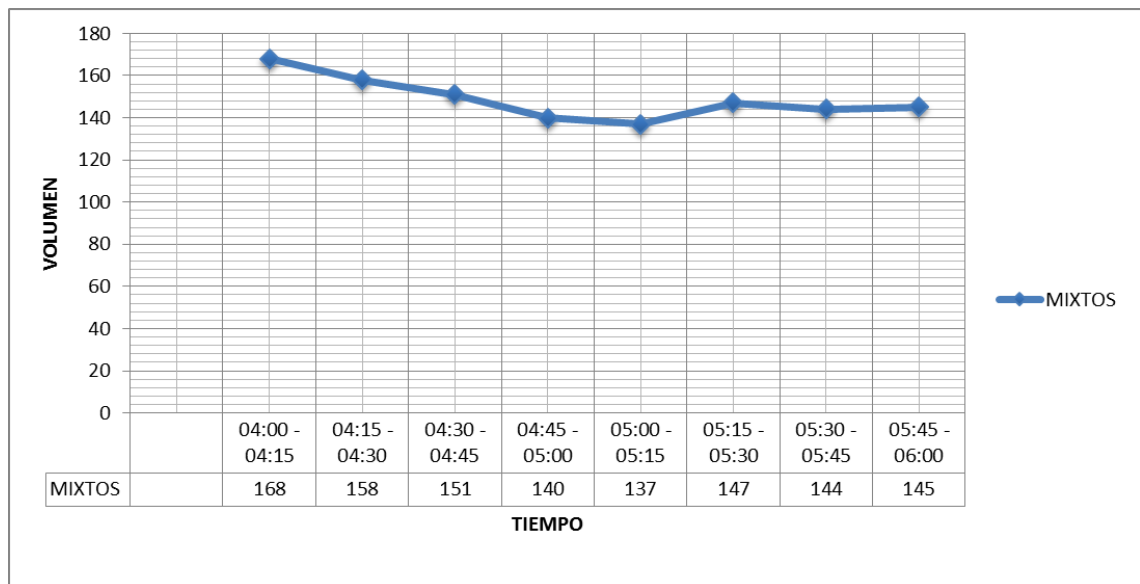
Se puede observar que el tipo de vehículo que sobresale durante todo el aforo tomado es de tipo motocicleta con un total de 33,28% del total de mixtos, porcentaje que corresponde a 396 motos que transitaron por la carrera 6 en sentido norte-sur con giro hacia la izquierda por la calle 7 hacia el oriente.

Las bicicletas presentan una circulación continua y notoriamente alta en el intervalo de tiempo analizado. Con un volumen de 330 bicicletas que representan el 27,73% del total de vehículos. Circulando aproximadamente 41 bicicletas cada 15 minutos entre las 04:00 pm y 06:00 pm en este movimiento.

El tránsito de vehículos de tipo automóvil es casi constante, presentando un volumen de 228 autos con un porcentaje de 19,16% del total de mixtos. Con un promedio de aproximadamente 29 autos circulando cada 15 minutos.

En la gráfica 20, se muestra la cantidad de vehículos mixtos con respecto a los intervalos de 15 minutos analizados durante el aforo vehicular:

Gráfica 20. Variación horaria del movimiento 5 de la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

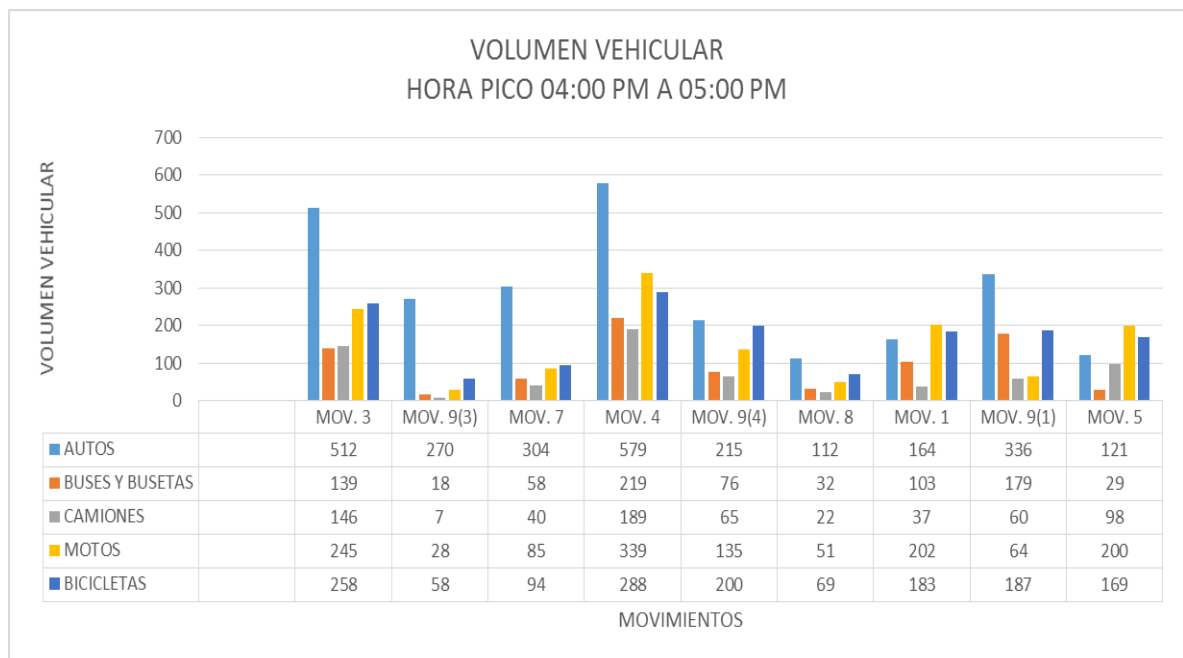
Se evidencia que la mayor cantidad de vehículos mixtos que transitaron durante las dos horas de análisis en este movimiento circularon entre las 04:00 pm y 04:15 pm. Y la menor cantidad de vehículos mixtos circularon entre las 05:00 pm y 05:15; con 168 y 137 vehículos respectivamente.



### 8.1.2.10. ANALISIS TOTAL DE LOS MOVIMIENTOS DE LA INTERSECCIÓN DE ESTUDIO

A continuación se muestra el estudio de los movimientos de la intersección haciendo una retroalimentación de las diferencias de volúmenes vehiculares dependiendo el tipo de movimiento que ejecutan los vehículos sobre la intersección de estudio.

Gráfica 21. Volumen vehicular mixto total de todos los movimientos en la intersección de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

En la gráfica 22 se logra determinar que el movimiento con mayor flujo de vehículos mixtos es el movimiento 4, con 579 vehículos particulares, 219 vehículos pesados, 189 camiones, 339 motocicletas, y 288 bicicletas; en un margen de hora pico entre las 4:00pm y las 5:00pm.

En la Tabla 13. Resumen de movimientos en intersección de estudio. se muestra una síntesis del análisis realizado a todos los movimientos existentes en la intersección teniendo en cuenta el tipo de movimiento, factor de hora pico y los volúmenes presentados.

MOVIMIENTOS DE LA INTERSECCIÓN DE ESTUDIO				
MOVIMIENTO	TOTAL MIXTOS	FACTOR HORA PICO	VOLUMEN MÁXIMO	VOLUMEN MINIMO
3	2528	0,97	1300	1228
9(3)	742	0,99	381	375
7	1138	1	573	568
4	3197	0,97	1614	1583
9(4)	1358	0,95	691	674
8	565	0,91	286	273
1	1365	0,92	689	671
9(1)	1645	0,98	826	817
5	1190	0,91	617	568

Fuente: Garzón, 2015

En la tabla anterior se pueden identificar, los volúmenes de vehículos mixtos, el factor de hora pico mayor presentado en cada movimiento, el volumen máximo y mínimo durante 15 minutos, señalados en rojo los valores de mayor flujo presentado.

### 8.1.3 ANÁLISIS DE CAPACIDADES Y NIVELES DE SERVICIO

En el cálculo de las capacidades y niveles de servicio, se analizaran la calle séptima y la carrera sexta, con el fin de identificar la capacidad que tiene la calle y la carrera, para después dar resultado al nivel de servicio que se presenta sobre ellas, teniendo en cuenta su nivel de servicio.

#### 8.1.3.1. ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS POR LA CALLE SEPTIMA

En la Tabla 14. Movimientos que intervienen en la calle séptima., se encontraran los datos de los movimientos que componen la calle séptima, con su respectivo valor máximo de volumen mixto, factor Q max, factor de hora pico de máxima demanda y la velocidad por hora de la calle séptima.

Tabla 13. Movimientos que intervienen en la calle séptima.

	MOVIMIENTO 3	MOVIMIENTO 5	MOVIMIENTO 4	MOVIMIENTO 9(1)
MAX. VOL MIXTO	1300	617	1614	826
Q MAX	332	168	414	210
FHMD	0,979	0,918	0,975	0,983
VEH/HORA	1328	672	1656	840

Fuente: Garzón, 2015

En la tabla 14, de los movimientos que componen la carrera séptima, se ubican los volúmenes mixtos, el flujo máximo (Qmax), el factor de máxima demanda (FHMD), y se determina el flujo máximo para un periodo de 15 minutos en el movimiento.

En la tabla 15, se muestran los factores de correlación para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio de la calle séptima.

Tabla 14. Factores del cálculo de capacidades y nivel de servicio de la calle séptima.

REPARTO X SENTIDO		60/40
Fd		0,9
Fpe		1
Fcb		No hay berma
Fp	30%	0,87
Ci		3200
C60	Veh/hora	2505,6
C15		2452,98
Q/C60		0,1652
Q/C15		0,1688
Vi		90
Fu	0,1652	0,98
V1		88,2
Fsr		0,75
V2		66,15
Fp1		0,92
Fp2		0,95
Fpt		0,87
V3		57,82
NIVEL DE SERVICIO		D

Fuente: Garzón, 2015

En la tabla 15 encontramos el cálculo de la capacidad vehicular de la carrera séptima, que en este caso es de 2505,6 veh/h, se encuentra dentro del rango de valores determinados de la norma HCM, para vías de primer nivel de un carril por sentido. En el volumen de vehículos mixtos, a flujo libre durante 15 minutos encontramos un valor de 2452,98 el cual determina una cifra alta a flujo libre teniendo en cuenta, que no está con las condiciones ideales que se sugieren en la norma (Ver tablas anexas)

Para el nivel de servicio, usamos la velocidad 3 (V3) que resultó de 57,8 (km/h), determinando un nivel de servicio D, el cual representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de medias colas.

### 8.1.3.2. ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS POR LA CARRERA SEXTA

En la Tabla 16. Movimientos que intervienen en la calle sexta., se encontraran los datos de los movimientos que componen la calle séptima, con su respectivo valor máximo de volumen mixto, factor Q max, factor de hora pico de máxima demanda y la velocidad por hora de la calle séptima.

Tabla 15. Movimientos que intervienen en la calle sexta.

	MOVIMIENTO 1	MOVIMIENTO 8	MOVIMIENTO 9(4)	MOVIMIENTO 7	MOVIMIENTO 9(3)
MAX. VOL MIXTO	689	286	691	581	381
Q MAX	186	78	181	148	98
FHMD	0,926	0,917	0,954	0,981	0,992
VEH/HORA	744	312	724	592	392

Fuente: Garzón, 2015

En la tabla 16, de los movimientos que componen la calle sexta, se deben ubicar los volúmenes mixtos, el flujo máximo (Qmax), el factor de máxima demanda (FHMD), y se determina el flujo máximo para un periodo de 15 minutos en el movimiento.

Los valores que se ven en la tabla muestra el valor más alto en cada movimiento dentro de la intersección.

En la tabla 17, se muestran los factores de correlación para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio de la calle séptima.

Tabla 16. Factores del cálculo de capacidades y nivel de servicio de la carrera sexta.

REPARTO X SENTIDO		70/30
Fd		0,82
Fpe		1
Fcb		No hay berma
Fp	20%	0,90
Ci		3200
C60	Veh/hora	2361,6
C15		2342,71
Q/C60		0,079
Q/C15		0,079
Vi		90
Fu	0,0788	0,99
V1		89,1
Fsr	>30%	0,63
V2		56,13
Fp1		0,97
Fp2	>=1000	0,96
Fpt		0,93
V3		52,27
NIVEL DE SERVICIO		D

Fuente:  
2015

Garzón,

En la tabla 17 encontramos el cálculo de la capacidad vehicular de la calle sexta, que en este caso es de 2361,6 veh/h, se encuentra dentro del rango de valores determinados de la norma HCM, para vías de primer nivel de un carril por sentido

comparando con el de la carrera séptima, su capacidad es más baja. En el volumen de vehículos mixtos, a flujo libre durante 15 minutos encontramos un valor de 2342,7 el cual determina una cifra media a flujo libre teniendo en cuenta, que no está con las condiciones ideales que se sugieren en la norma, siendo un valor menor que el de la carrera séptima.

Para el nivel de servicio, usamos la velocidad 3 ( $V/3$ ) que resulto de 52,27 (km/h), determinando un nivel de servicio D, el cual representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de medias colas.

#### 8.1.4. ANALISIS DEL CALCULO DE CONGESTIÓN

La congestión será estudiada en la calle séptima y la carrera sexta utilizando como control dentro de la intersección la señal de transito de pare y ceda el paso, determinando valores que sirvan de enfoque para el estudio y que a su vez nos identifiquen puntos de vulnerabilidad dentro de la intersección.

##### 8.1.4.1. CONGESTIÓN DE LA CALLE SEPTIMA

En la tabla 18 se muestra la capacidad vial, la tasa de volumen de mixtos, tasa de llegada, tasa de servicio, relacionando más factores para el cálculo de la congestión en los dos sentidos de la calle séptima.

Tabla 17. Cálculo de congestión sentido oriente-occidente calle séptima.

CALLE SEPTIMA SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE			
$\mu$	CAPACIDAD VIAL	2505,6	1252,8
$\lambda$	TASA VOLUMEN MIXTO (VEH/H)	332	
$\lambda$	TASA DE LLEGADA (veh/h)	0,09	
$\mu$	TASA DE SERVICIO (veh/h)	0,35	
P(n)	PROBABILIDAD DE VEHICULOS (n)	0,735	
$\bar{N}$	NUM. PROMEDIO VEHICULOS	0,361	
$T_s$	TIEMPO GASTADO EN EL SISTEMA (s/veh)	3,910	
$T_q$	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN FILA (s/veh)	0,068	
P	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO	26,5	
I	PORCENTAJE DE ENCONTRAR EL SISTEMA INACTIVO	73,50	

Fuente: Garzón, 2015

Para el cálculo total de la congestión, se deben hallar factores como la tasa de llegada y la tasa de servicio que brinda la vía, teniendo en cuenta la relación que se tiene entre la capacidad vial, y el volumen mixto de vehículos. La tasa de llegada nos da 0.09 (veh/h) y la tasa de servicio 0.35 (veh/h), estos valores corresponden al sentido de oriente a occidente, siendo mayor la tasa de servicio que ofrece el sistema sin condiciones ideales, contra la tasa de llegada de vehículos que es menor.

Es importante tener en cuenta el tiempo promedio de espera en la fila de vehículos, para poder determinar el factor de utilización del servicio y a su vez en qué momento se encuentra el sistema inactivo, analizando el comportamiento que tienen los vehículos dentro del sistema.

En la tabla 19 observamos el cálculo de la congestión en sentido occidente-oriente de la calle séptima.

Tabla 18. Cálculo de congestión sentido occidente-oriente calle séptima.

CALLE SEPTIMA SENTIDO OCCIDENTE-ORIENTE			
$\mu$	CAPACIDAD VIAL	2505,6	1252,8
$\lambda$	TASA VOLUMEN MIXTO (VEH/H)	414	
$\lambda$	TASA DE LLEGADA (veh/h)	0,12	
$\mu$	TASA DE SERVICIO (veh/h)	0,35	
P(n)	PROBABILIDAD DE VEHICULOS (n)	0,670	
$\bar{N}$	NUM. PROMEDIO VEHICULOS	0,494	
Ts	TIEMPO GASTADO EN EL SISTEMA (s/veh)	4,292	
Tq	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN FILA (s/veh)	0,077	
P	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO	33,0	
I	PORCENTAJE DE ENCONTRAR EL SISTEMA INACTIVO	66,95	

CALLE SEPTIMA SENTIDO OCCIDENTE-ORIENTE		
$\mu$	CAPACIDAD VIAL	1252,8
$\lambda$	TASA VOLUMEN MIXTO (VEH/H)	414
$\lambda$	TASA DE LLEGADA (veh/h)	0,12
$\mu$	TASA DE SERVICIO (veh/h)	0,35
P(n)	PROBABILIDAD DE VEHICULOS (n)	0,670

Ñ	NUM. PROMEDIO VEHICULOS	0,494
Ts	TIEMPO GASTADO EN EL SISTEMA (s/veh)	4,292
Tq	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN FILA (s/veh)	0,077
P	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO	33,0
I	PORCENTAJE DE ENCONTRAR EL SISTEMA INACTIVO	66,95

Fuente: Garzón 2015

En el cálculo del sentido occidente-oriente los valores son menores al del sentido anterior, básicamente por la relación que se tiene de la capacidad vial y la tasa de volumen mixto, la cual es mucho menor al del sentido oriente-occidente.

El porcentaje de utilización es de 33.0 que comparado con el tiempo promedio de espera en fila es mucho mayor, lo que significa que el porcentaje de encontrar el sistema inactivo es menor a las tasas anteriormente analizadas.

#### 8.1.4.2. CONGESTIÓN DE LA CARRERA SEXTA

En la tabla 20, observamos el cálculo de la congestión en sentido norte-sur de la carrera sexta.

Tabla 19. Calculo de congestión de la carrera sexta sentido norte-sur.

CARRERA SEXTA SENTIDO NORTE-SUR			
$\mu$	CAPACIDAD VIAL	2361,2	1180,6
$\lambda$	TASA VOLUMEN MIXTO (VEH/H)	186	
$\lambda$	TASA DE LLEGADA (veh/h)	0,05	
$\mu$	TASA DE SERVICIO (veh/h)	0,33	
P(n)	PROBABILIDAD DE VEHICULOS (n)	0,842	
Ñ	NUM. PROMEDIO VEHICULOS	0,187	
Ts	TIEMPO GASTADO EN EL SISTEMA (s/veh)	3,620	
Tq	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN FILA (s/veh)	0,044	
P	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO	15,8	
I	PORCENTAJE DE ENCONTRAR EL SISTEMA INACTIVO	84,25	

Fuente: Garzón 2015

En el cálculo de la calle sexta en sentido norte-sur el valor de la tasa de volumen mixto es baja con respecto a la carrera séptima, debido a la baja demanda de



vehículos, la capacidad vial se mantiene en un valor promedio y no genera ningún cambio significativo.

El porcentaje de utilización es de 15.8 es un valor bajo con respecto al de la carrera séptima, lo que sugiere una falta de utilización del sistema, por lo cual el porcentaje de encontrar el sistema inactivo es mayor a las tasas anteriormente analizadas.

En la tabla 21 se muestra el cálculo de la congestión en sentido sur-norte de la carrera sexta.

Tabla 20. Calculo de congestión de la carrera sexta sentido sur-norte.

CALLE SEXTA SENTIDO SUR-NORTE			
$\mu$	CAPACIDAD VIAL	2361,2	1180,6
$\lambda$	TASA VOLUMEN MIXTO (VEH/H)	181	
$\lambda$	TASA DE LLEGADA (veh/h)	0,05	
$\mu$	TASA DE SERVICIO (veh/h)	0,33	
P(n)	PROBABILIDAD DE VEHICULOS (n)	0,847	
$\bar{N}$	NUM. PROMEDIO VEHICULOS	0,181	
Ts	TIEMPO GASTADO EN EL SISTEMA (s/veh)	3,601	
Tq	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN FILA (s/veh)	0,043	
P	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO	15,3	
I	PORCENTAJE DE ENCONTRAR EL SISTEMA INACTIVO	84,67	

Fuente: Garzón 2015

En el cálculo de la calle sexta en sentido sur-norte el valor de la tasa de volumen mixto es baja con respecto al anterior sentido, debido a la baja demanda de vehículos, que se presenta en el sentido sur norte, a pesar de tener varios movimientos que la abastecen, es mínimo su volumen. La capacidad vial se mantiene en un valor promedio y no genera ningún cambio significativo.

El porcentaje de utilización es de 15.3 es un valor bajo con respecto al sentido anterior, lo que sugiere una falta de utilización del sistema, por lo cual el

porcentaje de encontrar el sistema inactivo es mayor en este caso es de 84.7%, es alto con respecto a las tasas anteriormente analizadas.

### 8.1.5 ANALISIS DEL CALCULO DE PEATONES Y NIVEL DE SERVICIO PEATONAL

Es importante identificar al peatón, como un factor de vital importancia en el estudio, debido a que su participación involucra los serios problemas de movilidad que se presentan dentro de la intersección estudiada. Es por eso que a continuación se mostraran los cálculos de los peatones, con su respectivo nivel de servicio.

En la tabla 22 se muestran los cálculos de los peatones, en un horario de máxima demanda, además de mostrar los peatones que usan la infraestructura existente.

Tabla 21. Calculo de peatones que usan el paso peatonal subterráneo.

CALCULOS DE PEATONES		
HORARIO	NÚMERO PEATONES USAN EL SUBTERRANEO	
5:00 a 5:15	145	
5:15 a 5:30	152	
5:30 a 5:45	124	
5:45 a 6:00	142	563
6:00 a 6:15	137	555
6:15 a 6:30	165	568
6:30 a 6:45	161	605
6:45 a 7:00	155	618
TOTAL PEATONES	1181	
HORA DE MAX. DEMANDA	FHP	VOLUMEN MAX.
6:45 a 7:00	0,936363636	618
HORA DE MIN. DEMANDA	FHP	VOLUMEN MIN.
6:00 a 6:15	0,912828947	555
INTENSIDAD PEATONES (PT/15)	41,2	
INTENSIDAD UNITARIA (pt/min/mts)	3,75	
INTENSIDAD PELOTONES	54,32	
DENSIDAD	53,74	
VELOCIDAD	59,225	
NIVEL DE SERVICIO	D	

Fuente: Garzón, 2015

De la tabla anterior se puede analizar el número total de peatones que usan el paso peatonal subterráneo, en este caso es de 1181 peatones, en un periodo de tiempo de 2 horas, con un factor de hora pico de 0,93 y un volumen máximo de peatones de 618, en un periodo de 15 minutos. Teniendo en cuenta estos factores, se hizo una correlación para hallar la intensidad de peatones y el grupo de pelotones que se presentan dentro de la infraestructura, todo con el fin de hallar el nivel de servicio. Los valores de intensidad de peatones es 41,2 (pt/15) y la intensidad de presentar pelotones es de 54,32 (pt/15) que son valores determinados por la norma de infraestructuras para peatones. (Ver tablas anexas)

Para el cálculo del nivel de servicio utilizamos los valores de densidad y la velocidad de peatones presentes en el tramo, el resultado fue de un nivel de servicio D, que representa una restricción de la libertad individual de elegir la velocidad normal de marcha y el adelantamiento. En el caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario existe una alta probabilidad de que se presenten conflictos, siendo precisos frecuentes cambios de velocidad y de posición para eludirlos. Este nivel de servicio proporciona un flujo razonablemente fluido; no obstante, es probable que se produzca entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.

En la tabla 23 se muestran los cálculos de los peatones, en un horario de máxima demanda, además de mostrar los peatones que no usan la infraestructura existente.

Tabla 22. Calculo de peatones que no usan el paso peatonal subterráneo.

CALCULOS DE PEATONES		
HORARIO	NÚMERO DE PEATONES NO USAN EL SUBTERRANEO	
5:00 a 5:15	162	
5:15 a 5:30	185	
5:30 a 5:45	164	
5:45 a 6:00	198	709
6:00 a 6:15	176	723
6:15 a 6:30	201	739
6:30 a 6:45	188	763
6:45 a 7:00	195	760
TOTAL PEATONES	1469	
HORA DE MAX. DEMANDA	FHP	VOLUMEN MAX.
6:30 a 6:45	0,949004975	763
HORA DE MIN. DEMANDA	FHP	VOLUMEN MIN.
5:45 a 6:00	0,89520202	709
INTENSIDAD PEATONES (PT/15)	50,87	
INTENSIDAD UNITARIA (pt/min/mts)	4,63	
INTENSIDAD PELOTONES	63,99	
DENSIDAD	66,35	
VELOCIDAD	73,12	
NIVEL DE SERVICIO		E

Fuente: Garzón, 2015

De la tabla anterior se puede analizar el número total de peatones que no usan el paso peatonal subterráneo, en este caso es de 1469 peatones, en un periodo de tiempo de 2 horas, con un factor de hora pico de 0,94 y un volumen máximo de peatones de 763, en un periodo de 15 minutos. Teniendo en cuenta estos factores, se hizo una correlación para hallar la intensidad de peatones y el grupo de pelotones que se presentan dentro de la infraestructura, todo con el fin de hallar el nivel de servicio. Los valores de intensidad de peatones es 50,8 (pt/15) y la intensidad de presentar pelotones es de 63,99 (pt/15) que son valores más altos en comparación de los que usan la infraestructura, lo que muestra una falta de cultura ciudadana por parte de los habitantes de Madrid Cundinamarca.

Para el cálculo del nivel de servicio se utilizaron los valores de densidad y la velocidad de peatones presentes en el tramo, el resultado fue de un nivel de servicio E, que presenta prácticamente todos los peatones verán restringida su

velocidad normal de marcha, lo que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En la zona inferior de este nivel, el movimiento hacia delante sólo es posible mediante una forma de avance denominada arrastre de pies. No se dispone de la superficie suficiente para el adelantamiento de los peatones más lentos. Los movimientos en sentido, contrario o entrecruzados sólo son posibles con extrema dificultad. La intensidad de este nivel se identifica con la capacidad de la vía peatonal, lo que origina detenciones e interrupciones en el flujo.

#### **8.1.6 ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO**

Se realizaron los estudios de origen-destino a partir de encuestas, que determinaban las diferentes rutas, que toman los conductores, y que involucran la zona de estudio como un medio para llegar a su destino, por esta razón se dará resultado a la encuesta origen-destino.

##### **8.1.6.1. RESULTADOS DE DESTINO**

En la tabla 24 se muestran los datos obtenidos de la aplicación de las encuestas origen-destino, ordenados por el lugar más frecuente de destino (identificado por colores) de los conductores que pasan por la intersección.

Tabla 23. Encuesta origen-destino de conductores (ORIGEN).

ENCUESTA ORIGEN-DESTINO									
HORA	ORIGÉN	PUNTO INTERMEDIO	DESTINO	SENTIDO DE CIRCULACIÓN	FRECUENCIA DEL VIAJE A LA SEMANA	FRECUENCIA DEL VIAJE AL MES	TIPO DE VEHICULO	MOTIVO DEL VIAJE	NÚMERO DE OCUPANTES
10:06:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	furgon	otro	2
10:08:00 a. m.	barrio alcaparro	alcaldia	fuerza aerea colombiana	sur	1	4	automovil	trabajo	1
10:17:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	camioneta	otro	2
10:21:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	automovil	otro	4
11:00:00 a. m.	barrio alcaparro	zona centro	barrio san francisco	sur	1	4	automovil	trabajo	3
11:06:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio eden	sur	1	4	camioneta	trabajo	2
11:19:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio san francisco	sur	2	8	automovil	otro	1
11:48:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	automovil	trabajo	1
11:50:00 a. m.	barrio alcaparro	surtimax	alcaldia	sur	1	4	furgon	otro	1
10:15:00 a. m.	barrio echavarria	no	barrio san francisco	sur	2	8	automovil	otro	1
10:28:00 a. m.	barrio echavarria	no	alcaldia	sur	1	4	automovil	trabajo	2
11:35:00 a. m.	barrio echavarria	no	barrio loreto	sur	1	4	automovil	otro	2
11:55:00 a. m.	barrio echavarria	no	barrio san francisco	sur	3	12	automovil	trabajo	2
10:20:00 a. m.	barrio los angeles	zona centro	barrio san francisco	sur	1	4	furgon	otro	1
10:30:00 a. m.	barrio los angeles	no	barrio loreto	sur	2	8	camioneta	trabajo	4
10:50:00 a. m.	barrio los angeles	no	barrio eden	sur	1	4	automovil	trabajo	3
11:42:00 a. m.	barrio los angeles	no	barrio la virgen	sur	4	16	furgon	trabajo	3
11:58:00 a. m.	barrio magnolia	no	barrio eden	sur	1	4	furgon	otro	3
10:42:00 a. m.	barrio santa matilde	zona centro	barrio eden	sur	2	8	furgon	trabajo	1
11:11:00 a. m.	barrio santa matilde	no	parque iglesia	sur	1	4	camioneta	otro	4
11:44:00 a. m.	barrio santa matilde	no	barrio loreto	sur	2	8	automovil	otro	2
10:00:00 a. m.	barrio sociego	no	barrio loreto	sur	3	12	automovil	otro	1
11:15:00 a. m.	barrio sociego	no	alcaldia	sur	3	12	camioneta	otro	2
11:22:00 a. m.	barrio sociego	alcaldia	barrio loreto	sur	1	4	bus servicio publico	trabajo	1
11:39:00 a. m.	barrio sociego	no	barrio san francisco	sur	2	8	automovil	otro	1
12:03:00 p. m.	barrio sociego	no	barrio san francisco	sur	1	4	furgon	trabajo	2
10:38:00 a. m.	el corzo	barrio alcaparro	zona centro	sur	3	12	furgon	trabajo	2
11:52:00 a. m.	el corzo	no	barrio san francisco	sur	4	16	bus servicio publico	trabajo	1
10:02:00 a. m.	zona centro	alcaldia	barrio lucitania	sur	1	4	camioneta	otro	4
10:04:00 a. m.	zona centro	no	barrio loreto	sur	2	8	automovil	trabajo	2
10:10:00 a. m.	zona centro	no	barrio la virgen	sur	2	8	camioneta	otro	3
10:35:00 a. m.	zona centro	no	alcaldia	sur	1	4	automovil	otro	1
10:41:00 a. m.	zona centro	no	barrio la virgen	sur	1	4	bus servicio publico	turistico	1
10:53:00 a. m.	zona centro	no	barrio loreto	sur	1	4	camioneta	otro	2
11:03:00 a. m.	zona centro	no	barrio loreto	sur	1	4	automovil	otro	1
11:08:00 a. m.	zona centro	no	barrio san francisco	sur	2	8	furgon	trabajo	1
11:29:00 a. m.	zona centro	no	barrio la virgen	sur	2	8	camioneta	trabajo	2

Fuente: Garzón, 2015

En la tabla anterior se identifican por colores las zonas de los barrios en las que se dividió la encuesta, obteniendo así la frecuencia de los lugares con mayor destino.

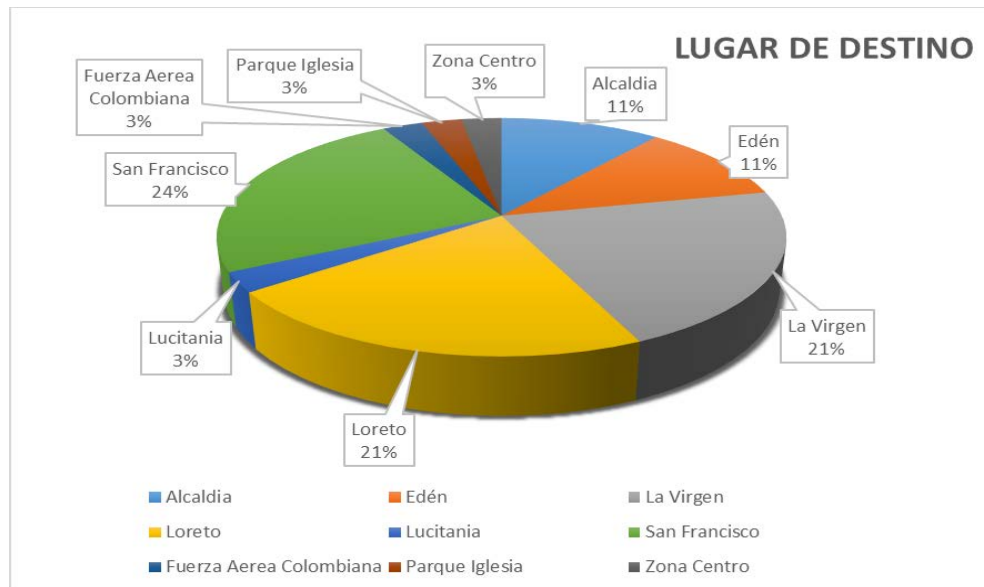
En la tabla 25 se muestra el número de veces que se repite el destino de los conductores, con su respectivo porcentaje.

BARRIO DESTINO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Alcaldía	4	10,81%
Edén	4	10,81%
La Virgen	8	21,62%
Loreto	8	21,62%
Lucitania	1	2,70%
San Francisco	9	24,32%
Fuerza Aerea Colombiana	1	2,70%
Parque Iglesia	1	2,70%
Zona Centro	1	2,70%

Fuente: Garzón, 2015

En la gráfica 22 se muestran los lugares de destino de los conductores que utilizan la intersección como ruta de paso a sus destinos.

Gráfica 22. Frecuencia del destino de conductores.



Fuente: Garzón, 2015

En la gráfica anterior se logra observar la frecuencia que tienen los destinos de todos los conductores que usan la carrera séptima por calle sexta como ruta para llegar a sus destinos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el barrio con mayor frecuencia de destino fue el barrio San Francisco con el 24%, seguido de los barrios Loreto y la virgen con el 21%, esto refleja que teniendo en cuenta el origen de la ruta, se puede llegar a un nuevo cambio de trayectos, para optimizar los viajes de los conductores, evitando el congestionamiento por la intersección de la carrera séptima por calle sexta.

#### **8.1.6.2. RESULTADOS DE ORIGEN**

En la tabla 26 se muestran los datos obtenidos de la aplicación de las encuestas origen-destino, ordenados por el lugar más frecuente de origen (identificado por colores) de los conductores que pasan por la intersección.



Tabla 24. Encuesta origen-destino de conductores (DESTINO).

ENCUESTA ORIGEN-DESTINO									
HORA	ORIGÉN	PUNTO INTERMEDIO	DESTINO	SENTIDO DE CIRCULACIÓN	FRECUENCIA DEL VIAJE A LA SEMANA	FRECUENCIA DEL VIAJE AL MES	TIPO DE VEHICULO	MOTIVO DEL VIAJE	NÚMERO DE OCUPANTES
10:06:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	furgon	otro	2
10:08:00 a. m.	barrio alcaparro	alcaldia	fuerza aerea colombiana	sur	1	4	automovil	trabajo	1
10:17:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	camioneta	otro	2
10:21:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	automovil	otro	4
11:00:00 a. m.	barrio alcaparro	zona centro	barrio san francisco	sur	1	4	automovil	trabajo	3
11:06:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio eden	sur	1	4	camioneta	trabajo	2
11:19:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio san francisco	sur	2	8	automovil	otro	1
11:48:00 a. m.	barrio alcaparro	no	barrio la virgen	sur	1	4	automovil	trabajo	1
11:50:00 a. m.	barrio alcaparro	surtimax	alcaldia	sur	1	4	furgon	otro	1
10:15:00 a. m.	barrio echavarría	no	barrio san francisco	sur	2	8	automovil	otro	1
10:28:00 a. m.	barrio echavarría	no	alcaldia	sur	1	4	automovil	trabajo	2
11:35:00 a. m.	barrio echavarría	no	barrio loreto	sur	1	4	automovil	otro	2
11:55:00 a. m.	barrio echavarría	no	barrio san francisco	sur	3	12	automovil	trabajo	2
10:20:00 a. m.	barrio los angeles	zona centro	barrio san francisco	sur	1	4	furgon	otro	1
10:30:00 a. m.	barrio los angeles	no	barrio loreto	sur	2	8	camioneta	trabajo	4
10:50:00 a. m.	barrio los angeles	no	barrio eden	sur	1	4	automovil	trabajo	3
11:42:00 a. m.	barrio los angeles	no	barrio la virgen	sur	4	16	furgon	trabajo	3
11:58:00 a. m.	barrio magnolia	no	barrio eden	sur	1	4	furgon	otro	3
10:42:00 a. m.	barrio santa matilde	zona centro	barrio eden	sur	2	8	furgon	trabajo	1
11:11:00 a. m.	barrio santa matilde	no	parque iglesia	sur	1	4	camioneta	otro	4
11:44:00 a. m.	barrio santa matilde	no	barrio loreto	sur	2	8	automovil	otro	2
10:00:00 a. m.	barrio sociogo	no	barrio loreto	sur	3	12	automovil	otro	1
11:15:00 a. m.	barrio sociogo	no	alcaldia	sur	3	12	camioneta	otro	2
11:22:00 a. m.	barrio sociogo	alcaldia	barrio loreto	sur	1	4	bus servicio publico	trabajo	1
11:39:00 a. m.	barrio sociogo	no	barrio san francisco	sur	2	8	automovil	otro	1
12:03:00 p. m.	barrio sociogo	no	barrio san francisco	sur	1	4	furgon	trabajo	2
10:38:00 a. m.	el corzo	barrio alcaparro	zona centro	sur	3	12	furgon	trabajo	2
11:52:00 a. m.	el corzo	no	barrio san francisco	sur	4	16	bus servicio publico	trabajo	1
10:02:00 a. m.	zona centro	alcaldia	barrio lucitania	sur	1	4	camioneta	otro	4
10:04:00 a. m.	zona centro	no	barrio loreto	sur	2	8	automovil	trabajo	2
10:10:00 a. m.	zona centro	no	barrio la virgen	sur	2	8	camioneta	otro	3
10:35:00 a. m.	zona centro	no	alcaldia	sur	1	4	automovil	otro	1
10:41:00 a. m.	zona centro	no	barrio la virgen	sur	1	4	bus servicio publico	turistico	1
10:53:00 a. m.	zona centro	no	barrio loreto	sur	1	4	camioneta	otro	2
11:03:00 a. m.	zona centro	no	barrio loreto	sur	1	4	automovil	otro	1
11:08:00 a. m.	zona centro	no	barrio san francisco	sur	2	8	furgon	trabajo	1
11:29:00 a. m.	zona centro	no	barrio la virgen	sur	2	8	camioneta	trabajo	2

Fuente: Garzón, 2015.

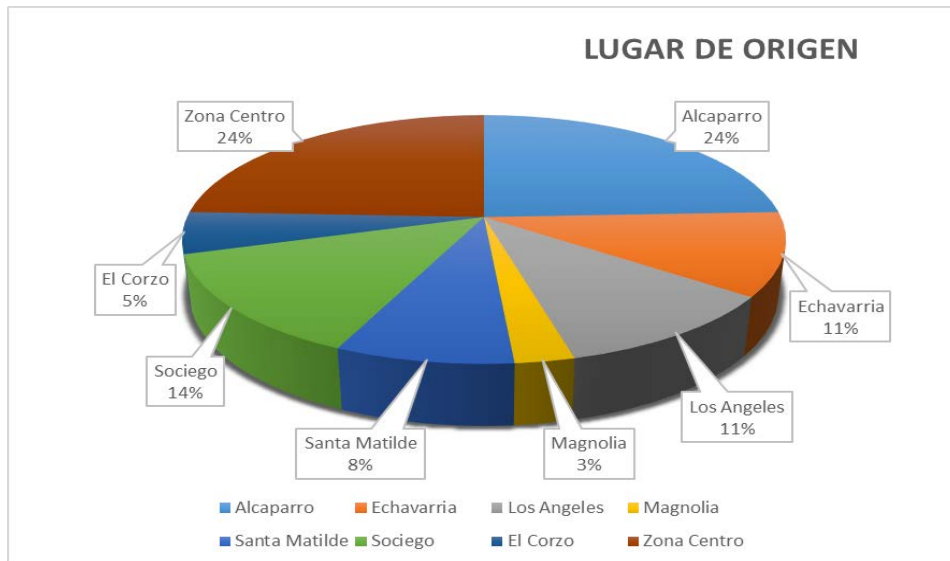
En la tabla 27 se muestra la cantidad de repetición del origen que tienen los conductores.

BARRIO ORIGEN	CANTIDAD	PORCENTAJE
Alcaparro	9	24,32%
Echavarria	4	10,81%
Los Angeles	4	10,81%
Magnolia	1	2,70%
Santa Matilde	3	8,11%
Sociego	5	13,51%
El Corzo	2	5,41%
Zona Centro	9	24,32%

Fuente: Garzón, 2015

En la gráfica 23, se muestra el diagrama circular, donde se ubican en porcentaje la frecuencia que tienen los conductores en su punto de origen de ruta.

Gráfica 24. Frecuencia del destino de conductores



Fuente: Garzón, 2015

En la gráfica anterior se logra observar la frecuencia que tienen los orígenes de todos los conductores que usan la carrera séptima por calle sexta como ruta para llegar a sus destinos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el barrio con mayor frecuencia de origen, fue el barrio alcaparro y la zona centro con el 24%, seguido de los barrios sosiego, Echavarría, y los Ángeles, esto nos refleja que teniendo en cuenta el origen de la ruta, se puede llegar a un nuevo cambio de trayectos, para optimizar los viajes de los conductores, evitando el congestionamiento por la intersección de la carrera séptima por calle sexta.

Se debe de tener en cuenta estos lugares de origen, debido a que si se conoce el destino, se lograría configurar un nuevo sistema de rutas, por el municipio de Madrid, facilitando los tiempos de recorrido hacia sus lugares de destino.

## 8.1.7 MODELACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para la identificación de la problemática existente se usó el software especializado Synchro 8.0, con el fin de determinar el estado actual en que se encuentra la intersección comprendida por la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

### 8.1.7.1. MODELACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la imagen 13, se muestra una vista aérea del estado actual del tráfico de la calle séptima por carrera sexta, controlado por la señal de tránsito de ceder el paso y pare.

Imagen 13. Vista aérea del estado actual del tráfico de la intersección.



Fuente: Garzón, 2015

En la imagen 13, se analizan los volúmenes vehiculares que se presentan, los vehículos se identifican por medio de colores, en este caso los vehículos en verde, son del movimiento directo, los de color azul claro, son del giro a la izquierda, y los vehículos de color amarillo, son los del giro a la derecha dentro de la intersección.

En la primera parte de la modelación del estado actual se analizaron los tipos de control que se tiene dentro de la intersección, observando el número de vehículos represados en cola antes de pasar por el nodo de la zona de estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior se logró determinar el estado actual de la intersección, observando que la infraestructura existente está provocando los

congestionamientos, debido a la mala organización que se tiene al momento de pasar por el nodo, relacionado también con el tiempo de espera que se obliga a dar por el flujo de los demás carriles.

En la imagen 14 se muestra una vista en tercera dimensión (3D), del estado actual de la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

Imagen 14. Vista en 3D del estado actual de la zona de estudio.



Fuente: Garzón, 2015

En la anterior imagen se logra observar el volumen mixto vehicular, además de las colas de espera que se evidencian dentro de la intersección. Teniendo en cuenta que la intersección tiene como elemento de control la señal de tránsito de pare y ceda el paso.

Respecto a la problemática, se logra analizar que a partir de tener un carril por sentido, el volumen de vehículos excede la capacidad de la vía, y más en horas de máximo flujo, como lo es desde las 4:45 pm a 6:00 pm en este tramo.

En la tabla 28 se muestran los datos arrojados por el programa, teniendo en cuenta los giros de la intersección.

Tabla 25. Datos del sistema de movimientos de la intersección.

SimTraffic Performance Report				
Baseline	09/12/2015			
5: CLL. 7 & CR. 6 Performance by approach				
Approach	EB	WB	SB	All
Total Delay (hr)	8.5	1.9	1.5	12.0
Total Del/Veh (s)	259.9	59.7	61.8	133.4
Speed Delay (hr)	0.9	1.9	1.5	4.4
Speed Del/Veh (s)	28.0	59.7	61.8	48.7
Total Stops	53	274	21	348
Travel Dist (km)	7.5	17.0	7.3	31.7
Travel Time (hr)	8.9	2.8	1.9	13.6
Avg Speed (kph)	6	6	4	5
Fuel Used (l)	7.6	3.3	2.0	12.9
HC Emissions (g)	66	42	11	118
CO Emissions (g)	888	611	172	1671
NOx Emissions (g)	55	74	17	146
Vehicles Entered	111	101	78	290
Vehicles Exited	110	98	77	285
Hourly Exit Rate	660	588	462	1710
Input Volume	4408	5120	4200	13728
% of Volume	15	11	11	12
Denied Entry Before	14	0	0	14
Denied Entry After	81	0	0	81

Fuente: Garzón, 2015 del software Synchro 8.0

En la tabla 28, se observan los datos del sistema de movimientos, donde se destacan los tiempos de viaje, distancia del viaje, vehículos que entran y salen del sistema, la velocidad de recorrido y el combustible usado dentro del sistema.

Se obtienen valores muy altos que muestra una falla en el sistema, con las condiciones existentes de la intersección lo cual obliga a tener un cambio del sistema con las que está actualmente la zona de estudio.

### 8.1.7.2. MODELACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO APLICANDO CONTROL SEMAFÓRICO

Teniendo en cuenta lo anterior, se empleó un nuevo método en busca del mejoramiento de la movilidad por la zona de estudio, esta vez usando el control semafórico, evaluando el sistema para su mejoramiento.

En la imagen 15, se muestra la modelación de la zona con el cambio de sistema en la intersección, esta vez con control semafórico.

Imagen 15. Vista aérea de la intersección con control semafórico.



Fuente: Garzón, 2015

De la anterior imagen se puede evidenciar que a pesar de que se haya cambiado el control de la intersección se siguen presentando congestionamientos, analizando la longitud y tiempo de espera en colas en la carrera séptima y en la calle sexta, en hora pico, lo que evidencia que si solo se cambia el control semafórico, no daría una solución al problema de movilidad por este sector.

Imagen 16. Vista en 3D de la intersección con control semafórico.



Fuente: Garzón, 2015

En la imagen 16 se muestra una vista en tercera dimensión (3D), con el uso de control semafórico del estado actual de la carrera séptima por calle sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca.

En la tabla 29 se muestran los datos arrojados por el programa, teniendo en cuenta los giros de la intersección y el funcionamiento de los semáforos.



*Tabla 26. Datos del sistema de movimientos de la intersección, con control semafórico.*

SimTraffic Performance Report										
Baseline 09/12/2015										
5: CLL.7 & CR.6 Performance by movement										
Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	SBL	SBT	SBR	All
Total Delay (hr)	1.5	6.1	1.5	0.8	2.0	0.8	0.4	0.4	0.4	14.0
Total Del/Veh (s)	359.3	444.6	227.9	599.0	599.0	599.1	40.6	41.9	38.2	228.4
Speed Delay (hr)	0.2	0.5	0.3	0.8	2.0	0.8	0.4	0.4	0.4	5.9
Speed Del/Veh (s)	42.8	40.3	46.7	599.0	599.0	599.1	40.6	41.9	38.2	97.0
Total Stops	21	55	33	0	0	0	63	65	56	293
Travel Dist (km)	1.0	2.9	1.5	0.0	0.1	0.0	3.1	3.4	3.0	15.0
Travel Time (hr)	1.5	6.2	1.6	0.8	2.0	0.8	0.5	0.6	0.5	14.7
Avg Speed (kph)	4	4	4	0	0	0	6	6	5	2
Fuel Used (l)	1.4	5.2	1.5	0.7	1.7	0.7	0.7	0.7	0.7	13.1
HC Emissions (g)	7	38	5	0	12	6	4	6	6	84
CO Emissions (g)	103	528	79	7	163	79	64	97	93	1214
NOx Emissions (g)	7	36	4	0	9	4	8	13	12	93
Vehicles Entered	15	44	22	0	0	0	32	36	31	180
Vehicles Exited	15	44	22	0	0	0	32	35	34	182
Hourly Exit Rate	90	264	132	0	0	0	192	210	204	1092
Input Volume	1138	2528	742	565	3197	1358	1190	1365	1645	13728
% of Volume	8	10	18	0	0	0	16	15	12	8
Denied Entry Before	1	12	1	0	0	0	0	0	0	14
Denied Entry After	14	51	12	0	0	0	0	0	0	77

Fuente: Synchro 8.0

En la tabla 29, se observan los datos del sistema de movimientos, donde se destacan los tiempos de viaje, distancia del viaje, vehículos que entran y salen del sistema, la velocidad de recorrido y el combustible usado dentro del sistema.

Se observa una baja en los valores con respecto a la tabla 28, que muestra una falla en el sistema, con el funcionamiento del control semafórico, se evidencia un ligero cambio, aunque no significativo. Por lo cual se debe realizar una alternativa de mayor extensión profundizando las variables de la intersección.

### 8.1.7.3. MODELACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO APLICANDO LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

En la imagen 17 se muestra una de las alternativas de solución a la movilidad, en la que se cambia el sentido de la carrera sexta, sin que en esta se presenten vehículos.

Imagen 17. Vista aérea de la intersección con control semafórico y cambio de condiciones de la carrera sexta.



Fuente: Garzón, 2015

En la anterior imagen se logra identificar que a partir del cambio de sentido de la carrera sexta, la intersección presenta un volumen de vehículos menor, además se tiene en cuenta que para generar un verdadero cambio se debe generar un sistema de ciclos programados para los semáforos, buscando descongestionar la calle séptima en ambos sentidos.

En la imagen 18 se muestra una vista en tercera dimensión (3D), con el uso de control semafórico y cambio de condiciones de la carrera sexta, mostrando el comportamiento que se tiene dentro de la intersección.

Imagen 18. Vista en 3D de la intersección con control semafórico y cambio de condiciones de la carrera sexta.



Fuente: Garzón, 2015

Para poder analizar las alternativas de solución del problema, tenemos que abarcar toda la información tomada de campo, una de las alternativas, es convertir la calle sexta de un solo sentido (sentido sur-norte), desde la calle séptima, hasta la calle 11, debido a que se tiene la limitación del hospital Santa Matilde sobre este punto, después de la calle 11 se podrá circular en ambos sentidos sin ningún tipo de restricción.

En la tabla 30 se muestran los datos arrojados por el programa, teniendo en cuenta los giros de la intersección, el funcionamiento de los semáforos, y el cambio de condiciones de la carrera sexta, dejándola solo de un sentido (sur-norte).

Tabla 27. Datos del sistema de movimientos de la intersección, con control semafórico y cambio de sentido de la carrera sexta.

SimTraffic Performance Report							
Baseline		09/12/2015					
5: CLL.7 & CR.6 Performance by movement							
Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	All
Total Delay (hr)	2.6	7.0	2.0	0.2	1.4	0.3	13.5
Total Del/Veh (s)	461.2	493.1	472.1	56.8	66.6	61.8	249.7
Speed Delay (hr)	0.2	0.6	0.2	0.2	1.4	0.3	2.9
Speed Del/Veh (s)	36.4	41.0	42.4	56.8	66.6	61.8	53.8
Total Stops	24	72	22	31	217	53	419
Travel Dist (km)	1.2	3.3	0.9	1.5	11.4	2.8	21.1
Travel Time (hr)	2.6	7.2	2.0	0.3	2.0	0.5	14.5
Avg Speed (kph)	5	4	4	6	6	6	5
Fuel Used (l)	2.3	5.8	1.8	0.3	2.4	0.6	13.3
HC Emissions (g)	6	57	0	0	44	8	115
CO Emissions (g)	103	775	24	7	637	114	1660
NOx Emissions (g)	5	55	1	1	85	15	160
Vehicles Entered	19	48	14	11	67	14	173
Vehicles Exited	18	50	13	7	66	19	173
Hourly Exit Rate	108	300	78	42	396	114	1038
Input Volume	1138	2528	742	565	3197	1358	9528
% of Volume	9	12	11	7	12	8	11
Denied Entry Before	7	18	4	0	0	0	29
Denied Entry After	25	59	15	0	0	0	99
Density (m/veh)							10
Occupancy (veh)	2	4	1	2	12	3	24

Fuente: Synchro 8.0.

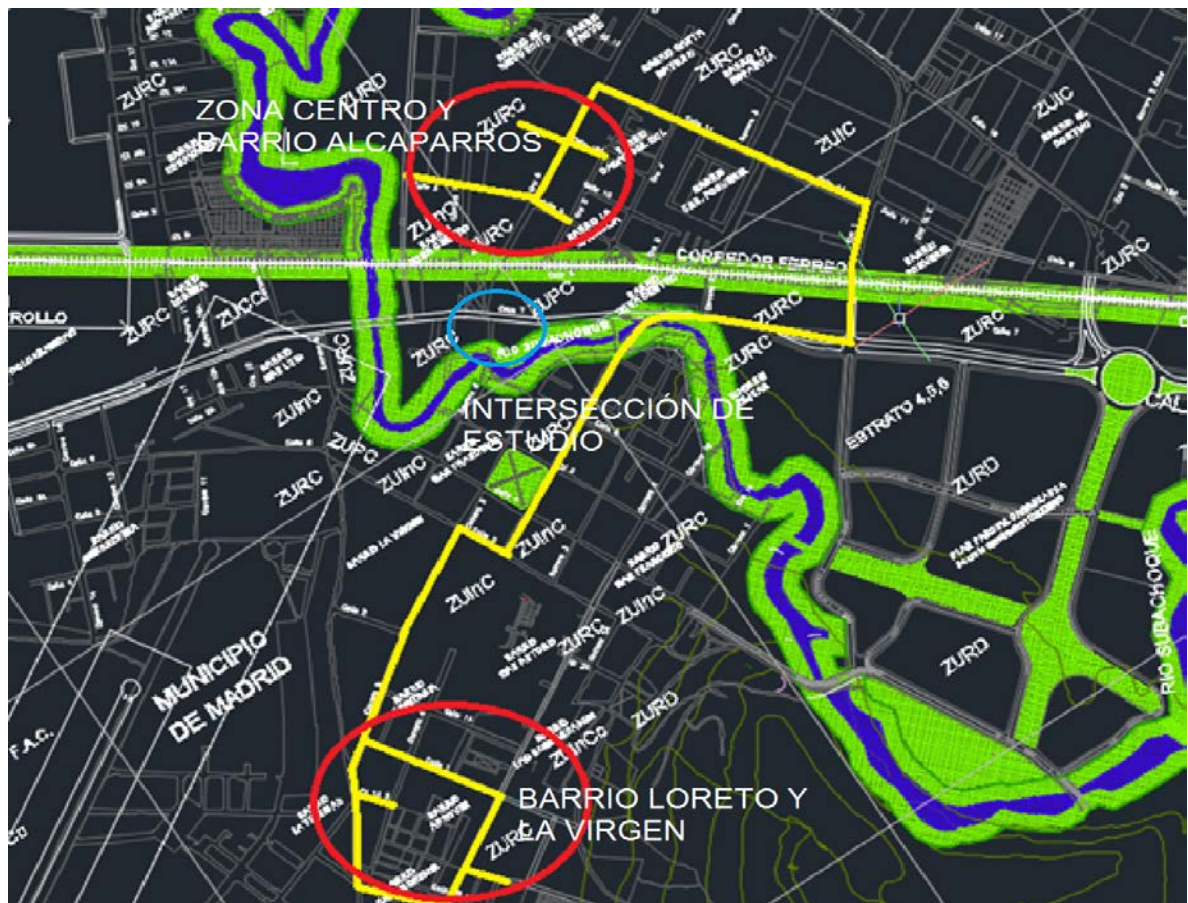
En la tabla 30, se observan los datos del sistema de movimientos, donde se destacan los tiempos de viaje, distancia del viaje, vehículos que entran y salen del sistema, la velocidad de recorrido y el combustible usado dentro del sistema.

Se obtienen valores más bajos con respecto a las tablas 28 y 29 que muestran una falla en el sistema, en este caso se hace un enfoque en el aumento de la velocidad, que ganan los vehículos al entrar y salir del sistema y la disminución en los tiempos de viaje y la distancia recorrida usando menos combustible, debido a que ya no se presentan congestiones en la zona de estudio.

Teniendo en cuenta el cambio de condiciones que se le dio a la carrera sexta se debe generar un sistema de nuevas rutas, que garantice que los conductores puedan llegar a sus destinos sin demoras y sin complicaciones a la hora de usar su ruta; además las nuevas rutas bajaran considerablemente los volúmenes de transito presentes en horas pico por la intersección.

En la imagen 19, se muestra la primera alternativa de ruta que tienen los barrios aledaños a la intersección de estudio.

Imagen 19. Ruta zona centro a barrio Loreto y La Virgen.



Fuente: Garzón, 2015

En la anterior imagen se identifica la nueva ruta que se propone para los conductores, teniendo en cuenta las encuestas de origen-destino, en este caso dando prioridad al hospital Santa Matilde de Madrid, se usa la calle 11 para tomar

la carrera 1, hasta la calle séptima, dirigiéndose en sentido oriente a tomar la carrera 4 y luego hacer un giro a la derecha a ingresar directamente al barrio Loreto por la carrera 5.

En la imagen 20 se muestra la nueva ruta comprendida entre los barrios los Ángeles y el barrio San Francisco.

Imagen 20. Ruta barrió los Ángeles y 1 de Mayo, hasta el barrio San Francisco.



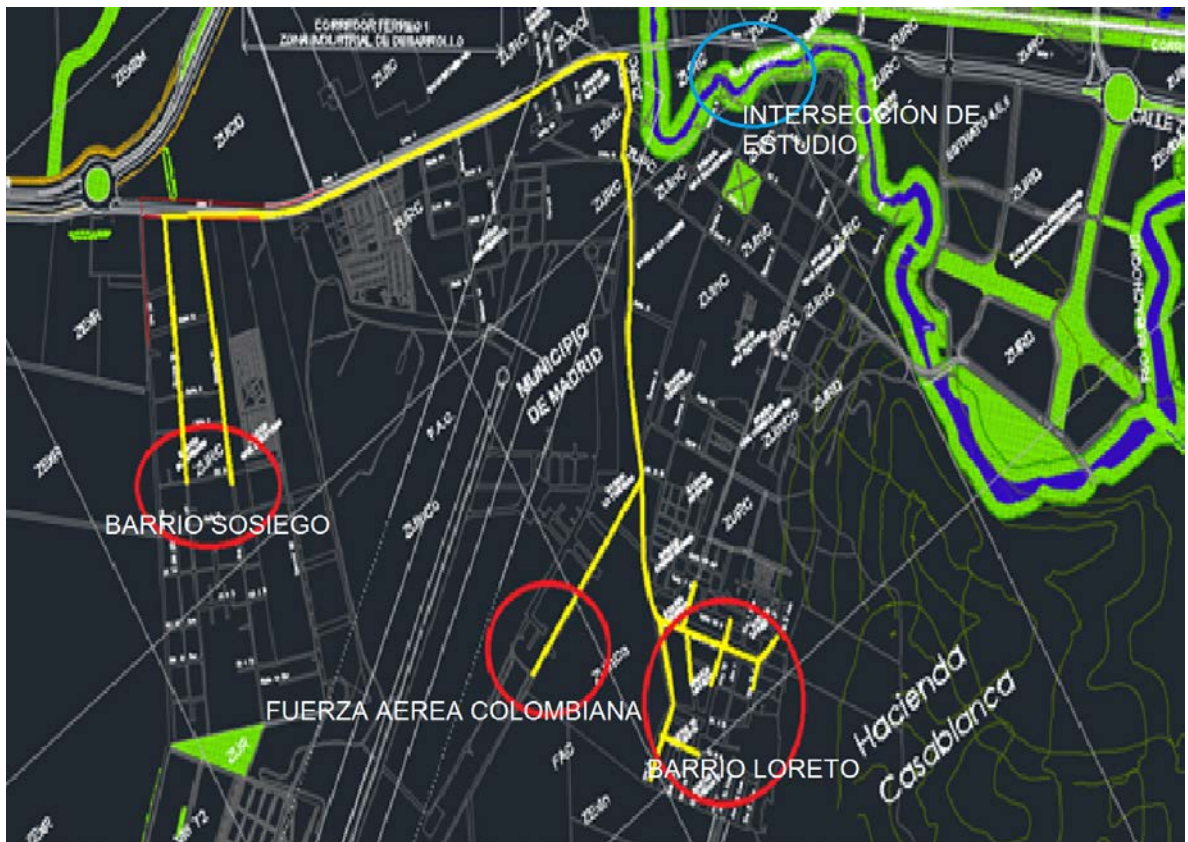
Fuente: Garzón, 2015

En la anterior imagen se identifica la nueva ruta que se propone para los conductores, teniendo en cuenta las encuestas de origen-destino, en este caso se toma como origen el barrio los Ángeles tomando como vías la carrera sexta, para

luego coger la calle 11 directamente, hasta la carrera 1, de ahí se baja en sentido norte sur a tomar la calle 7 con 2 destinos uno hacia Bogotá y el otro siguiendo la ruta al oriente, vinculando la vía de la carrera 4, siguiendo hasta la calle 1, llegando finalmente al barrio San Francisco.

En la imagen 21 se muestra la alternativa de ruta del barrio Sosiego hasta el barrio Loreto y Fuerza Aérea Colombiana.

Imagen 21. Ruta barrio Sosiego hasta el barrio Loreto y Fuerza Aérea Colombiana.



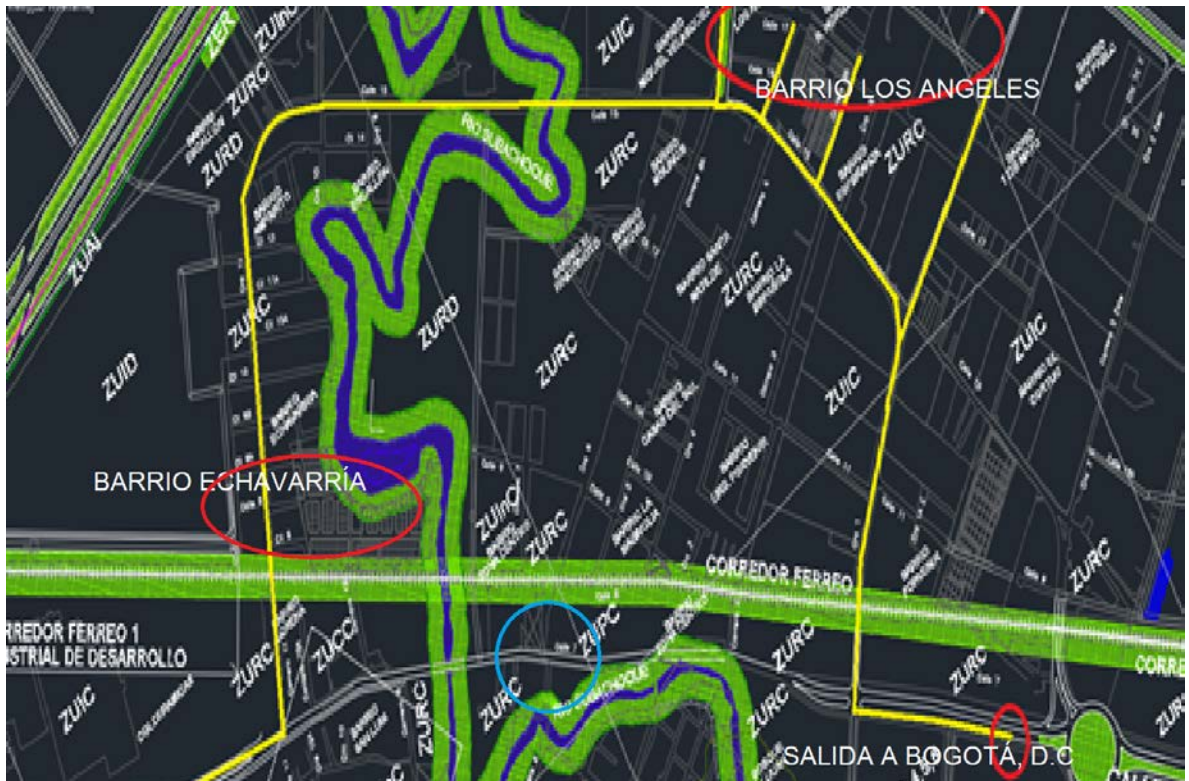
Fuente: Garzón, 2015

En la anterior imagen se identifica la nueva ruta que se propone para los conductores, teniendo en cuenta las encuestas de origen-destino, en este caso se toma como origen el barrio Sosiego tomando como rutas la carrera 22 y 21 sentido sur-norte llegando a la calle séptima, cogiendo en sentido oriente-occidente, hasta llegar a la carrera 9 y allí siguiendo por este tramo hacia el sur, generando un

cambio de vía que una se dirige a la Fuerza Aérea Colombiana y la otra hacia el barrio Loreto.

En la imagen 22 se identifica la alternativa de ruta que parte desde el barrio Echavarría hasta llegar a la salida hacia Bogotá, D.C

Imagen 22. Ruta barrio Echavarría hasta la salida a Bogotá, D.C.



Fuente: Garzón, 2015

En la anterior imagen, se identifican la nueva ruta que se propone para los conductores, teniendo en cuenta las encuestas de origen-destino, en este caso se toma como origen el barrio Echavarría tomando la carrera 11 sentido sur-norte llegando a la calle 15 y de ahí se continua directamente hasta salir a la carrera 1 y de nuevo a la calle séptima, generando la salida hacia Bogotá, D.C.

Con la generación de nuevas rutas en el municipio, lo que se logro fue una disminución de los volúmenes vehiculares mixtos en horas pico, además de poner en uso vías alternativas que antes no se usaban, y que con el cambio de sentido de la carrera sexta se observó la utilización de vías alternas para llegar a sus destinos.



## 9. CONCLUSIONES

- Se diseñó un modelo que mejora la movilidad de la calle séptima por carrera sexta en el municipio de Madrid Cundinamarca, a través de la modelación en el software especializado.
- El estado actual de la vía, en cuanto a infraestructura, no es el óptimo para soportar el volumen de vehículos que transitan por la intersección, razón por la cual se ocasiona un congestionamiento en la zona de estudio.
- Se diseñó un modelo a partir de las características físicas de la zona, teniendo en cuenta volúmenes vehiculares, peatonales, capacidades y niveles de servicio, que fueron mecanismo para generar una alternativa de solución al problema de movilidad en la zona de estudio.
- Se analizó con los datos recolectados, como lo fueron los aforos vehiculares en hora pico, el crecimiento poblacional y las condiciones de la infraestructura; que la mejor opción de solución es el cambio de sentido de la carrera sexta, con una programación guiada de los semáforos, que garantiza una mejora en la movilidad de la intersección de estudio.
- Se evaluaron los niveles de servicio peatonales, identificando a los peatones que usan el paso peatonal subterráneo y los que no lo usan, haciendo enfoque en el volumen peatonal que cada uno representa.
- Se replantearon nuevos sistemas de rutas municipales, debido a que se deben bajar los volúmenes vehiculares en horas pico, si se quiere generar un mejoramiento en la movilidad aplicando el cambio de sentido de la carrera sexta.

## 10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que a pesar de no tener un nivel de servicio F en las vías estudiadas, se debe garantizar la ejecución de las nuevas rutas propuestas, generando bajos volúmenes de vehículos mixtos sobre la vía, debido a que el nivel de servicio se encuentra en D.
- Se debe incentivar a crear conciencia ciudadana, para mejorar la movilidad peatonal a través de campañas de concientización, mostrando las consecuencias a las que se llegarían de no usar el paso peatonal subterráneo.
- Se deben generar planes de desarrollo municipales más eficaces con el fin de mitigar problemas emergentes, como lo es el crecimiento poblacional, y el crecimiento del parque automotor en el municipio, asegurando de esta forma un control de volúmenes vehiculares para la población de Madrid Cundinamarca.
- Se recomienda utilizar un nuevo plan de reubicación de las bahías para los vehículos de servicio público presentes dentro de la intersección, con el fin de garantizar un sistema menos peligroso, que minimice la afectación que ocasionan actualmente a la movilidad con la entrada y salida de estos vehículos en horas pico.
- Se debe generar una optimización con cambio de infraestructura vial, creando carriles exclusivos de giro y bicicarriles, con el fin de mejorar la movilidad, y el tránsito de la zona, obligando a crear un sistema sostenible para todos los usuarios de la vía.

- Se recomienda realizar proyecciones de tránsito, desde el año 0 hasta 25 años en el futuro, con el fin de analizar el crecimiento del parque automotor, el crecimiento poblacional y los posibles conflictos a la alternativa de solución planteada.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- BAÑON BLASQUEZ Luis, BEVIA GARCIA José, manual-de-carreteras Valencia España (citado 21 abril 2015), Cap. 1.
- CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, Movilidad y desarrollo sostenible – v8 formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá D.C.
- Highway Capacity Manual, HCM2000, proyecto vial.(2012)
- Holgado Ruiz, Emma, ESTUDIO DE REGULACIÓN DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS Y PEATONES EN LOS ALREDEDORES DE LA AVENIDA PORTUGAL DE SALAMANCA.TESIS (Sept. 2012), Catalunya, España.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Washington, D.C. Manual de Capacidad de Carreteras. 1985. Madrid: 1987, 636 p. II. Única edición: contiene problemas resueltos. Traducido al idioma español por la Asociación Técnica de Carreteras. ISBN 84-398-9562-3.
- UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles. Popayán. 1996. 43 p. + anexo. Convenio Interinstitucional No. 1014 de 1995 Instituto Nacional de Vías – Universidad del Cauca.
- ALCALDIA DE MADRID CUNDINAMARCA. Sitio web del municipio Madrid en Cundinamarca [en línea]. <[www.Madrid-Cundinamarca.gov.co](http://www.Madrid-Cundinamarca.gov.co)>

## **12. ANEXOS**

## Anexo 1. Formato de encuesta



ENCUESTA ORIGEN-DESTINO  
MADRID-CUNDINAMARCA  
UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

1. Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_
2. Nombre del lugar de la encuesta origen-destino: \_\_\_\_\_
3. Ubicación de la estación en la carretera: \_\_\_\_\_

ENCUESTA:

Sentido de circulación:(tache una opción) <input type="checkbox"/> Norte <input type="checkbox"/> Sur <input type="checkbox"/> Oriente <input type="checkbox"/> Oeste	
Referencia conocida hacia la que se dirige el vehículo: _____ _____	
Tipo de vehículo: <input type="checkbox"/> Automóvil <input type="checkbox"/> Camioneta <input type="checkbox"/> Bus servicio público <input type="checkbox"/> Furgón <input type="checkbox"/> Camión unitario <input type="checkbox"/> Camión articulado	Hora de aplicación de la encuesta: _____ Número de ocupantes del vehículo: _____
Origen del vehículo: 1. ¿Dónde empezó su viaje?: _____ (Lugar, municipio, provincia)	
Destino del vehículo: 2. ¿Cuál es su destino final?: _____ (Lugar, municipio, provincia)	
Destino intermedio: 3. ¿tiene alguna parada obligada o destino intermedio en el trayecto de origen-destino? (Tache la opción) <input type="checkbox"/> SI Cual es: _____ <input type="checkbox"/> NO	
4. Motivo del viaje: <input type="checkbox"/> TRABAJO <input type="checkbox"/> TURISTICO <input type="checkbox"/> OTRO	
5. Frecuencia del viaje: Veces*semana: _____ Veces*mes: _____	
6. Para vehículos de carga: ¿Carga transportada?: _____ (ton)	

Anexo 2. Tabla de factores de correlación a la capacidad por pendiente (Fpe).

PENDIENTE ASCENDENTE	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
%						
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.90
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87
8	0.96	0.92	0.89	0.97	0.86	0.85
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77
11	0.90	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71
12	0.87	0.76	0.71	0.68	0.67	0.64

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 3. Tabla de factores de correlación a la capacidad por distribución por sentido (Fd)

DITRIBUCIÓN POR SENTIDO A/D	PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE					
	0	20	40	60	80	100
50/50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
60/40	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70/30	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.71
80/20	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63
90/10	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100/0	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.50

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 4. Tabla de factores correlación a la capacidad por efecto combinado de ancho de carril y berma (Fcb)

ANCHO UTILIZABLE DE LA BERMA EN METROS	ANCHO EL CARRIL (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.99	0.98	0.96	0.92
1.50	0.99	0.99	0.98	0.95	0.91
1.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.91
1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.90
0.50	0.98	0.97	0.96	0.93	0.89
0.00	0.97	0.96	0.95	0.92	0.88

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 5. Tabla de factores correlación a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp)

PENDIENTE ASCENDENTE EN POR CIENTO	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS					
		10	20	30	40	50	
		80					
0	TODAS	0.95	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78
1	0.5	0.95	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78
	1.0	0.94	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77
	1.5	0.93	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77
	2.0	0.92	0.87	0.85	0.82	0.79	0.76
	3.0	0.91	0.87	0.84	0.82	0.79	0.76
	≥5.0	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75
2	0.5	0.94	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77
	1.0	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76
	1.5	0.92	0.88	0.84	0.81	0.79	0.76
	2.0	0.90	0.86	0.82	0.80	0.78	0.75
	3.0	0.89	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73
	≥5.0	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
3	0.5	0.94	0.89	0.84	0.81	0.78	0.75
	1.0	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	0.75
	1.5	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.73
	2.0	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71
	3.0	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
	≥5.0	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
4	0.5	0.93	0.88	0.83	0.80	0.76	0.74
	1.0	0.89	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71
	1.5	0.84	0.81	0.77	0.74	0.72	0.69
	2.0	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70	0.68
	3.0	0.82	0.78	0.75	0.71	0.68	0.66
	≥5.0	0.81	0.77	0.74	0.71	0.68	0.65
5	0.5	0.92	0.86	0.82	0.78	0.75	0.73
	1.0	0.86	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69
	1.5	0.82	0.78	0.75	0.71	0.69	0.65
	2.0	0.80	0.77	0.73	0.70	0.67	0.63
	3.0	0.79	0.75	0.72	0.68	0.66	0.63
	≥5.0	0.79	0.74	0.71	0.68	0.65	0.62
6	0.5	0.90	0.84	0.79	0.76	0.73	0.70
	1.0	0.81	0.77	0.73	0.70	0.67	0.65
	1.5	0.79	0.75	0.71	0.68	0.65	0.63
	2.0	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64	0.62
	3.0	0.76	0.72	0.69	0.66	0.63	0.61
	≥5.0	0.75	0.71	0.68	0.65	0.62	0.60
7	0.5	0.89	0.82	0.78	0.74	0.71	0.69
	1.0	0.78	0.74	0.71	0.67	0.64	0.61
	1.5	0.76	0.72	0.68	0.65	0.62	0.59
	2.0	0.74	0.70	0.67	0.63	0.60	0.57
	3.0	0.72	0.68	0.65	0.61	0.58	0.56
	≥5.0	0.71	0.67	0.64	0.60	0.57	0.55
8	0.5	0.87	0.81	0.76	0.73	0.70	0.67
	1.0	0.76	0.72	0.68	0.65	0.62	0.59
	1.5	0.73	0.69	0.65	0.62	0.59	0.56
	2.0	0.71	0.67	0.63	0.60	0.57	0.53
	3.0	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.53
	≥5.0	0.68	0.64	0.60	0.57	0.54	0.52
9	0.5	0.86	0.79	0.74	0.71	0.68	0.65
	1.0	0.74	0.70	0.67	0.64	0.60	0.58
	1.5	0.71	0.67	0.64	0.60	0.57	0.55
	2.0	0.70	0.66	0.62	0.59	0.56	0.53
	3.0	0.68	0.64	0.60	0.57	0.54	0.51
	≥5.0	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50
10	0.5	0.83	0.76	0.72	0.68	0.65	0.63
	1.0	0.70	0.65	0.62	0.59	0.56	0.52
	1.5	0.69	0.64	0.61	0.58	0.55	0.50
	2.0	0.68	0.62	0.58	0.55	0.52	0.48
	3.0	0.65	0.61	0.57	0.54	0.51	0.47
	≥5.0	0.64	0.60	0.56	0.53	0.50	0.46
11	0.5	0.83	0.69	0.65	0.62	0.49	0.45
	1.0	0.79	0.72	0.68	0.65	0.62	0.59
	1.5	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.52
	2.0	0.64	0.60	0.57	0.54	0.51	0.48
	3.0	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47
	≥5.0	0.62	0.58	0.54	0.51	0.48	0.46
12	0.5	0.81	0.67	0.63	0.60	0.47	0.45
	1.0	0.77	0.69	0.65	0.62	0.59	0.56
	1.5	0.66	0.62	0.59	0.56	0.52	0.50
	2.0	0.64	0.60	0.56	0.53	0.50	0.48
	3.0	0.61	0.57	0.53	0.50	0.48	0.45
	≥5.0	0.60	0.56	0.53	0.49	0.47	0.44

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 6. Tabla de velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendiente ascendente ( $V_i$ )

PEND. ASC. %	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)											
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	68	68
5	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7	85	69	63	60	59	58	55	55	54	54	54	54
8	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37
11	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 7. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por efecto de la utilización de la capacidad ( $F_u$ )

RELACIÓN VOLUMEN/CAPACIDAD $Q/C_{60}$	FACTOR DE CORRECCIÓN
0.1	0.99
0.2	0.98
0.3	0.96
0.4	0.92
0.5	0.87
0.6	0.82
0.7	0.75
0.8	0.68
0.9	0.59
1.0	0.50

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.



Anexo 8. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por el estado de la superficie de rodadura (Fsr)

VELOCIDAD D (km/h) V <sub>1</sub>	IRI > 6 mm/m	IRI 4 a 6 mm/m	IRI 2 a 4 mm/m
	ÁREA AFECTADA	ÁREA AFECTADA	ÁREA AFECTADA
	Mayor del 30 %	Del 15 al 30 %	Menor del 15 %
	Nivel Funcional 2	Nivel Funcional 3	Nivel Funcional 4 ó 5
20	1.00	1.00	1.00
30	0.99	0.99	1.00
40	0.97	0.98	1.00
50	0.93	0.95	1.00
60	0.88	0.92	0.98
70	0.81	0.87	0.97
80	0.73	0.82	0.96
90	0.63	0.75	0.94

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 9. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb)

Ancho utilizable de la berma (m)	ANCHO DEL CARRIL (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.97	0.93	0.85	0.73
1.50	0.98	0.95	0.91	0.83	0.71
1.20	0.96	0.93	0.89	0.81	0.7
1.00	0.95	0.92	0.88	0.80	0.69
0.50	0.91	0.88	0.84	0.76	0.66
0.00	0.88	0.85	0.81	0.73	0.63

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 10. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp1)

PENDIENTE ASCENDENTE %	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)	VELOCIDAD MEDIA DE LOS AUTOMÓVILES EN km/h, (V <sub>2</sub> )					
		≥ 90	80	70	60	50	≤ 40
0	Todas	0.85	0.88	0.92	0.97	1.00	1.00
1	0.5	0.84	0.88	0.91	0.96	1.00	1.00
	1.0	0.80	0.84	0.89	0.95	1.00	1.00
	1.5	0.76	0.82	0.88	0.95	1.00	1.00
	2.0	0.75	0.82	0.88	0.95	1.00	1.00
	2.5	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
	3.0	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
	≥3.5	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
2	0.5	x	0.00	0.91	0.95	1.00	1.00
	1.0	x	0.87	0.87	0.93	1.00	1.00
	1.5	x	0.82	0.85	0.92	0.99	1.00
	2.0	x	0.79	0.84	0.92	0.98	1.00
	2.5	x	0.79	0.84	0.92	0.98	1.00
	3.0	x	0.78	0.84	0.92	0.98	1.00
	≥3.5	x	0.77	0.84	0.92	0.98	1.00
3	0.5	x	0.84	0.88	0.92	0.98	1.00
	1.0	x	0.79	0.84	0.89	0.97	1.00
	1.5	x	0.75	0.80	0.87	0.95	1.00
	2.0	x	0.74	0.80	0.87	0.95	1.00
	2.5	x	0.73	0.79	0.87	0.95	1.00
	≥3.0	x	0.73	0.79	0.86	0.95	1.00
4	0.5	x	0.82	0.86	0.91	0.97	1.00
	1.0	x	0.77	0.81	0.87	0.95	1.00
	1.5	x	0.72	0.77	0.84	0.92	1.00
	2.0	x	0.72	0.77	0.83	0.92	1.00
	2.5	x	0.71	0.76	0.83	0.91	1.00
	3.0	x	0.71	0.75	0.82	0.91	1.00
≥3.5	x	0.70	0.74	0.82	0.91	1.00	

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

PENDIENTE ASCENDENTE %	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)	VELOCIDAD MEDIA DE LOS AUTOMÓVILES EN km/h, (V <sub>2</sub> )						
		≥ 80	70	60	50	40	30	≤ 20
5	0.5	0.81	0.85	0.89	0.95	1.00	1.00	1.00
	1.0	0.70	0.76	0.81	0.89	0.99	1.00	1.00
	1.5	0.68	0.73	0.79	0.87	0.97	1.00	1.00
	2.0	0.67	0.72	0.78	0.86	0.97	1.00	1.00
	2.5	0.66	0.71	0.77	0.86	0.96	1.00	1.00
	3.0	0.66	0.71	0.77	0.85	0.96	1.00	1.00
	≥3.5	0.66	0.70	0.76	0.85	0.95	1.00	1.00
6	0.5	0.75	0.79	0.84	0.90	0.98	1.00	1.00
	1.0	0.64	0.69	0.75	0.82	0.92	1.00	1.00
	1.5	0.63	0.67	0.73	0.80	0.90	1.00	1.00
	2.0	0.62	0.67	0.72	0.80	0.90	1.00	1.00
	2.5	0.62	0.66	0.71	0.79	0.90	1.00	1.00
	3.0	0.62	0.66	0.71	0.79	0.90	1.00	1.00
	≥3.5	0.61	0.66	0.71	0.78	0.89	1.00	1.00
7	0.5	0.72	0.76	0.81	0.86	0.94	1.00	1.00
	1.0	0.61	0.65	0.70	0.76	0.87	1.00	1.00
	1.5	0.60	0.63	0.69	0.75	0.85	0.99	1.00
	2.0	0.59	0.63	0.68	0.74	0.84	0.98	1.00
	2.5	0.59	0.62	0.67	0.73	0.83	0.97	1.00
	3.0	0.59	0.62	0.67	0.73	0.83	0.97	1.00
	3.5	0.59	0.62	0.67	0.73	0.83	0.97	1.00
≥4.0	0.58	0.61	0.66	0.73	0.82	0.96	1.00	
8	0.5	0.68	0.72	0.77	0.82	0.90	1.00	1.00
	1.0	0.58	0.61	0.65	0.72	0.80	0.95	1.00
	1.5	0.57	0.60	0.64	0.70	0.78	0.92	1.00
	2.0	0.56	0.59	0.63	0.69	0.77	0.91	1.00
	2.5	0.56	0.59	0.63	0.68	0.76	0.90	1.00
	3.0	0.56	0.59	0.62	0.68	0.76	0.89	1.00
	3.5	0.56	0.58	0.62	0.68	0.75	0.89	1.00
	4.0	0.56	0.58	0.62	0.67	0.75	0.89	1.00
≥4.5	0.55	0.58	0.62	0.67	0.75	0.89	1.00	

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

PENDIENTE ASCENDENTE %	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)	VELOCIDAD MEDIA DE LOS AUTOMÓVILES EN km/h, (V <sub>2</sub> )						
		≥ 70	60	50	40	30	20	≤ 10
9	0.5	0.65	0.70	0.75	0.83	0.95	1.00	1.00
	1.0	0.57	0.61	0.66	0.74	0.86	1.00	1.00
	1.5	0.56	0.59	0.64	0.72	0.83	1.00	1.00
	2.0	0.56	0.59	0.63	0.71	0.82	1.00	1.00
	2.5	0.55	0.58	0.63	0.70	0.81	1.00	1.00
	3.0	0.55	0.58	0.62	0.70	0.81	1.00	1.00
	3.5	0.55	0.58	0.62	0.69	0.81	1.00	1.00
	≥4.0	0.55	0.57	0.62	0.69	0.80	1.00	1.00
10	0.5	0.61	0.65	0.71	0.79	0.91	1.00	1.00
	1.0	0.55	0.58	0.62	0.69	0.80	1.00	1.00
	1.5	0.53	0.57	0.61	0.67	0.77	0.97	1.00
	2.0	0.52	0.55	0.59	0.65	0.76	0.95	1.00
	2.5	0.52	0.55	0.59	0.65	0.75	0.94	1.00
	3.0	0.52	0.55	0.59	0.64	0.74	0.93	1.00
	3.5	0.52	0.55	0.58	0.64	0.74	0.93	1.00
	≥4.0	0.51	0.54	0.58	0.63	0.73	0.92	1.00
11	0.5	x	0.60	0.65	0.73	0.85	1.00	1.00
	1.0	x	0.55	0.59	0.64	0.74	0.93	1.00
	1.5	x	0.53	0.57	0.62	0.71	0.88	1.00
	2.0	x	0.52	0.56	0.61	0.69	0.86	1.00
	2.5	x	0.52	0.55	0.60	0.68	0.85	1.00
	3.0	x	0.51	0.55	0.60	0.68	0.84	1.00
	3.5	x	0.51	0.55	0.59	0.67	0.84	1.00
	≥4.0	x	0.51	0.54	0.59	0.67	0.83	1.00

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

PENDIENTE ASCENDENTE %	LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)	VELOCIDAD MEDIA DE LOS AUTOMÓVILES EN km/h, (V <sub>2</sub> )					
		≥ 60	50	40	30	20	≤ 10
12	0.5	0.55	0.59	0.65	0.75	0.94	1.00
	1.0	0.51	0.54	0.60	0.67	0.83	1.00
	1.5	0.50	0.53	0.58	0.65	0.79	1.00
	2.0	0.49	0.52	0.57	0.63	0.78	1.00
	2.5	0.49	0.52	0.56	0.63	0.77	1.00
	3.0	0.49	0.51	0.56	0.62	0.75	1.00
	3.5	0.48	0.51	0.55	0.62	0.75	1.00
	4.0	0.48	0.51	0.55	0.62	0.75	1.00
	≥4.5	0.48	0.51	0.55	0.61	0.74	1.00

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 11. Tabla de factores de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados (Fp2)

PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS	VOLÚMENES EN AMBOS SENTIDOS (veh/h)								
	≤50	100	200	300	400	500	600	800	≥1000
0	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
10	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00
20	1.04	1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	0.99	0.97	0.96
30	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95
40	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94
50	0.98	0.97	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
60	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
70	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
80	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
100	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 12. Tabla de velocidad máxima que permite la curva más cerrada de sector (Vc)

RADIO DE CURVATURA (m)	VELOCIDAD MÁXIMA** (km/h)
20	37
40	46
60	51
80	54
100	57
150	62
200	66
300	71
400	74
500	77

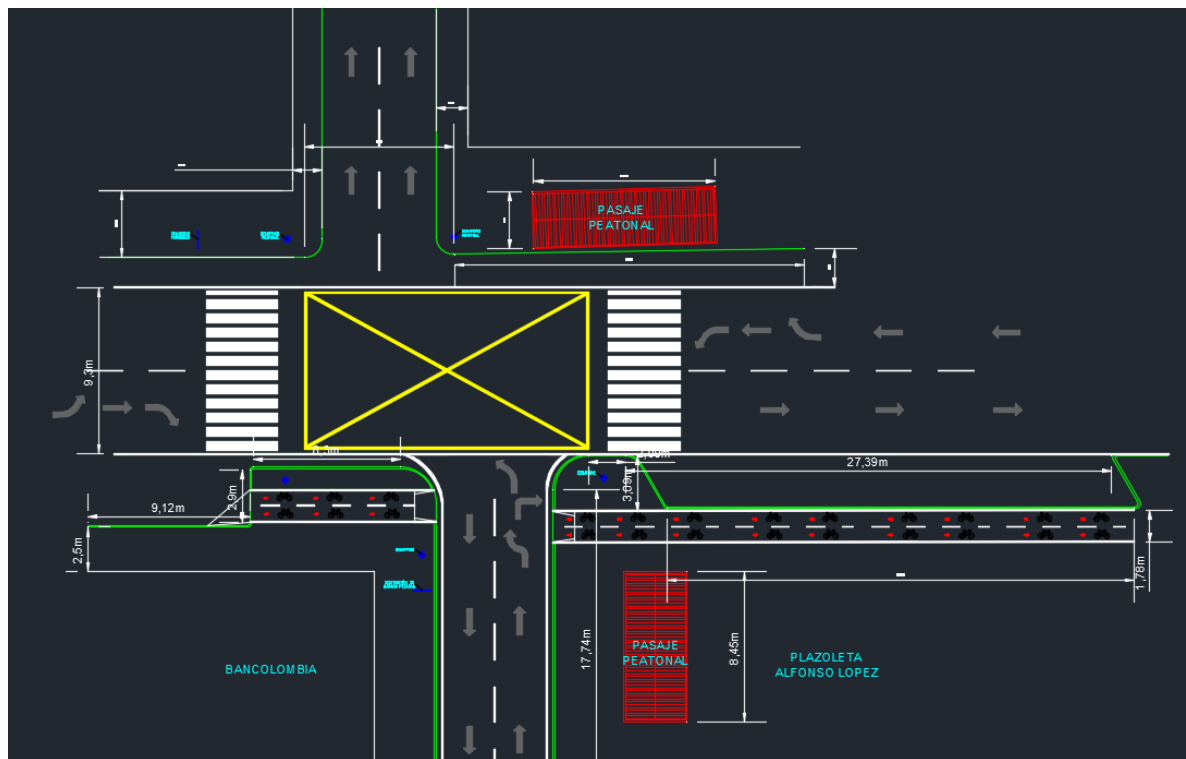
Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio.

Anexo 13. Tabla de velocidades en km/h que determinan los niveles de servicio por tipo de terreno. ( $V_c$ )

Tipo de terreno (pendiente longitud)	NIVELES DE SERVICIO					
	A	B	C	D	E	F
Plano (<3%)	≥83	72-83	62-72	52-62	42-52	42
Ondulado(≥3-<6%)	≥68	59-68	51-59	43-51	34-43	34
Montañoso(≥6-<8)	≥52	45-52	39-45	33-39	26-33	26
Escarpado(≥8%)	≥36	31-36	27-31	23-27	18-23	18

Fuente: Manual de Capacidad y niveles de servicio. HCM 2000.

Anexo 14. Levantamiento topográfico de la zona de estudio-estado actual.



Fuente: Garzón, 2015

Anexo 15. Niveles de servicio en vías peatonales.

	Ocupación (m <sup>2</sup> /pt)	V (m/min)	i (pt/min/m <sup>2</sup> )	i/c
<b>A</b>	≥ 11.70	≥ 78	≤ 7	≤ 0.08
<b>B</b>	≥ 3.60	≥ 75	≤ 23	≤ 0.28
<b>C</b>	≥ 2.16	≥ 72	≤ 33	≤ 0.40
<b>D</b>	≥ 1.35	≥ 68	≤ 49	≤ 0.60
<b>E</b>	≥ 0.54	≥ 45	≤ 82	≤ 1.00
<b>F</b>	< 0.54	< 45	Variable	

Fuente: Manual de capacidad de carreteras HCM 2000.