

**MODELO DE SIMULACIÓN MICROSCÓPICA VEHICULAR, ESTUDIO DE
CASO: CALLE 72 ENTRE CARRERAS 7 Y 28B DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ
D.C.**

**ALARCON GAMA MARCO SEBASTIAN
GARCES GARZON CARLOS DAVID
RUBIANO MONTOYA JEYSON ORLANDO**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.
2015**

**MODELO DE SIMULACIÓN MICROSCÓPICA VEHICULAR, ESTUDIO DE
CASO: CALLE 72 ENTRE CARRERAS 7 Y 28B DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ
D.C.**

**ALARCON GAMA MARCO SEBASTIAN
GARCES GARZON CARLOS DAVID
RUBIANO MONTOYA JEYSON ORLANDO**

**Trabajo de grado presentado como opción parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Asesor disciplinar
Ing. Edgar Orlando Ladino**

**Asesor metodológico
Lic. Laura Milena Cala**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.
2015**

CONTENIDO

	pág.
CONTENIDO	3
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS.....	9
INTRODUCCION.....	10
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2 JUSTIFICACION.....	12
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	13
4 ANTECEDENTES.....	14
4.1 INTERNACIONALES.....	14
4.2 LOCAL.....	16
4.3 NACIONALES.....	18
5 MARCOS DE REFERENCIA.....	21
5.1 MARCO CONCEPTUAL.....	21
5.2 MARCO GEOGRAFICO.....	32
<i>Intersecciones y semaforización en la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C.</i>	32
5.3 MARCO LEGAL.....	34
6 DISEÑO METODOLOGICO.....	37
6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACION.....	37
6.2 TIPO DE INVESTIGACION.....	37
6.3 DISEÑO MUESTRAL.....	38
6.4 FASES DE LA INVESTIGACION.....	38
6.4.1 Modelación del comportamiento del flujo vehicular.....	38
6.4.2 Análisis de los resultados obtenidos a través del modelo.....	39
6.4.3 Propuesta para mitigar la congestión vehicular.....	39
6.4.4 Esquema de las fases investigativas.....	39
6.5 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	40
7 RESULTADOS.....	41
7.1 VOLUMENES DE TRANSITO.....	41
7.1.1 Calle 72 con carrera 14:.....	41
7.1.2 Calle 72 con carrera 7:.....	47
7.1.3 Calle 72 con carrera 9:.....	50

7.1.4	Calle 72 con carrera 11:	52
7.1.5	Calle 72 con carrera 20A:	55
7.1.6	Calle 72 con carrera 20B:	57
7.1.7	Calle 72 con carrera 20C:	60
7.1.8	Calle 72 con carrera 24:	62
7.1.9	Calle 72 con carrera 28 y 28A:	65
7.1.10	Calle 72 con carrera 28B:	68
7.2	TIEMPOS SEMAFÓRICOS:	71
7.2.1	Calle 72 por Carrera 7:	71
7.2.2	Calle 72 por Carrera 9:	72
7.2.3	Calle 72 por Carrera 11:	73
7.2.4	Calle 72 por Carrera 13:	74
7.2.5	Calle 72 por carrera 14 (Caracas) y carrera 15:	75
7.2.6	Calle 72 por Carrera 20 ^a :	77
7.2.7	Calle 72 por Carrera 20B:	78
7.2.8	Calle 72 por Carrera 20C:	79
7.2.9	Calle 72 por Carrera 24:	80
7.2.10	Calle 72 por Carrera 28 y 28 ^a :	81
7.2.11	Calle 72 por Carrera 28B:	82
7.3	ANÁLISIS DEL MODELO:	83
7.3.1	Análisis del tramo por medio de Synchro:	83
7.3.2	Niveles de servicio:	83
7.4	ANÁLISIS DE INTERSECCIONES EN CAMPO:	84
7.4.1	Calle 72 por Carrera 7:	84
7.4.2	Calle 72 por Carrera 9 ^{na} :	85
7.4.3	Calle 72 por carrera 11:	87
7.4.4	Calle 72 por carrera 14 (Av. Caracas):	89
7.4.5	Calle 72 entre carrera 7 ^{ma} hasta carrera 14 (Av. Caracas):	91
7.4.6	Calle 72 por carrera 20C:	94
7.4.7	Calle 72 por carrera 24:	95
7.4.8	Calle 72 entre carrera 14 (Av. Caracas) hasta carrera 28B:	97
7.5	ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO:	100
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	120
	BIBLIOGRAFIA:	128

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 Aforo acceso 1A y 91 ^a	43
TABLA 2. Datos Estadísticos-Tramo Calle 72 con carrera 14	47
TABLA 3. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 7.....	49
TABLA 4. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 9.....	52
TABLA 5. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 11.....	54
TABLA 6. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20A	57
TABLA 7. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20B	59
TABLA 8. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20C	62
TABLA 9. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 24.....	64
TABLA 10. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 28 Y 28A.....	67
TABLA 11. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 28B	70
TABLA 12. Grupo automático 1009 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 13.109	
TABLA 13. Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 A.	
.....	112
TABLA 14. Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 B.	
.....	115
TABLA 15. Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 C.	
.....	118

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 . Relación entre el sistema de transporte, el sistema de actividades y los flujos.....	22
FIGURA 2. Señales preventivas.	26
FIGURA 3 . Señales reglamentarias.....	27
FIGURA 4. Señales informativas.	28
FIGURA 5. Ubicación del tramo calle 72 (AV. Chile) entre carreras 7 y 28B	33
FIGURA 6. Metodología utilizada.....	40
FIGURA 7. Tramo Calle 72 con carrera 14.....	42
FIGURA 8. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 14.....	48
FIGURA 9. Tramo Calle 72 con carrera 7.....	48
FIGURA 10. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 7.....	50
FIGURA 11. Tramo Calle 72 con carrera 9.....	51
FIGURA 12. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 9.....	53
FIGURA 13. Tramo Calle 72 con carrera 11.....	53
FIGURA 14. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 11.....	55
FIGURA 15. Tramo Calle 72 con carrera 20A.	56
FIGURA 16. .Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 20A	58
FIGURA 17.Tramo Calle 72 con carrera 20B.	58
FIGURA 18.Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 20B	60
FIGURA 19. Tramo Calle 72 con carrera 20C.	61
FIGURA 20. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 20C	63
FIGURA 21. Tramo Calle 72 con carrera 24.....	63
FIGURA 22.Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 24.....	65
FIGURA 23. Tramo Calle 72 con carrera 28 Y 28A.	66
FIGURA 24. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 28 Y 28A.....	68
FIGURA 25. Tramo Calle 72 con carrera 28B.	69

FIGURA 26.	Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 28B	71
FIGURA 27.	Semáforos Número de referencia 1009-Tramo Calle 72 con carrera 7	72
FIGURA 28.	Semáforos número de referencia 1107-Tramo Calle 72 con carrera 9.....	73
FIGURA 29.	Semaforos número de referencia 1156-Tramo Calle 72 con carrera 11.....	74
FIGURA 30.	Semaforos número de referencia 1769-Tramo Calle 72 con carrera 13.....	75
FIGURA 31.	Semáforos número de referencia 1049-Tramo Calle 72 por carrera 14 (Caracas) y carrera 15	77
FIGURA 32.	.Semáforos número de referencia 1128-Tramo Calle 72 con carrera 20A	78
FIGURA 33.	Semaforos número de referencia 1404-Tramo Calle 72 con carrera 20B	79
FIGURA 34.	Semáforos número de referencia 1405-Tramo Calle 72 con carrera 20C	80
FIGURA 35.	Semaforos número de referencia 1149-Tramo Calle 72 con carrera 24.....	81
FIGURA 36.	Semaforos número de referencia 1356-Tramo Calle 72 con carrera 28 y 28A	82
FIGURA 37.	Semaforos número de referencia 1370-Tramo Calle 72 con carrera 28B	83
FIGURA 39	Registro fotográfico calle 72 por carrera 7ma sentido sur-norte.	90
FIGURA 41	Registro fotográfico calle 72 por carrera 9na, sentido sur- norte	92
FIGURA 59.	Intersección calle 72 con Caracas, Delineamiento paso a desnivel.	106
FIGURA 60.	Intersección calle 72 con carrera 13, Ciclo semafórico, Plan 2.	110
FIGURA 61.	Intersección calle 72 con carrera 13, Ciclo semafórico, Plan 3.	111
FIGURA 62.	Intersección calle 72 con carrera 20 A, Ciclo semafórico, Plan 2.	113
FIGURA 63.	Intersección calle 72 con carrera 20 A, Ciclo semafórico, Plan 6.	114
FIGURA 64.	Intersección calle 72 con carrera 20 B, Ciclo semafórico, Plan 2.	116
FIGURA 65.	Intersección calle 72 con carrera 20 B, Ciclo semafórico, Plan 6.	117
FIGURA 66.	Intersección calle 72 con carrera 20 C, Ciclo semafórico, Plan 2.	119
FIGURA 67.	Intersección calle 72 con carrera 20 C, Ciclo semafórico, Plan 6.	120
FIGURA 68.	Intersección calle 72 con carrera 20 C, Ciclo semafórico, Plan 1.	121
FIGURA 69.	Tramo Calle 72 con carrera 11.....	122
FIGURA 70.	Movimiento 3 y 93 del punto de conflicto 1.	123

FIGURA 71. Intersección calle 72 con carrera 11, Ciclo semafórico, Plan 1.	124
FIGURA 72. Giro en U del punto de conflicto 2.	125

LISTADO DE ABREVIATURAS

D.C:	Distrito Capital.
PTV VISSIM:	Verkehr In Städten – SIMulationsmodell
UPZ:	Unidades de Planeamiento Zonal
DXF:	Drawing Exchange Format
SHP:	Shapefile
JPEG:	Joint Photographic Experts Group
BMP:	Mapa de bits independiente del dispositivo

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado fue realizado con el fin de explicar la problemática en el flujo vehicular en la calle 72 entre carreras 7 y la carrera 28B, por medio de una simulación microscópica donde se evaluaron temas importantes de movilidad en el flujo, como son velocidades, volúmenes, tiempo de demoras y capacidades de adelantamiento. El estudio estuvo apoyado con el software Synchro 9, el cual proporciona una idea clara de cómo será el tramo por medio de una modelación, donde se podrán dimensionar los aspectos más influyentes del proyecto, indagando los análisis encontrados para poder determinar cómo se encuentra el estado del flujo vehicular y relacionando finalmente los dos análisis a realizar, el estudio de campo y el estudio del modelo, para luego proponer una alternativa que mejore y optimice la movilidad de la calle 72 entre carrera séptima y 28B de la ciudad de Bogotá D.C.

Escogiendo la calle 72 como una de las vías principales en la ciudad de Bogotá D.C y determinando que su punto de influencia y de aumento de volumen vehicular son entre las carreras 7 y 28b, requiere un estudio detallado de sus intersecciones para mejorar los tiempos de recorrido de un punto a otro a lo largo del este tramo. Cabe señalar que la calle 72 entre carrera 7 y 28b es una vía que transita y moviliza gente de toda la ciudad debido a su variada zona de universidades, comercio, recreación y empresas donde este incremento de volumen diario afecta a la movilidad en este punto de análisis.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Avenida Chile o calle 72 es una vía que recorre la ciudad de Bogotá D.C. en sentido oriente a occidente en la zona norte de la ciudad, esta inicia en la carrera 5 atravesando los barrios de Chapinero, Barrios Unidos y Engativá y localizando en esta zona comercio, educación y empresas. Sin embargo, el problema de tráfico vehicular y congestión en la ciudad de Bogotá D.C. es un tema crítico e importante ya que en los últimos años el incremento del tráfico ha afectado la movilidad, más aun en la calle 72 que se observa un gran volumen de vehículos circulando por la vía, la cual no cumple con los requisitos geométricos ni de capacidad requeridos para tal demanda de vehículos. Se presentan problemas de movilidad, aumentando el tiempo de viaje y disminuyendo la velocidad de recorrido que conlleva a un flujo lento con necesidades inminentes de optimización.

Por esta razón, se requiere un estudio microscópico, determinando el comportamiento del tráfico vehicular mediante una simulación que permita conocer qué es lo que realmente está causando el aumento de tráfico vehicular en la calle 72 entre carreras 7 y 28B, siendo esta una zona de influencia en la ciudad de Bogotá D.C.

Conocido el planteamiento del problema surge la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo es el comportamiento del flujo vehicular en la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C, con base en los resultados de la simulación microscópica obtenidos con el software Synchro?**

2 JUSTIFICACION

Debido al considerable aumento de tráfico vehicular en las ciudades del mundo es necesario estudiar y analizar a fondo el comportamiento de estos vehículos, buscando posibles soluciones con ayuda de los avances tecnológicos actuales, los cuales están desarrollados para proyectar, diagnosticar, identificar y optimizar el tráfico de la mejor manera posible. La principal fortaleza de crear un modelo de flujo vehicular radica en la habilidad de simular las condiciones reales de tránsito con un nivel avanzado de detalles determinados, a partir de los cuales se puede estudiar la localización, la geometría de la vía, volúmenes de tráfico, horas pico, dispositivos de control del tráfico, accidentalidad, tipos de vehículos, datos de origen, destino de los vehículos ; y con el resultado identificar, analizar y evaluar la dinámica del tráfico vehicular, sus operaciones y el rendimiento general de la vía, con el objetivo de proponer alternativas que contribuyan al mejoramiento del tránsito.

El aporte de esta investigación se basa en una simulación microscópica que contiene medidas de análisis para observar el comportamiento del incremento de tráfico vehicular, la cual va enfocada en describir que tipo de vehículos transitan en el sector delimitado, los tipos de fallas que se encuentran actualmente en el pavimento asfáltico, identificar la hora máxima y mínima pico, describir las características sociales, económicas y urbanísticas, el estado de los separadores, señalización y semáforos, con el fin de mejorar la vía y generar una mejor circulación de vehículos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar microscópicamente el comportamiento del flujo vehicular en la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C. utilizando un software que dimensione los aspectos influyentes en la vía.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar por medio del software Synchro 9 el comportamiento del flujo vehicular en la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C., teniendo en cuenta las variables velocidad, densidad y flujo que afectan la movilidad en la zona de estudio.
- Analizar los resultados obtenidos del modelo generando un diagnóstico técnico del problema que afecta la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C.
- Proponer una alternativa que mejore el problema de movilidad presente basada en la conservación de los accesos al comercio, trabajo y estudio en la calle 72 entre carrera 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C.

4 ANTECEDENTES

4.1 INTERNACIONALES

Marco Antonio Argumedo, en el año 2006, realizó un estudio sobre el Análisis macroscópico del tráfico vehicular en ciudad universitaria, cuyo principal objetivo fue “realizar un estudio preliminar del tráfico vehicular en Ciudad Universitaria mediante un sistema de información geográfica para el transporte como herramienta de análisis para visualizar la situación actual y proponer algunas recomendaciones de hacia dónde se deben enfocar los esfuerzos por mejorar la calidad de los traslados en la red vial del campus universitario”¹. Esta investigación se enfatiza en emplear la tecnología actual como herramienta para solucionar problemas de tráfico que se presentan a diario, en este caso la técnica de la simulación, la cual permite representar paramétricamente la realidad y analizar minuciosamente el comportamiento de un fenómeno en el transcurso del tiempo, la ventaja de usar una simulación es que se puede evaluar todos los aspectos de una zona determinada mediante tráfico realista dinámico, efectos de reducir o ampliar carriles, evaluar impactos de circulación vehicular, cambios de velocidades, pruebas de cambios de sentidos de calles y en general diferentes variables que se quieran estudiar.

Para efectos de esta investigación el autor usó el programa TransCAD un simulador de tráfico, este programa está diseñado para simular comportamientos de zonas amplias con topografía engorrosa. Esta herramienta permitió diseñar la estructura de la carretera por medio de un mapa interactivo a escala que representa cada una de las zonas que forman parte de la región global de la simulación, además se representaron los nodos en este caso conectores, carriles, intersecciones y semáforos.

Como resultado el programa arroja información detallada sobre variables de posición, movimiento, avance del tiempo y estado del vehículo, envía mensajes relativos a problemas de circulación o congestión, avisos de accidentes y también arroja errores que se produzcan en la simulación, en este caso errores de topología del sistema de carreteras y errores internos.

¹ ARGUMEDO, Marco Antonio. Análisis macroscópico del tráfico vehicular en ciudad universitaria, tesis para optar por el grado de: Maestro en ingeniería, Sistemas – transporte. México D.F.: Universidad nacional autónoma de México, 2006. P. 6

La principal contribución de este trabajo fue que “La configuración de la red vial de la Ciudad Universitaria fue diseñada en circuitos, los cuales no son los más adecuados para la operación vehicular, dado que para llegar a un destino dentro del campus o para salir de éste no existe una cantidad adecuada de rutas alternas, como generalmente ocurre en una red en forma de cuadrícula, donde es posible elegir de entre un conjunto de rutas alternas.”²

El aporte de esta investigación para el presente proyecto se orienta en implementar un modelo de simulación de tráfico macroscópico que determine el comportamiento vehicular en la zona de estudio, utilizando diferentes factores y variables como datos de entrada con el fin de que este simule el estado actual de la vía, su velocidad, densidad, volúmenes y elementos que afectan la movilidad.

Carlos José D. Pérez R (2010) realizó un estudio sobre el desarrollo de modelo de tráfico vehicular en Galatea con el objetivo de desarrollar e implementar modelos de tráfico vehicular unidireccional utilizando tres variantes del enfoque microscópico, es decir, modelos continuos, modelos de mapas acoplados y modelos de autómatas celulares. En esta investigación se hace referencia a los diferentes métodos de análisis macroscópicos con el cual se puede analizar flujos de tráfico vehicular, para efectos del trabajo se emplea el modelo microscópico de redes de mapas acoplados, un modelo propuesto por Newell³ el cual “incorpora ecuaciones de tiempo discreto y estados continuos. La dinámica de cada vehículo se describe mediante el sistema de dos mapas acoplados”⁴ el cual tiene en cuenta variables como velocidad, posición y tiempo, otro modelo usado es el modelo con autómatas celulares propuesto por Nagel – Schreckenberg⁵ “el modelo es un autómata celular en una dimensión, donde cada celda puede tomar un valor binario, uno si hay un vehículo en ella y cero en caso contrario. Suponiendo que los vehículos se mueven en carretera de un solo canal, de izquierda a derecha, la evolución de los estados en el modelo de rige por la regla 184 de Wolfram”⁶ y modelos microscópico del conducto inteligente o modelo

² Ibíd., p 95.

³ G.F. Newell. Nonlinear effects in the dynamics of car following. Operation Research, 9, 209(1961). Citado por PEREZ, Carlos José, Desarrollo de modelos de tráfico vehicular en Galatea. Venezuela. 2010. p. 9.

⁴ PEREZ, Carlos José, Sobre el desarrollo de modelos de tráfico vehicular en Galatea, Modelos macroscópicos de dinámica de fluidos, Venezuela, 2010. P. 9

⁵ NAGEL, K y SCHRECKENBERG, M. A cellular automaton model for freeway traffic, J. Phys. I France, 2, 2221-2229(1992). Citado por PEREZ, Carlos José, Desarrollo de modelos de tráfico vehicular en Galatea. Venezuela. 2010. p. 9

⁶ B. CHIPARD, M. DROZ, Cellular automata Modeling of Physical Systems, 1998. Citado por PEREZ, Carlos José, Desarrollo de modelos de tráfico vehicular en Galatea. Venezuela. 2010. p. 9

continuo, este modelo es desarrollado por Helbing, Hennecke y Treiber ⁷, donde se caracteriza por establecer para cada vehículo un sistema de ecuaciones diferenciales, que controlan la aceleración y el frenado, teniendo en cuenta variables como velocidad, aceleración máxima, posición, velocidad deseada, determina proporción de agresividad o timidez de los conductores.

Para poder implementar el modelo se tuvieron en cuenta detalles de modelo base, que en este proyecto serán de ayuda para realizar la simulación de tráfico vehicular; los vehículos que se incorporen en la vía conservaran el orden en que ingresan a la vía hasta el momento de salida, los vehículos ocupan un área determinada por lo tanto una posición en el espacio puede ser ocupada por un vehículo, los vehículos deben tener aceleración, velocidad y capacidad de frenado finita.

El resultado del análisis del modelo general presenta aspectos significativos como. No se presenta adelantamiento y tampoco cruce de vehículos, presenta las velocidades deseadas, los vehículos reducen la velocidad de manera eficiente y frenan conservando la distancia entre ellos.

El aporte de este trabajo para el presente proyecto es que hay diferentes modelos para simular tráfico vehicular, el cual ayudara a representar condiciones reales e ideales en el lugar de estudio, en el caso que se presente algún embotellamiento o congestionamiento en la vía poder modificar parámetros de entrada para que el flujo sea continuo y no afecte a los conductores para llegar a su destino.

4.2 NACIONALES

Jhon Alexander Estrada y Mario Saucedo Guapi (2012) realizaron una monografía sobre Simulador de tráfico vehicular “Motor de Flujo” con el objetivo de desarrollar el motor de micro simulador de tráfico vehicular que permita modelar diferentes escenarios que brinde una mejor compresión del tráfico, facilitando el análisis por parte del usuario. “El trabajo consiste en que el usuario por medio de una simulación planteada pueda encontrar soluciones para un problema común de tráfico vehicular, los puntos que se deben tener en cuenta para modelar son: la semaforización con sus tiempos y estados, el tráfico en horas denominadas “pico”,

⁷ M. TREIBER, A. HENNECKE, D. HELBING. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulation, Phys. Rev. E, i62 1805-1824 (2000). Citado por PEREZ, Carlos José, Desarrollo de modelos de tráfico vehicular en Galatea. Venezuela. 2010. p. 9

estado de las vías de la ciudad”⁸. Para poder realizar esta simulación de tráfico se realizaron estudios de volumen, velocidad, tiempos de viaje, retrasos en los estudios, estudios de densidad y estudios de accidente.

Para modelar el tráfico vehicular se usaron unas variables principales las cuales son vehículos, ruta, semáforo, calle y edificio, ya con estas el modelo funcionara y relacionara estas variables dentro del simulador con el fin de que arroje datos como velocidad máxima y mínima, tiempos, ruta más corta o ruta aleatoria, permitir e identificar colisiones, velocidad promedio, en general diferentes aspectos la cual muestre las condiciones reales de la zona de estudio. Por lo tanto para el análisis del código “motor de flujo” se realizó la simulación con el fin de que los usuarios se relacionen de una forma práctica con el sistema, por consiguiente el simulador permite crear parámetros como calles, semáforos, grafos dirigidos y generación de ruta, también captura información referente a los objetos estudiados como información de la calle, semáforo y cruces.

Como resultado de este trabajo la simulación de tráfico se puede implementar en mapas o diagramas de sitios estratégicos de la ciudad para ayudar a solucionar la movilidad, medir tasas de accidentalidad causadas por problemas como daños en los semáforos, deterioro en el sistema vial, falta de civismo en los conductores y mala señalización y por último controlar el tiempo de semaforización en horas pico para disminuir el tráfico vehicular.

El aporte de este trabajo para esta investigación es que en el momento de hacer la simulación de tráfico se puede tener las condiciones reales del sitio, por lo tanto cuando se presente aumento de tráfico vehicular mediante el software se puedan realizar cambios con el fin de disminuir el tráfico y poder alertar a los conductores que se encuentran en la vía, con el fin de que los usuarios tengan alternativas para asignar la ruta ideal y evitar el congestionamiento.

Ketty Fontalvo Arrieta⁹ (2013) mediante su trabajo de grado titulado modelación de tráfico vehicular con el software PTV VISSIM tramo bomba el gallo-bomba el amparo cuyo principal objetivo fue realizar la modelación de tráfico vehicular en el tramo comprendido entre la diagonal 53 (Bombas el Gallo) y la calle 31 (Bomba el

⁸ ESTRADA, Jhon Alexander, SAUCEDO, Mario, Sobre simulador de tráfico vehicular “motor de flujo”, Definición del Problema, Santiago de Cali, 2012. P. 13

⁹ FONTALVO, Ketty. Sobre la modelación de tránsito vehicular con el software PTV VISSIM tramo bomba el gallo-bomba el amparo. Metodología. Cartagena. 2013. p. 46.

Amparo) en la ciudad de Cartagena utilizando el software PTV VISSIM con el fin de simular el comportamiento de la vía para el estado actual y estado futuro a 5, 10, 15 y 20 años y presentar alternativas de solución si se presentan deficiencias de movilidad. Para iniciar el desarrollo de trabajo se tuvieron que realizar aforos vehiculares para identificar el tráfico vehicular, determinar los niveles de servicio con que está trabajando la vía con el fin de medir demoras, longitud de las colas y tiempos de viaje en los diferentes tramos de la vía y por último montar el modelo en el programa VISSIM.

“El tipo de investigación con la que se desarrolló el presente proyecto fue de tipo descriptivo y cuantitativo, debido a que se planteó unas hipótesis y con base en la información primaria y secundaria se procedió a la realización de la modelación empleando el software PTV VISSIM, con el cual se procedió a analizar y evaluar la salida de datos del modelo para luego analizar los resultados”¹⁰, En el momento que se tienen todos los datos de estudio se prosigue a ingresar todos los resultado para que el programa refleje las condiciones del sitio. Para reflejar las condiciones reales el programa solicita automáticamente la creación de links y conectores, los volúmenes de acceso, las rutas, zonas donde se presentan conflictos, creación de señales y ubicación de semáforos.

El resultado final de esta investigación con el cual se consiguió determinar el comportamiento a 5, 10, 15 y 20 años fue establecer el total de volúmenes para la hora pico y volúmenes vehiculares por acceso, medición de longitudes de cola, velocidades y demoras. Con estos resultados se plantean factores para la estimación de vehículos en situaciones futuras.

El aporte de esta investigación para el presente estudio de grado es el buen manejo del software. Mediante la utilización de resultados no solamente se puede reflejar el comportamiento actual de la vía, sino también el comportamiento a futuro que puede presentarse, con el fin de mejorar la movilidad y disminuir el aumento de tráfico vehicular en nuestra zona de estudio.

¹⁰ Ibíd., p 46.

4.3 LOCAL

Olga Romero, Mauricio Becerra, Milton Herrera y Johanna Trujillo¹¹ en el 2011 realizaron una simulación de tráfico de la carrera séptima en Bogotá D.C. Colombia, Entre calles 34 y 72 utilizando dinámica de sistemas, el objetivo del trabajo fue modelar el tráfico vehicular y de pasajeros en la Carrera Séptima de la ciudad de Bogotá entre las calles 34 y 72, empleando Dinámica de sistemas. Este documento demuestra que mediante una caracterización y modelación de tráfico, se logra comprender elementos de su comportamiento y las relaciones existentes entre las variables de movilidad, como los son principalmente la capacidad vial, volumen de vehículos en el sistema, pasajeros movilizados y velocidad promedio. Lo anterior permite analizar el impacto en el desempeño general del sistema y las diferencias presentadas en las horas pico y las horas valle.

El propósito de desarrollar el modelamiento para empezar se tiene que caracterizar el sistema, para efectos de este proyecto se caracteriza en transporte público colectivo, transporte particular, taxis y camiones, también se tiene en cuenta las intersecciones semafóricas, paraderos y capacidad de la vía. Obteniendo todos estos datos se puede proseguir a desarrollar el índice de saturación de la vía con sus respectivos factores de corrección y factor de hora pico, para así concluir con una conceptualización del sistema en este caso, subsistema de transporte, capacidad vial y de velocidad donde reflejan cuales son las características más relevantes en cada una de ellas.

Como resultado Romero, *et al*¹² explican la relación de la ocupación de la vía por los diferentes tipos de transporte y su efecto sobre la velocidad y pasajeros movilizados, evidencia en las horas pico el desbordamiento de la capacidad vial disponible, debido a un mayor flujo de vehículos. La velocidad promedio presenta un comportamiento creciente durante las primeras horas del día, la cual empieza a disminuir en el horario pico de la mañana, con un leve crecimiento en las horas de la tarde y descenso en el horario pico de la noche, esto por efecto de la cantidad de vehículos sobre la vía y en el horario pico es notorio el incremento de pasajeros movilizados y esto a su vez influye sobre la accidentalidad, la cual junto con la

¹¹ ROMERO, Olga; BECERRA, Mauricio; HERRERA Milton y TRUJILLO Johanna. Sobre la simulación de tráfico de la carretera séptima en Bogotá D.C. Colombia, entre calle 34 y 72 utilizando dinámica de sistemas. Resultados. Bogotá. 2011 p. 7.

¹² *Ibíd.*, p 7.

relación de vehículos en el sistema y la capacidad vial, generan el decrecimiento de la velocidad.

El aporte de este proyecto en cuanto al modelo de simulación a través de la dinámica de sistemas este ayudará a comprender la relación de cantidad de vehículos sobre la capacidad vehicular, tiene como fin determinar el número máximo de vehículos que pueden pasar por la vía y también identificar velocidad promedio la cual en estos casos variaría dependiendo la hora donde se genere más flujo de vehículos que puede tener la vía, por consiguiente si se maneja adecuadamente el modelo se tendrán resultados reales con el fin de proponer una medida de mejoramiento para la movilidad en el lugar de estudio.

5 MARCOS DE REFERENCIA

5.1 MARCO CONCEPTUAL

La red vial es uno de los medios más importantes que tiene una ciudad debido al constante uso que se genera para mover la población a través de un determinado medio de transporte de un lugar a otro. La red vial opera continuamente por medio de la *ingeniería de transporte* definida como la “aplicación de, los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente”¹³ y la *ingeniería de tránsito* definida como “aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros medios de transporte”¹⁴. Teniendo en cuenta la operación de la red debe realizarse el *proyecto geométrico* que se basa en “el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría”¹⁵, para llevar a cabo el dimensionamiento de las vías.

Dentro de la red vial funciona el sistema de transporte que beneficia a la sociedad, siendo este utilizado con fines educativos, económicos, recreacionales y de salud genera una *demand*a de usuarios significativa para ejecutar dichas actividades y el sistema debe satisfacer tal demanda con la *oferta* disponible en medios de transporte y vías. Según Cal y Mayor y Cárdenas¹⁶, este sistema puede ser ilustrado de la siguiente manera:

Donde el sistema de actividades A, son las actividades mencionadas anteriormente y los flujos F, es la oferta y demanda en el sistema.

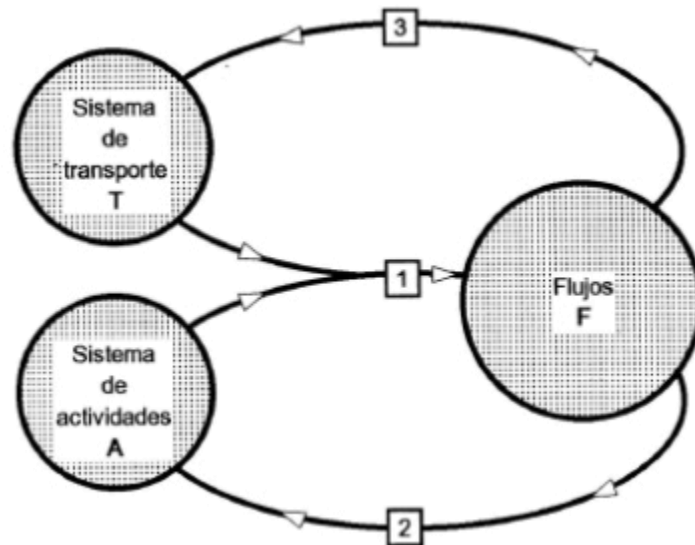
¹³Instituto de ingenieros de transporte, ITE. Ingeniería de tránsito y transporte. En: CAL Y MAYOR, Rafael y CARDENAS, James. Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones. 7 ed. México D.F.: Alfaomega, 1994. p. 29

¹⁴Ibíd., p. 29

¹⁵CAL Y MAYOR, Rafael y CARDENAS, James. Ingeniería de tránsito y transporte. En: Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones. 7 ed. México D.F.: Alfaomega, 1994. p. 29

¹⁶Ibíd., p. 29-30

FIGURA 1 . Relación entre el sistema de transporte, el sistema de actividades y los flujos



Fuente: MANHEIM, Marvin. Ingeniería de tránsito y transporte. En: CAL Y MAYOR, Rafael y CARDENAS, James. Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones. 7 ed. México D.F.: Alfaomega, 1994. p. 31

En el diagrama se pueden identificar tres clases de relaciones entre las tres variables: la *relación 1* indica que los flujos F que se presentan en el sistema son el producto de las interacciones entre el sistema de transporte T y el sistema de actividades A . La *relación 2* señala que los flujos F causan cambios en el sistema de actividades A en el largo plazo, a través del patrón de servicios ofrecido y de los recursos consumidos en proveerlos. Y la *relación 3* advierte que los flujos F observados en el tiempo generan cambios en el sistema de transporte T , obligando a que los operadores y el gobierno desarrollen nuevos servicios de transporte o modifiquen los existentes¹⁷.

La evaluación de tránsito vehicular se llevara a cabo mediante una *simulación microscópica*, que consiste en el estudio general del flujo vehicular para conocer su comportamiento en la red vial.

Los problemas presentados de tráfico como congestión, disminución de velocidad, accidentalidad pueden ser intervenidos por la simulación macroscópica sabiendo que esta tiene la capacidad de describir el comportamiento general de los vehículos; “Las variables que se estudian quedan en términos de promedio, por

¹⁷ Ibíd., p. 31

ejemplo, se observa que el promedio de velocidad de los vehículos a cierta hora es de 20 km/h, no se detiene al observar que la velocidad de cierto vehículo a esa hora fue 20 km/h”¹⁸. El desarrollo de esta simulación relaciona las variables principales del flujo vehicular las cuales se pueden identificar como *flujo*, *densidad* y *velocidad* teniendo en cuenta que cada variable puede ayudar a reducir o aumentar el problema por la función que cumplen en la *movilidad*. Y “para facilitar la movilidad es necesario disponer de carreteras y calles rápidas”¹⁹. A continuación se explicara por separado cada variable:

- *El flujo* vehicular es la cantidad de vehículos que transitan por un punto de una vía en un determinado tiempo, para conocer esa cantidad se hace un aforo que consiste en la toma de datos de vehículos y contabilización de tiempo para así calcular la hora máxima y mínima pico. El flujo Se define como “la tasa horaria equivalente a la cual transitan los vehículos por un punto en una vía, durante un período menor a una hora (normalmente medidos en períodos de 15 minutos y luego extrapolados a una hora)”²⁰.
- *Densidades* la cantidad de vehículos que se encuentra en una vía, teniendo en cuenta la longitud total de vía y la cantidad de vehículos que se encuentra en ella. La densidad “Algunas veces denominada concentración, es el número de vehículos presentes en la longitud de una vía dada”²¹.
- *La velocidad* de un vehículo hace referencia a la distancia que recorre en un tiempo determinado, por lo tanto si recorre una distancia mayor en menor tiempo su velocidad seria alta y caso contrario si recorre una distancia menor en mayor tiempo su velocidad seria baja. “La velocidad de un vehículo está definida como la distancia de viaje por unidad de tiempo. La mayor parte de las veces, cada vehículo en la vía tendrá una velocidad que es un tanto distinta del resto alrededor de él”²².

¹⁸ RODRÍGUEZ, Daniel y ARDILA, German. Concurrencia en sistemas multiagente: implementación de un simulador de tráfico urbano. Trabajo de grado ingeniero de sistemas. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2003. p. 26

¹⁹ CAL Y MAYOR, Rafael y CARDENAS, James. Camino. En: Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones. 7 ed. México D.F.: Alfaomega, 1994. p. 104

²⁰ CRUZ, Alder y DOROTEO, Felix. Flujo de tránsito. Ica.: Universidad nacional “San Luis Gonzaga” de Ica. Facultad de ingeniería civil, 2013. p. 3

²¹ *Ibíd.*, p. 4

²² *Ibíd.*, p. 4

Se puede hablar de *funcionalidad*, al determinar mediante un estudio de flujo vehicular que tipo de vehículos transitara en la vía y la demanda de usuarios que harán uso de la vía, para después proseguir a diseñar o rediseñar la vía y satisfacer esta necesidad. “Sera funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezcan una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación”²³.

El transporte público y privado de Bogotá tolera el atraso de movilidad debido al mal estado de la malla vial de la ciudad, este en general es uno de los factores que afecta la movilidad, por otra parte los ciclos semafóricos extienden los tiempos de viaje de un destino a otro y aumentan el volumen vehicular disminuyendo así la velocidad de recorrido. Como es de entenderse los dispositivos reguladores del tránsito son aquellos que informan al conductor sobre el estado de la vía, nombre de la vía y velocidad de viaje, por ende influyen sustancialmente en la movilidad de la ciudad de Bogotá. Se define dispositivos reguladores de tránsito como “elementos ópticos o luminosos cuyo fin es regular el uso de la vía”²⁴.

Estos dispositivos de control se dividen en dos categorías: semáforos y señales de tránsito, la señales de tránsito tienen como fin prevenir e informar al usuario que transita por la vía, se define como “mensajes que indican acciones permitidas y prohibiciones para los actores de la vía.”²⁵. Estas se clasifican en horizontales y verticales

- *Horizontales*, son las que están marcadas en el pavimento asfáltico o rígido que consisten en orientar a los vehículos de los movimientos permitidos, la separación entre carriles y delimitaciones de espacio, se identifican fácilmente ya que están marcadas de color blanca y amarilla. Se define como “todas aquellas marcas viales que se encuentran dibujadas o moldeadas (en alto relieve) sobre la vía o pavimento”²⁶.
- *Verticales*, están destinadas a reglamentar, informar y advertir al conductor mediante palabras o símbolos ubicadas a lo largo de la vía, se define como “placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de

²³ CARDENAS, James. Las carreteras. En: Diseño geométrico de carreteras. Bogotá D.C.: ECOE, 2002. p. 1

²⁴ Secretaría Distrital de Movilidad. Sobre Orientaciones generales en seguridad vial y comportamiento ciudadano. Bogotá D.C: 2011. p. 16

²⁵ *Ibíd.*, p. 16.

²⁶ *Ibíd.*, p. 16

prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza”²⁷. Las señales verticales se clasifican en preventivas, reglamentarias e informativas.

Señales Preventivas, como su nombre lo indica previenen algún tipo de riesgo que pueda afectar la integridad del conductor y ocupantes que estén dentro del vehículo a lo largo de toda la vía, estas señales “Tienen como objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de esta”²⁸. La forma de esta señal generalmente es cuadrada con diagonal vertical rombo, los colores que se usan son amarillos para el fondo y negro para letras, números y símbolos.

Señales Reglamentarias, esta señal tiene como prelación notificar a los conductores de la vía las prioridades de la misma, se define como “Las señales reglamentarias o de reglamentación tiene por objeto indicar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso”²⁹. Estas señales en general son de fondo blanco, franjas diagonales de color rojo y letras, números y símbolos de color negro.

Señales Informativas, tienen como propósito guiar a los conductores de la vía la información necesaria para llegar a su lugar de destino de forma rápida y eficaz. Esta se define como “Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc.”³⁰.

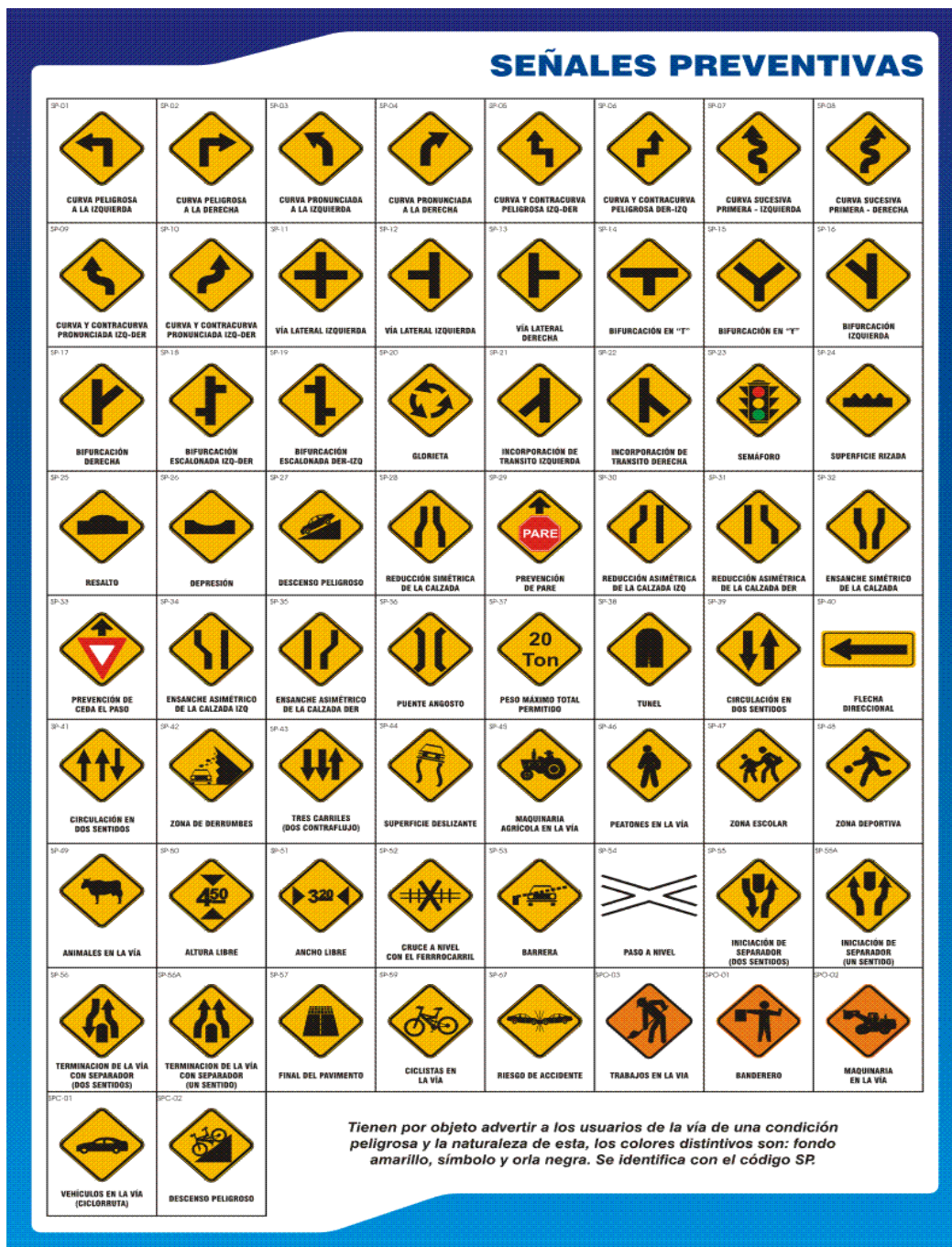
²⁷ República de Colombia ministerio de transporte. Manual de señalización sobre dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. Señales verticales. Bogotá D.C: 2004. Cap. 2, p. 11.

²⁸ *Ibíd.*, p. 21.

²⁹ *Ibíd.*, p. 43.

³⁰ *Ibíd.*, p. 61.

FIGURA 2. Señales preventivas.



Fuente: Mundonets, Señales de tránsito, Señales Preventivas. En: Valle del Cauca, Colombia, (En línea) <http://www.mundonets.com/señales-de-transito-preventivas/> (Citado el 01 de septiembre de 2015).

FIGURA 3 . Señales reglamentarias



Fuente: Mundonets, Señales de tránsito, Señales Reglamentarias. En: Valle del Cauca, Colombia, (En línea) <http://www.mundonets.com/senales-de-transito-reglamentarias/> (Citado el 01 de septiembre de 2015).

FIGURA 4. Señales informativas.

SEÑALES INFORMATIVAS							
S-01  RUTA NACIONAL	S-01A  RUTA DEPARTAMENTAL	S-02  RUTA PANAMERICANA	S-03  RUTA MARGINAL DE LA SELVA	S-04  POSTE DE REFERENCIA	S-05  INFORMACIÓN PREVIA DE DESTINO	S-05A  INFORMATIVA DE DECISIÓN DE DESTINO	S-06  CROQUIS
S-08C  DESCRIPCIÓN DE GIROS	S-06  CONFIRMATIVA DE DESTINO INFORMACIÓN DE KILOMETRAJE	S-07  SITIO DE PARQUEO	S-07A  ZONA ESPECIAL PARQUEO	S-08  PARADERO DE BUSES	S-09  ESTACIONAMIENTO DE TAXIS	S-10  TRANSBORDADOR	S-11  VÍA PARA CICLISTAS
S-12  MONUMENTO NACIONAL	S-13  ZONA MILITAR	S-14  AEROPUERTO	S-15  HOSPEDAJE	S-16  PRIMEROS AUXILIOS	S-17  SERVICIOS SANITARIOS	S-18  RESTAURANTE	S-19  TELÉFONO
S-20  IGLESIA	S-21  TALLER	S-22  ESTACIÓN DE SERVICIO	S-23  MONTAÑAS	S-24  CRUCE PEATONAL	S-25  DISCAPITADOS	S-26  NOMENCLATURA URBANA	S-27  SEGURIDAD VIAL
S-28  GEOGRÁFICA	S-29  TRANSPORTE FERROVIARIO	S-30  TRANSPORTE MASIVO	S-31  ZONA RECREATIVA	S-32  CAMBIO DE MONEDA	S-33  ZONA DE CAMPING	S-34  PLAYA	S-35  MUSEO
S-36  MUELLE	S-37  ZOOLOGICO	S-38  PUNTO DE INFORMACIÓN TURÍSTICA	S-39  ARTESANÍAS	S-40  BIENES ARQUEOLÓGICOS	S-41  LAGO	S-42  POLIDEPORTIVO	S-43  MIRADOR
S-44  ALQUILER DE AUTOS	S-45  ATRACTIVO NATURAL	S-46  VOLCÁN	S-47  NEVADO	S-48  TERMAL	S-49  CASCADA	S-50  PESCA	SO-01  APROXIMACIÓN OBRA EN LA VÍA
SO-02  INFORMACIÓN INICIO DE OBRA	SO-03  INFORMACIÓN FIN DE OBRA	SO-04  CARRIL CERRADO (DER-CENT-IZQ)	SO-05  DESVÍO	SC-01  INFORMACIÓN PREVIA DE DESTINO EN CICLORUTA	SC-02  CICLOPARQUEADERO	SC-03  FIN DE LA CICLORUTA	

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

Fuente: Mundonets, Señales de tránsito, Señales Informativas. En: Valle del Cauca, Colombia, (En línea) <http://www.mundonets.com/senales-de-transito-informativas/> (Citado el 01 de septiembre de 2015).

Semáforos, estos dispositivos tienen la capacidad de regular el tráfico de bicicletas, peatones y vehículos, se ubican en intersecciones viales donde es ineludible el uso de estos dispositivos para controlar la cantidad de vehículos, se define como “dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso o prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por unidad electrónica de control”³¹. Los semáforos cumplen funciones como irrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular, regular velocidades para mantener la circulación continua, reducir el número y gravedad de algunos accidentes y proporcionar el ordenamiento de tránsito.

Los semáforos no solo tienen la capacidad de proporcionar el ordenamiento del tránsito si no también la capacidad de controlar el tránsito de vehículos y peatones, pero antes de implementar este modelo es necesario estudiar la intersección para determinar si justifica o no la instalación de estos semáforos. Según el Ministerio de Transporte ³² . Los semáforos que tienen estas características recopilan datos como número de vehículos que ingresan a la intersección por cuartos de hora por cada vía de acceso por un periodo de 16 horas consecutivas, volumen de vehículos para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículo (autos, buses y camiones) durante un periodo de 15 minutos, volumen peatonal en periodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones y velocidades de todos los vehículos en los accesos a la intersección.

Capacidad, es una medida que mediante aforos determina el número máximo de vehículos que conducen por una vía durante un periodo de tiempo. Se define como “Capacidad de una infraestructura de transporte al flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo

³¹ República de Colombia ministerio de transporte. Manual de señalización sobre dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. Semáforos. Bogotá D.C: 2004. Cap. 7, p. 243.

³² República de Colombia ministerio de transporte. En: Manual de señalización sobre dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras ciclorutas de Colombia. Bogotá D.C: 2004. P. 243.

dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito”³³. Es decir que la capacidad de una vía se ve afectada principalmente por características de la misma, estado del pavimento y dimensiones.

Niveles de Servicio, es una medida de calidad de la vía, que describe las condiciones de funcionamiento teniendo en cuenta la capacidad de la vía. Se define como “Es una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a circulación, la comodidad, las conveniencias y la seguridad vial”³⁴. Los niveles de servicio se definen en 6 que se otorgan desde la letra A hasta la F, siendo el nivel de servicio A las mejores condiciones operativas y F las peores condiciones.

Nivel de servicio A, Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados 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 al motorista, pasajero o peatón, es excelente³⁵.

Nivel de servicio B, Está dentro del rango del flujo estable, 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 maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno³⁶.

Nivel de servicio C, Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el 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 notablemente³⁷.

³³ CERQUERA, Flor. Sobre capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Tunja: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2007. p. 7.

³⁴ Ibíd. p. 8.

³⁵ Ibíd., p. 8.

³⁶ Ibíd., p. 8.

³⁷ Ibíd., p. 8.

Nivel de servicio D, Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento³⁸.

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 un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos³⁹.

Nivel de servicio F, Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada, 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 inestables⁴⁰.

Para mayor claridad los niveles de servicio cuentan con la capacidad de que una persona mediante un estudio de tránsito tenga la habilidad de proporcionar un dictamen sobre el nivel de servicio de una vía. Sin embargo el aumento significativo de los automóviles en la ciudad de Bogotá, no ofrecen un nivel de servicio en este caso A, ya que la congestión vehicular afecta la movilidad y disminuye la comodidad que ofrece la vía al usuario, además de ello las vías deben estar diseñadas en condiciones ideales teniendo en cuenta el tipo de vía, anchura de carril, el ancho de bermas y velocidad del proyecto, para un tránsito óptimo. Por lo tanto, para la ciudad de Bogotá la congestión y el aumento de parque automotor solo lograra que el nivel de servicio este por encima de C en algunos casos.

Congestión, es una condición de un flujo vehicular cuando se ve afectado debido al aumento de automóviles o exceso de demanda de vías, que conllevan a incrementos de tiempo de viaje. Según Ortuzar y Willumsen, definen congestión como “surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la

³⁸ Ibíd., p. 9.

³⁹ Ibíd., p. 9.

⁴⁰ Ibíd., p. 9.

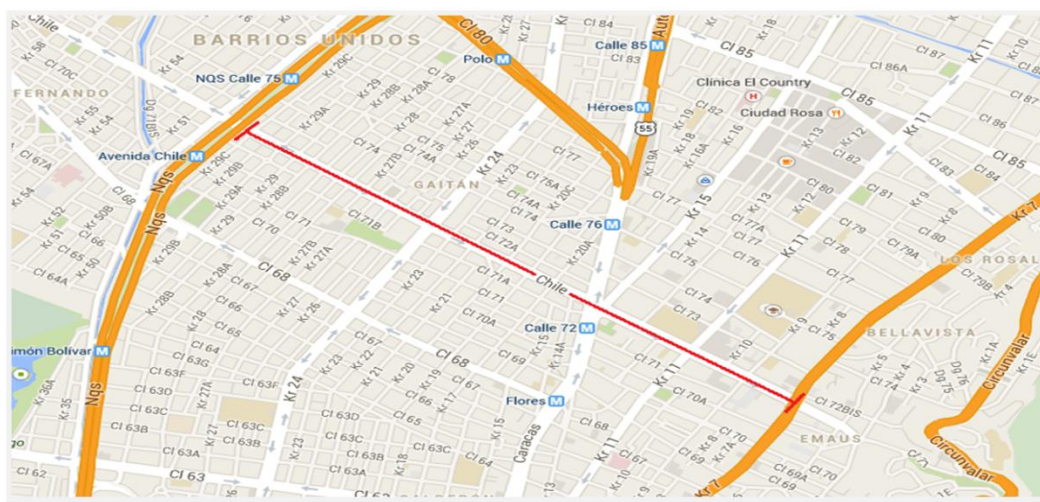
capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda”⁴¹.

⁴¹ ORTUZAR. J. y L. WILLUMSEN. (1994): Modelling Transport. Citado por: THOMSON, Ian y BULL, Alberto. La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. 2002. p. 3.

5.2 MARCO GEOGRÁFICO

La simulación macroscópica del flujo vehicular se desarrollara en el departamento de Cundinamarca en la ciudad de Bogotá D. C. La zona de estudio se localiza en la UPZ Pardo Rubio entre los barrios Emaús y Gaitán en la calle 72 entre carreras 7 y 28B, atravesando vías importantes como la carrera 7, carrera 14, carrera 24 y la carrera 28B que cruzan la ciudad de norte a sur. El tramo tiene una longitud aproximada de 2,7 km.

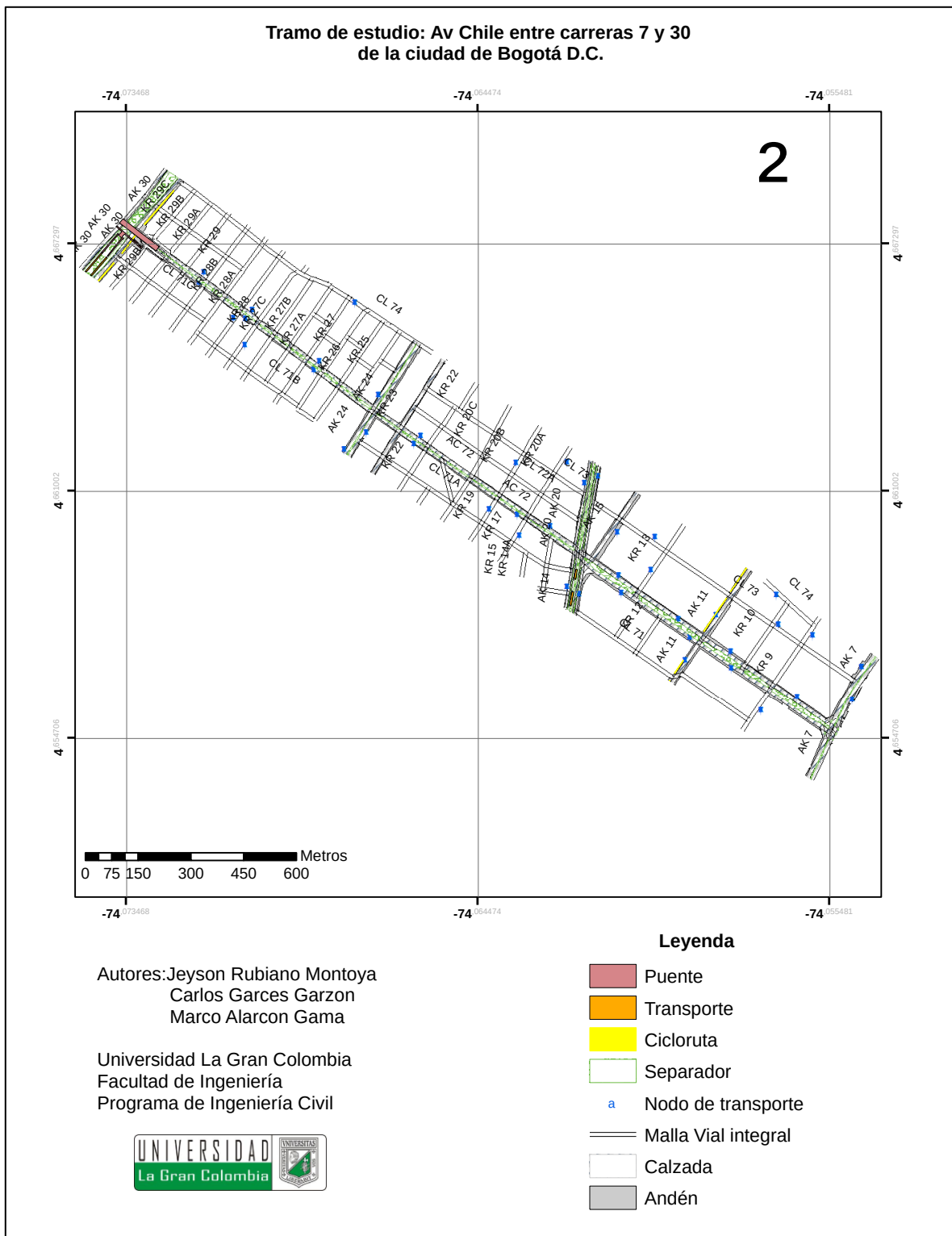
FIGURA 5. Ubicación del tramo calle 72 (AV. Chile) entre carreras 7 y 28B



Fuente: Google maps (Bogotá D.C., Colombia)

Intersecciones y semaforización en la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D. C.

El tramo a estudiar tiene una longitud de 2400 metros, cuenta con 11 semáforos a lo largo de la vía en el sentido oriente occidente y 11 semáforos en el sentido occidente oriente, además de 28 intersecciones y 13 semáforos que controlan el flujo de las vías que interceptan la calle 72. La información descrita anteriormente se puede observar en el siguiente plano.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

5.3 MARCO LEGAL

Este proyecto se realizó bajo las normas impuestas por el Ministerio de Transporte bajo el cargo del ministro Gustavo Adolfo Canal Mora, expedidas como el Código Nacional de Tránsito Terrestre bajo la ley 769 de 2002 realizada en agosto 6 del mismo año, con el fin de dar unas pautas a todos los conductores, pasajeros, peatones, motociclistas, ciclistas y agentes de tránsito como deben circular de manera prudente frente a los demás usuarios, como se establece por el capítulo 24 de la constitución política colombiana⁴².

El Código Nacional de Tránsito Terrestre⁴³ bajo el poder público y la rama legislativa dictó una serie de títulos que nos ayudan a definir, orientar, vigilar e inspeccionar la normal ejecución de las políticas dictadas de tránsito en Colombia, factor importante para tener en cuenta en este proyecto ya que se tienen presente toda una serie de normas que rigen y regulan la circulación de vehículos, motocicletas y peatones en materia de un beneficio que cubra calidad, seguridad y comodidad de los usuarios.

Los títulos que se encuentran en el código son 4, Primero: Disposición generales, Segundo: Régimen nacional de tránsito, Tercero: Normas de comportamiento, Cuarto: Sanciones y procedimientos. De estos títulos se desprenden una serie de artículos que servirán de guía para el proyecto. A continuación se presentan dichos apartados tomados del Código Nacional de Tránsito Terrestre:

ARTÍCULO 2°. DEFINICIONES

Este artículo es uno de los más importantes porque brindará todos los conceptos claves que se deben conocer para poder interpretar el Código Nacional de Tránsito Terrestre y poder aplicarlos en el proyecto. Determinando los significados de las variables descritas en el marco conceptual.

⁴² COLOMBIA, CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA. Capítulo 1: Derechos fundamentales, Artículo 24. (en línea) Modificado por Acto Legislativo 2/2003. Página de internet: <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-1/articulo-24>, Página consultada el 25 de octubre del 2014.

⁴³ MINISTERIO DE TRÁNSITO, LEY 769 DE 2002, CODIGO NACIONAL DE TRÁNSITO TERRESTRE, PODER PÚBLICO Y RAMA LEGISLATIVA, (en línea), Diario oficial 44893-Colombia, 06/08/2002, Modificado por el art. 1, Ley 1383 de 2010. Página de internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5557>, Página consultada el 24 de octubre del 2014.

ARTÍCULO 5°. DEMARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN VIAL.

Es imprescindible en la infraestructura vial de una calle o avenida la señalización, característica técnica de demarcación que se verá reglamentada por el ministerio de transporte, el cual es quien determina sus aplicaciones y funciones frente al tráfico.

ARTÍCULO 27. CONDICIONES DE CAMBIO DE SERVICIO.

Es importante que todos los vehículos que circulan por las calles y avenidas de las ciudades en Colombia se sometan a cumplir todas las normas de tránsito, cumpliendo con todos los requisitos y condiciones mecánicas necesarias para un buen rodaje, manteniendo seguro la vida de los conductores mismos y los peatones circulantes.

ARTÍCULO 29. DIMENSIONES Y PESOS.

Necesariamente para el diseño de los pavimentos que se utilizan en las normativas técnicas nacionales e internacionales se debe contar con el peso por eje de los vehículos circundantes.

ARTÍCULO 55. COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR, PASAJERO O PEATÓN.

El comportamiento de cualquiera persona ya sea conductor, pasajero o peatón no debe entorpecer el tráfico, obstaculizando de manera inoportuna o poniendo en riesgo la seguridad de los demás a su alrededor.

ARTÍCULO 60. OBLIGATORIEDAD DE TRANSITAR POR LOS CARRILES DEMARCADOS.

Se deben respetar las líneas de demarcación ya que cada vehículo debe circular por su respectivo carril.

ARTÍCULO 68. UTILIZACIÓN DE LOS CARRILES.

Según este artículo los vehículos deberán transitar de esta forma.

Vías de sentido único y vías de doble sentido en donde la velocidad no está reglamentada, el carril derecho servirá con velocidad lenta, mientras los otros carriles servirán para maniobras de adelantamiento.

ARTÍCULO 74. REDUCCIÓN DE VELOCIDAD.

Sin excepción los vehículos deben reducir su velocidad a 30 km/h cuando se presenten zonas escolares, señales de tránsito que así lo ordenen y proximidades a intersecciones.

ARTÍCULO 88. TRÁNSITO POR EL CARRIL DERECHO AL TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUAL.

El servicio público de buses siempre y cuando este prestando servicio debe transitar por la derecha, ofreciendo mejor servicio a los pasajeros indicando su disponibilidad.

ARTÍCULO 105. CLASIFICACION DE VIAS.

Clasificación de las vías según su presencia de peatones y vehículos, determinada si se encuentra dentro del perímetro urbano o en una zona rural.

ARTÍCULO 106. LÍMITES DE VELOCIDAD EN ZONAS URBANAS PÚBLICO.

Según lo establecido por el Código Nacional de Tránsito Terrestre la velocidad máxima en una zona urbana debe ser de 60 km/h, exceptuando a autoridades con permisos legales por el Ministerio de Tránsito.

ARTÍCULO 110. CLASIFICACIÓN Y DEFINICIONES.

La clasificación según el Código Nacional de Tránsito Terrestre está orientada gracias al Manual de Seguridad Vial, el cual divide a todas las señales de tránsito en 4 grupos. Señales Reglamentarias, Señales Informativas, Señales Preventivas y Señales Transitorias.

ARTÍCULO 115. REGLAMENTACIÓN DE LAS SEÑALES.

Toda la reglamentación depende del ministerio de tránsito, el cual se encarga de diseñar, definir, usos y ubicación a todas las señales de tránsito.

ARTÍCULO 117. CLASIFICACIÓN DE SEMÁFOROS.

Los semáforos son elementos para regular y ordenar el tránsito y se clasifican, Semáforos para control de vehículos, Semáforos para peatones, Semáforos especiales, Semáforos de aproximación a cruces de transporte masivo, trenes y guardarrieles, Semáforos direccionales, intermitentes y otros.

6 DISEÑO METODOLOGICO

6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Dado que el enfoque de investigación va directamente relacionado con la información que se va a obtener con este proyecto, y toda la serie de datos numéricos de análisis, se plantea un enfoque cuantitativo⁴⁴ debido a la relación de los datos y las estadísticas que se van a obtener con la simulación macroscópica, y a los estudios que se van a realizar en la visita como aforos y toma de velocidades.

Obteniendo así, una base de datos en la que se van a encontrar todas las variables a estudiar en la simulación macroscópica, finalmente respondiendo a todas las dudas frente a los comportamientos de los flujos encontrados en la calle 72, siendo esto fundamental para resolver la pregunta problema de investigación.

Esto se lleva a cabo gracias a la recolección de datos numéricos, basados en el muestreo que se realiza en las visitas a campo, simplemente como información base para la confrontación que se va a realizar cuando se haga la simulación en el software.

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptivo⁴⁵ teniendo en cuenta que el desarrollo de este estudio estuvo determinado por el software Synchro con el que se efectuó la simulación macroscópica, con el fin de encontrar el estado del comportamiento del flujo en la calle 72 entre carreras 7 y 28B de la ciudad de Bogotá D.C., realizando un diagnóstico sobre problemas encontrados.

Bajo estas técnicas de estudio de tránsito se obtienen todos los datos presentes en la investigación descriptiva, construyendo a partir de estos una propuesta o alternativa como posible solución a la problemática de movilidad, planteada en los objetivos específicos del proyecto, factor importante para determinar el tipo de

⁴⁴ UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA, VICERRECTORIA ACADEMICA, Guía unificada para la presentación de proyecto y anteproyectos de investigación, Bogotá- Colombia, Sede Centro Universidad la Gran Colombia, Dirección de Investigaciones, Pagina 22, Guía Unificada 1.

⁴⁵ Ibíd., p 22

investigación de un proyecto conociendo los objetivos y la pregunta problema de investigación se determinan dos tipos de investigación para este proyecto, Investigación Descriptiva⁴⁶ y Proyectiva⁴⁷.

6.3 DISEÑO MUESTRAL

Población. La población a estudiar para este proyecto de investigación se basa en el conjunto de personas, usuarios, vehículos que transitan por la calle 72 entre carreras 7 y 28B, y podrán ser analizados mediante un estudio que se lleva a cabo por medio de muestras.

Muestra. Son todos los datos tomados de la población que serán evaluados para observar el comportamiento del tráfico teniendo en cuenta los factores que influyen en el problema.

Variables dependientes. Dimensiones de la vía, velocidad de flujo, volumen de tráfico, tiempo de viaje.

Variables independientes. Vehículos, semáforos, carriles, tiempo.

6.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

6.4.1 Modelación del comportamiento del flujo vehicular

- Identificación del tramo de estudio:
- Características de la vía.
- Capacidad de la vía.
- Cantidad de vehículos (autos, buses, camiones y motos).
- Velocidades promedio.
- Hora máxima y mínima pico.
- Volúmenes vehiculares (máximos y mínimos).
- Intersecciones.
- Movimientos vehiculares.
- Ciclo semafórico.
- Tipos de semáforos (vehicular o peatonal).
- Nivel de servicio.

⁴⁶ Ibíd., p 24

⁴⁷ Ibíd., p 25

- Introducir en el software Synchro los datos obtenidos anteriormente y constituir los resultados.

6.4.2 Análisis de los resultados obtenidos a través del modelo

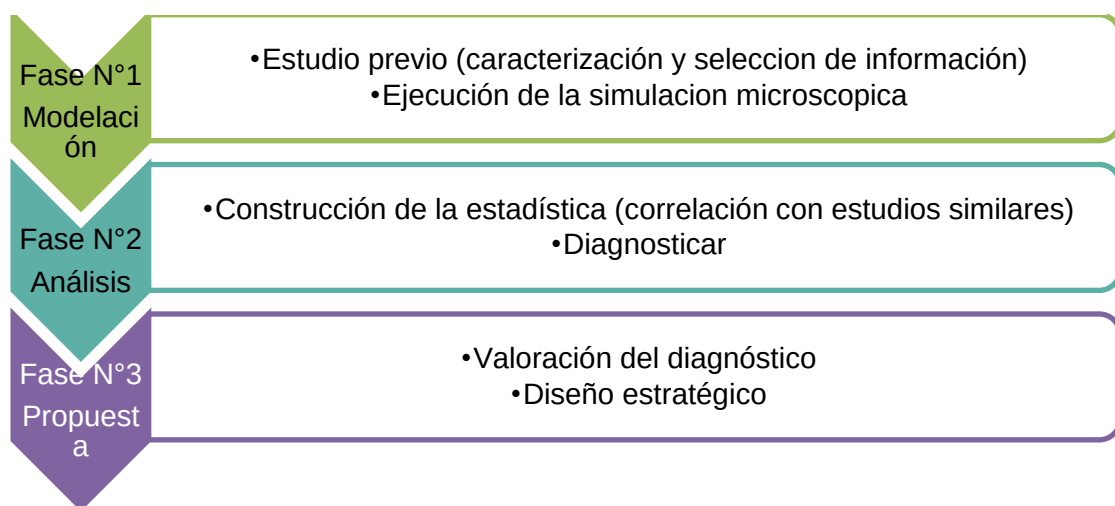
- Análisis de la simulación macroscópica con base en el estudio y modelo previo para conocer el causante de la congestión vehicular.
- Análisis estadístico con los resultados obtenidos para compararlos con proyectos de investigación similares.
- Elaboración del diagnóstico técnico para poder tener acceso y orden del trabajo en cuestión.

6.4.3 Propuesta para mitigar la congestión vehicular

- Planteamiento de una alternativa viable que pueda solucionar el problema de tráfico que presenta la calle 72 entre carreras 7 y 28B en la ciudad de Bogotá D.C.

6.4.4 Esquema de las fases investigativas

FIGURA 6. Metodología utilizada



Fuente: Elaboración propia de los autores

6.5 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Análisis de documentos:

Se realizó un análisis de documentos que se recolectó de la Secretaría de Movilidad lo que facilitó desarrollar el estudio, donde se obtuvieron aforos de la carrera 7ma, carrera 9na, carrera 11, carrera 14, carrera 20A, carrera 20B, carrera 20C, carrera 24, carrera 28 y 28A y ciclos semafóricos en carrera 7ma, carrera 9na, carrera 11, carrera 14, carrera 20A, carrera 20B, carrera 20C, carrera 24, carrera 28, 28A y 28B

Observación estructurada

Se realizará este tipo de observación ya que se tienen parámetros para controlar los fenómenos observados y se podrá regular mediante un formato definido los datos que se obtengan al realizar la observación, como los aforos que se encuentren pendientes, aforos peatonales y tiempo de ciclos de semáforos

7 RESULTADOS

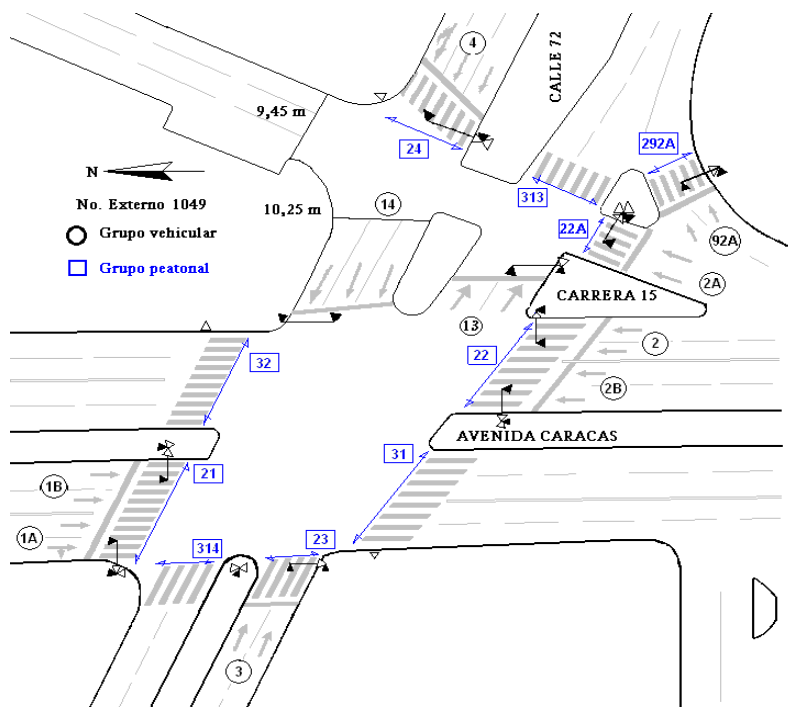
7.1 VOLUMENES DE TRANSITO

Se realizó una visita de campo al tramo es estudio y se identificó que las intersecciones se componen por accesos denominados según su dirección como:

- 1- Sentido Sur.
- 2- Sentido Norte.
- 3- Sentido Oriente.
- 4- Sentido Occidente.
- 9-1y 9-2- Giros hacia la derecha en sentido Sur, Norte, Oriente, u Occidente

7.1.1 Calle 72 con carrera 14:

FIGURA 7. Tramo Calle 72 con carrera 14.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 14, Creado 22 de Febrero de 2002.

Esta intersección contiene 10 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno.

- ACCESO 1A y 91A: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido occidente, con un total de vehículos aforados de 75584, comprendido por 64558 vehículos livianos, 160 buses, 866 camiones, 10000 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.

TABLA 1 Aforo acceso 1A y 91^a.

HORA FINAL	TOTAL				
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	*TOTAL
6:30	258	1	5	42	306
6:45	515	1	11	69	596
7:00	756	2	16	99	873
7:15	962	4	20	118	1104
7:30	1117	4	21	141	1283
7:45	1199	4	16	160	1379
8:00	1336	4	14	188	1542
8:15	1442	3	17	198	1660
8:30	1479	3	20	213	1715
8:45	1458	3	22	197	1680
9:00	1445	4	24	198	1671
9:15	1419	4	24	178	1625
9:30	1410	3	24	161	1598
9:45	1428	3	27	181	1639
10:00	1431	3	26	164	1624
10:15	1364	2	21	174	1561
10:30	1348	2	23	175	1548
10:45	1348	3	23	173	1547
11:00	1285	1	26	188	1500
11:15	1244	1	27	186	1458
11:30	1224	4	23	206	1457
11:45	1207	4	26	197	1434
12:00	1347	6	23	216	1592
12:15	1357	7	26	225	1615
12:30	1434	4	24	227	1689
12:45	1459	5	20	250	1734
13:00	1362	4	26	254	1646
13:15	1344	3	25	274	1646
13:30	1306	5	29	287	1627
13:45	1237	3	25	270	1535
14:00	1276	2	19	276	1573

HORA FINAL	TOTAL				
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	*TOTAL
14:15	1254	2	16	246	1518
14:30	1178	1	11	216	1406
14:45	1189	1	12	210	1412
15:00	1099	1	11	175	1286
15:15	1096	2	10	184	1292
15:30	1194	3	12	175	1384
15:45	1192	3	13	182	1390
16:00	1159	4	11	168	1342
16:15	1173	6	10	155	1344
16:30	1105	4	10	180	1299
16:45	1093	5	8	184	1290
17:00	1103	4	8	183	1298
17:15	1075	2	6	182	1265
17:30	970	4	5	157	1136
17:45	935	4	4	142	1085
18:00	919	5	4	147	1075
18:15	836	4	6	152	998
18:30	835	2	3	163	1003
18:45	788	1	6	160	955
19:00	770	0	5	163	938
19:15	800	0	6	148	954
19:30	889	0	6	131	1026
19:45	918	0	4	121	1043
20:00	880	0	4	87	971
20:15	688	0	1	62	751
20:30	421	0	1	32	454
20:45	202	0	0	10	212

Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Aforo tramo Calle 72 con carrera 14, Creado 22 de Febrero de 2002.

*TOTAL. Datos calculados por los autores

DATOS ESTADISTICOS

- Para hallar la moda se organizan los totales y se encuentra el número con mayor frecuencia, registrado por este acceso.

- Se suman todos los valores totales de vehículos que circularon, sobre el número de valores que se obtuvieron.

$$\text{Media} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$M = \frac{75584}{58} = 1303$$

- Para hallar la mediana se toman los totales y se organizan de menor a mayor, conociendo la cantidad de datos se toma el valor central de cada acceso.

$$Me = n + \frac{1}{2}$$

- En la desviación media, se toman todos los valores restándoles la media, sumando cada resultado de esas restas y dividiéndolo por el número de valores.

$$Dm = \frac{(x_1 - X) + (x_2 - X) + \dots + (x_n - X)}{n}$$

- En la varianza, se toman todos los valores restándoles la media, este resultado se eleva al cuadrado y se suman cada uno de esos resultados, dividiéndolos por el número de valores.

$$V = \frac{(x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + \dots + (x_n - X)^2}{n}$$

- En la desviación típica, se toman todos los valores restándoles la media, este resultado se eleva al cuadrado y se suman cada uno de esos resultados, dividiéndolos por el número de valores, por último se le hace raíz cuadrada al valor total.

$$Dt = \sqrt{\frac{(x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + \dots + (x_n - X)^2}{n}}$$

- El coeficiente de variación se toma la desviación típica y se divide sobre la media, si se desea en valor porcentual se multiplica por 100.

$$Co = (Dt/X) * 100$$

$$Co = (354,29/1303) * 100 = 27,18$$

Moda: 1645

Media: 1303

Mediana: 1387

Desviación media: 279

Varianza: 125525,9655

Desviación Típica: 354,29

Coeficiente Variación: 27,18

Para realizar la simulación con el software Synchro, por acceso se tomó:

- ACCESO 1B: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, sin giro permitido sobre la calle 72, con un total de vehículos aforados de 9183, comprendido por 40 vehículos livianos, 9111 buses, 4 camiones, 28 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 2A: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente, con un total de vehículos aforados de 65757, comprendido por 56255 vehículos livianos, 119 buses, 692 camiones, 8691 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 2B: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, sin giro permitido sobre la calle 72, con un total de vehículos aforados de 9201, comprendido por 12 vehículos livianos, 9177 buses, 0 camiones, 12 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, sin giro permitido sobre la carrera 14, con un total de vehículos aforados de 52608, comprendido por 39093 vehículos livianos, 6761 buses, 867 camiones, 5887 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 4: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, con un giro permitido sobre la carrera 15 sentido norte, con un total de vehículos aforados de 61485, comprendido por 47291 vehículos livianos, 7516 buses, 884 camiones, 5794 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido nororiente, sin giro permitido, con un total de vehículos aforados de 40752, comprendido por 34417 vehículos livianos, 88 buses, 567 camiones, 5680 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.

- ACCESO 13: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, sin giro permitido, con un total de vehículos aforados de 49272, comprendido por 35922 vehículos livianos, 7010 buses, 883 camiones, 5457 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 14: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, sin giro permitido, con un total de vehículos aforados de 36050, comprendido por 28039 vehículos livianos, 3847 buses, 656 camiones, 3508 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.
- ACCESO 92: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, siendo un giro permitido a la calle 72, con un total de vehículos aforados de 8332, comprendido por 7038 vehículos livianos, 56 buses, 204 camiones, 1034 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 08:45 pm, día sábado.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 2. Datos Estadísticos-Tramo Calle 72 con carrera 14

Datos Estadísticos-Tramo Calle 72 con carrera 14										
Acceso	1A Y 91A	1B	2	2A	2B	3	4	13	14	92
Moda	1645	160	808	1260	144	832	1275	906	614	144
Media	1303	158	703	1134	159	907	1060	850	622	144
Mediana	1387	160	758	1209	146	962	1160	911	648	144
Desviacion M	279	23	130	201	32	163	241	167	157	31
Varianza	125526	1260,52	32859,7	79934,3	2042,55	48460,1	100010	48808,9	47343,2	1760,12
Desviacion T	354,29	35,03	181,27	282,727	45,19	220,13	316,23	220,92	217,58	41,95
Coeficiente V	27,18	22,44	25,79	24,93	28,48	24,269	29,83	26,006	35,006	29,2

Fuente: Elaboración propia de los autores

Para realizar la simulación con el software Synchro, se tomara por acceso los valores obtenidos por la secretaria de movilidad en las horas máxima pico.

Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 1A es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 92.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 8:00 am y las 9:00 am. Con un factor de hora pico máximo de 0,93.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCIÓN:

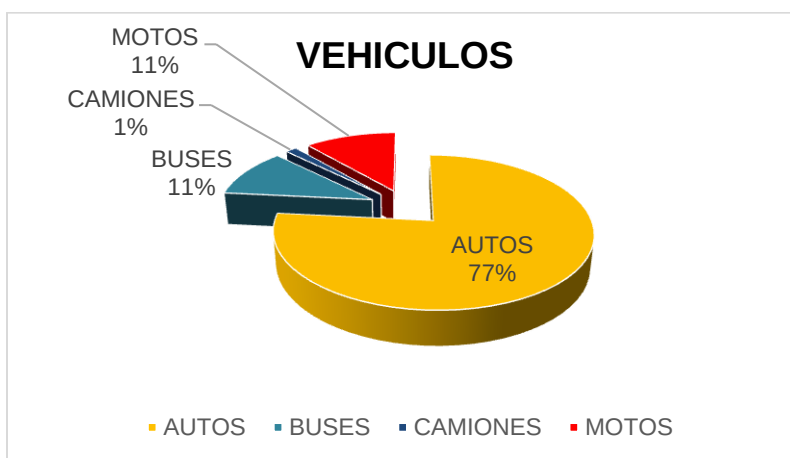
Factor de hora pico mañana: 0,93

Factor de hora pico medio día: 0,93

Factor de hora pico tarde: 0,94

Total vehículos livianos: 312665
 Total buses: 43845
 Total camiones: 5623
 Total motos: 46091
 Total vehículos: 408224

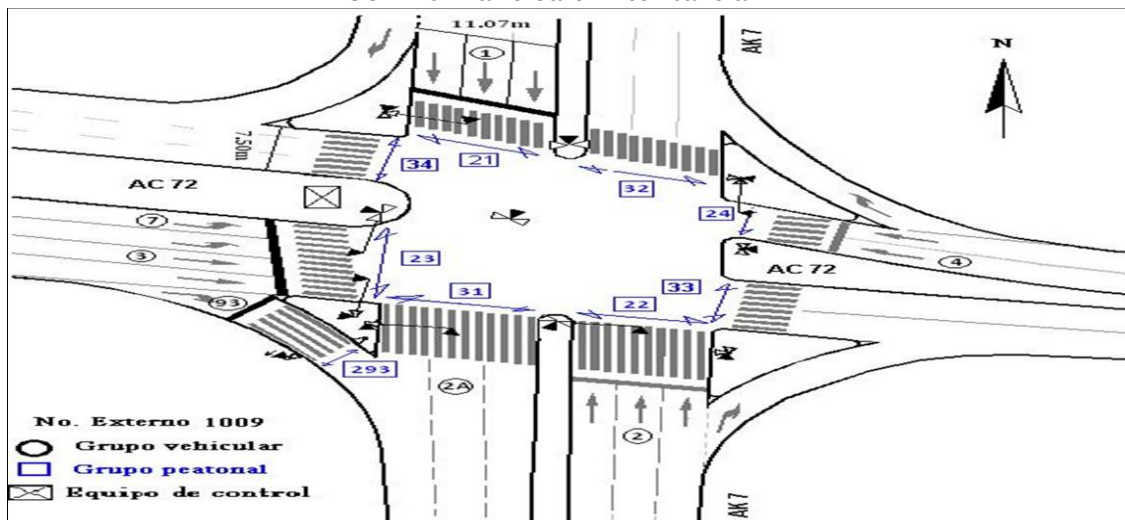
FIGURA 8. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 14



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.2 Calle 72 con carrera 7:

FIGURA 9. Tramo Calle 72 con carrera 7.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 7, Creado 14 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 4 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno

- ACCESO 1: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido occidente, con un total de vehículos aforados de 20215, comprendido por 16892 vehículos livianos, 896 buses, 132 camiones, 2331 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día domingo.
- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente, con un total de vehículos aforados de 50136, comprendido por 41289 vehículos livianos, 5423 buses, 208 camiones, 3216 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día domingo.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 7 sentido norte y sur, con un total de vehículos aforados de 34631, comprendido por 28439 vehículos livianos, 2035 buses, 274 camiones, 3883 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día domingo.
- ACCESO 4: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, con un giro permitido sobre la carrera 7 sentido norte , con un total de vehículos aforados de 5906, comprendido por 4922 vehículos livianos, 48 buses, 936 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día domingo.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 3. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 7.

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 7				
Acceso	1	2	3	4
Moda	752	1165	748	252
Media	381	946	653	111
Mediana	158	1107	748	19
Desviación M	395	265	162	121
Varianza	175308	87410	35889	16688
Desviación T	418,69	295,65	189,44	129,18
Coeficiente V	109,89	31,28	29,01	111,37

Fuente: Elaboración propia de los autores

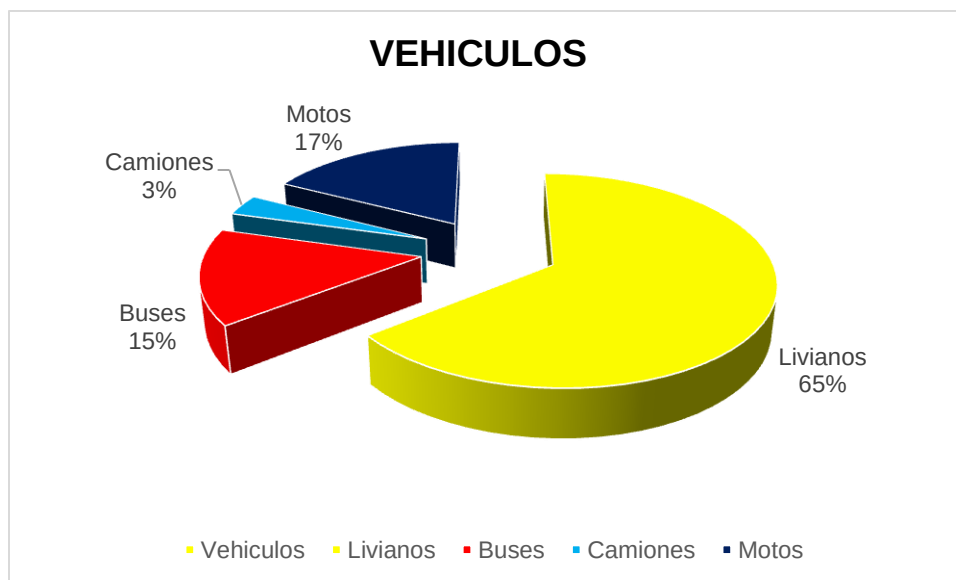
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 2 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 4.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 4:30 pm y las 5:30 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,97.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCIÓN

Factor de hora pico mañana: 0,91
Factor de hora pico medio día: 0,92
Factor de hora pico tarde: 0,97
Total vehículos livianos: 91542
Total buses: 8411
Total camiones: 614
Total motos: 10366
Total vehículos: 110933

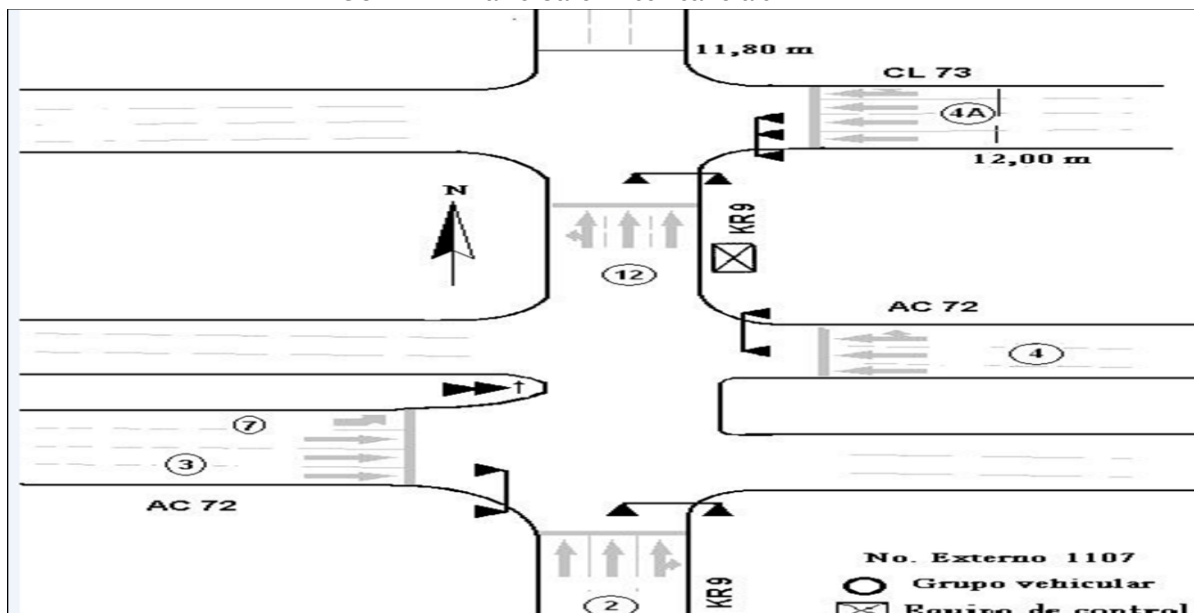
FIGURA 10. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 7.



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.3 Calle 72 con carrera 9:

FIGURA 11. Tramo Calle 72 con carrera 9.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 7, Creado 14 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 4 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno.

- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente, con un total de vehículos aforados de 98872, comprendido por 74359 vehículos livianos, 10817 buses, 1255 camiones, 12441 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día miércoles.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 9 sentido norte, con un total de vehículos aforados de 75351, comprendido por 54639 vehículos livianos, 5740 buses, 1494 camiones, 13478 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día miércoles.

- **ACCESO 7:** En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 9 sentido norte, con un total de vehículos aforados de 22976, comprendido por 14913 vehículos livianos, 3017 buses, 384 camiones, 4662 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día miércoles.
- **ACCESO 4:** En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, con un giro permitido sobre la carrera 9 sentido norte, con un total de vehículos aforados de 40558, comprendido por 31444 vehículos livianos, 525 buses, 697 camiones, 7892 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día miércoles.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 4. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 9

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 9				
Acceso	2	3	4	7
Moda	N/A	1359	844	477
Media	1866	1422	765	434
Mediana	1960	1359	788	428
Desviación M	243	126	88	53
Varianza	97264	23750	11745	4812
Desviación T	311,87	154,11	108,37	69,13
Coeficiente V	16,71	10,86	14,16	15,92

Fuente: Elaboración propia de los autores

Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 2 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 7.

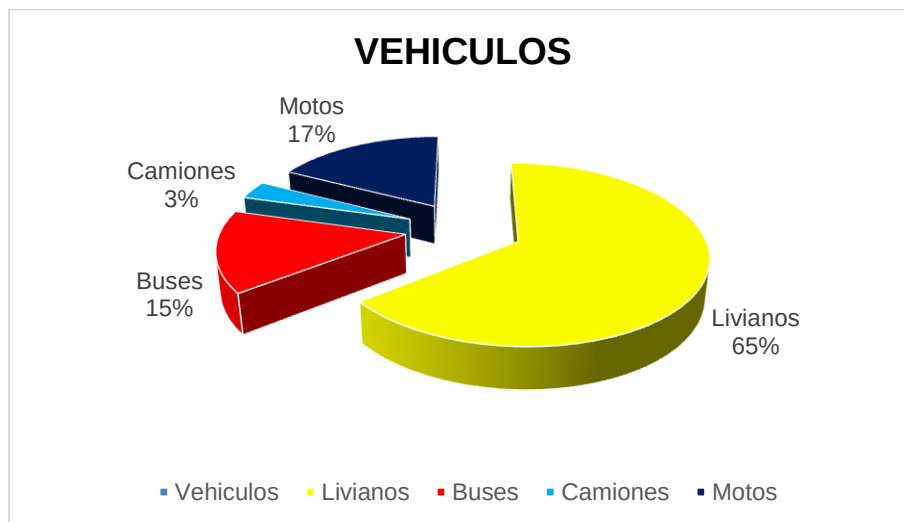
En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 8:15 am y las 9:15 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,97.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCIÓN

Factor de hora pico mañana: 0,97
 Factor de hora pico medio día: 0,94
 Factor de hora pico tarde: 0,98
 Total vehículos livianos: 175355
 Total buses: 31995
 Total camiones: 6291

Total motos: 38473
Total vehículos: 249114

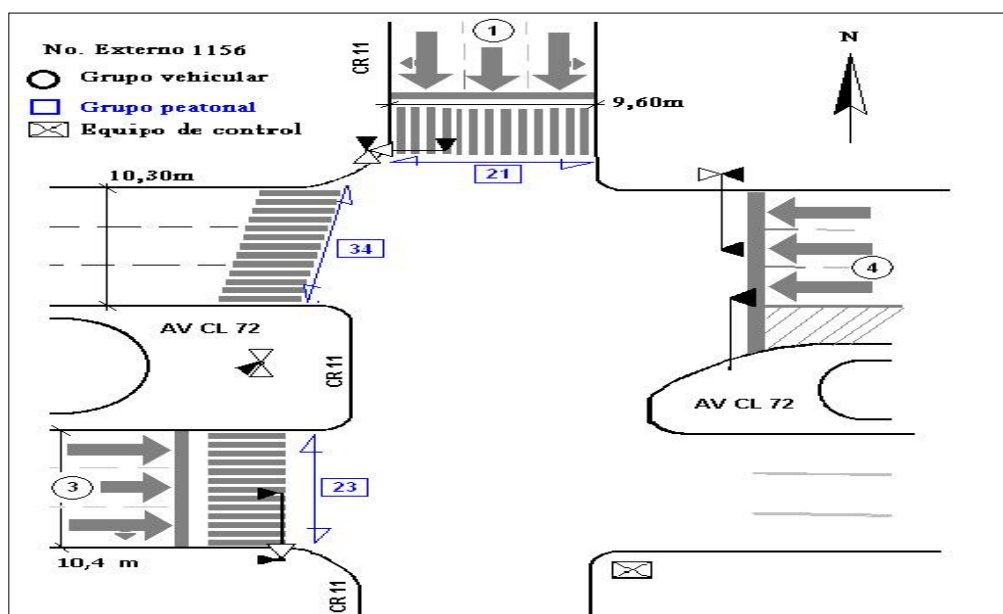
FIGURA 12. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 9



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.4 Calle 72 con carrera 11:

FIGURA 13. Tramo Calle 72 con carrera 11.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 7, Creado 14 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 3 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno.

- ACCESO 1: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido occidente y oriente, con un total de vehículos aforados de 95712, comprendido por 58402 vehículos livianos, 21790 buses, 1326 camiones, 14194 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día lunes.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 11 sentido sur, con un total de vehículos aforados de 65576, comprendido por 43886 vehículos livianos, 7066 buses, 1385 camiones, 13239 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día lunes.
- ACCESO 4: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, sin un giro permitido sobre la carrera 11 sentido sur , con un total de vehículos aforados de 60672, comprendido por 43227 vehículos livianos, 4684 buses, 964 camiones, 11797 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día lunes.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 5. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 11

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 11			
Acceso	1	3	4
Moda	1813	1215	1113
Media	1806	1237	1144
Mediana	1813	1215	1186
Desviacion M	148	221	101
Varianza	33978	71950	18662
Desviacion T	184	263,2	136,6
Coeficiente V	10,18	21,27	11,94

Fuente: Elaboración propia de los autores

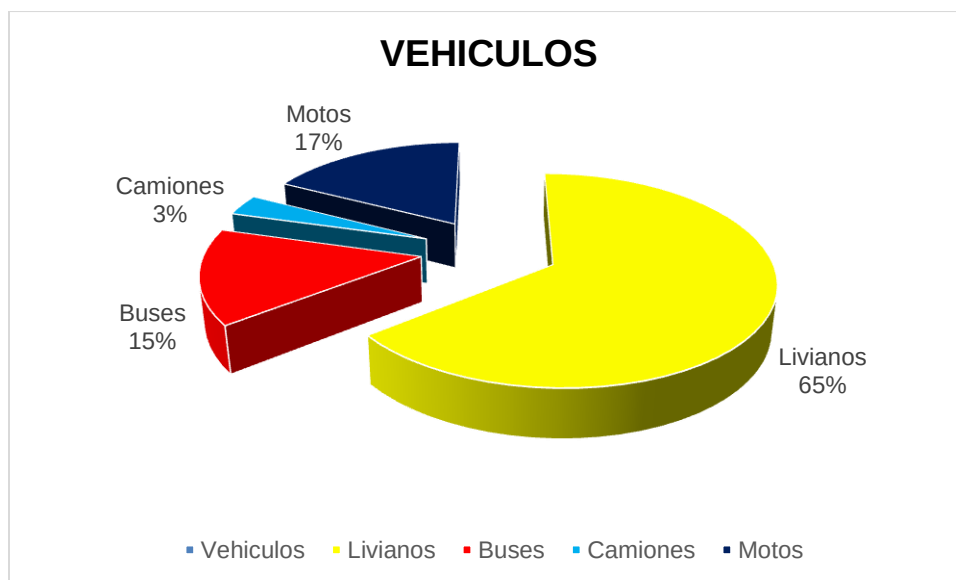
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 1 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 4.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 8:30 am y las 9:30 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,98.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCIÓN

Factor de hora pico mañana: 0,98
Factor de hora pico medio día: 0,97
Factor de hora pico tarde: 0,95
Total vehículos livianos: 145515
Total buses: 33540
Total camiones: 7395
Total motos: 39230
Total vehículos: 225680

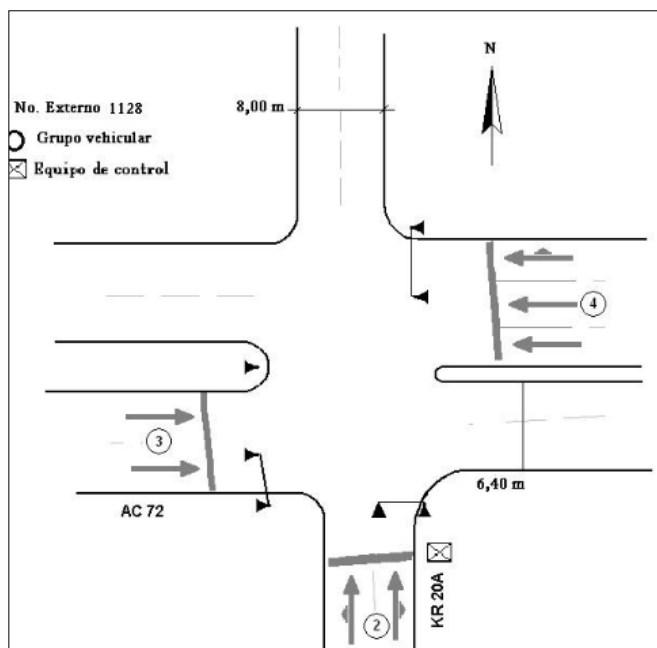
FIGURA 14. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 11.



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.5 Calle 72 con carrera 20A:

FIGURA 15. Tramo Calle 72 con carrera 20A.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 20A, Creado 13 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 3 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno.

- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente , con un total de vehículos aforados de 56837, comprendido por 37510 vehículos livianos, 7815 buses, 902 camiones, 10610 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, sin ningún giro permitido sobre la calle 72 , con un total de vehículos aforados de 52197, comprendido por 30694 vehículos livianos, 4784 buses, 1069 camiones, 15830 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.

- **ACCESO 4:** En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, sin ningún giro permitido sobre la calle 72 , con un total de vehículos aforados de 60076, comprendido por 39753 vehículos livianos, 4774 buses, 1402 camiones, 14147 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 6. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20A

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20A			
Acceso	2	3	4
Moda	1204	886	1058
Media	1072,39	984,84	1133,5
Mediana	1080	971	1149
Desviación M	204,449	71,053	124,83
Varianza	55459,4	6518,27	32718
Desviación T	235,49	80,73	180,81
Coeficiente V	21,96	8,7	15,95

Fuente: Elaboración propia de los autores

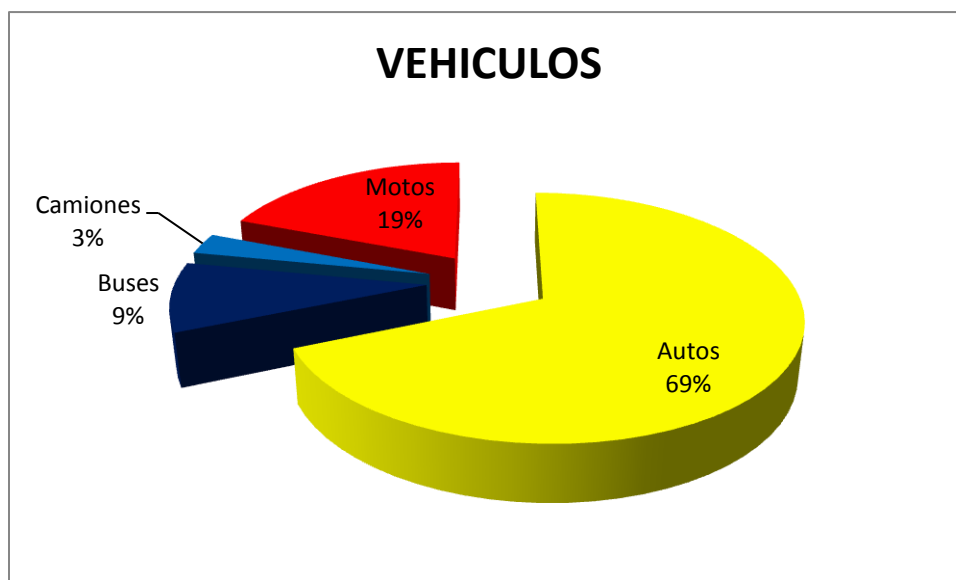
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 4 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 3.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 7:00 am y las 9:00 am y por la tarde de 4:30 pm a 5:30 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,94.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCIÓN

Factor de hora pico mañana: 0,91
 Factor de hora pico medio día: 0,95
 Factor de hora pico tarde: 0,94
 Total vehículos livianos: 108227
 Total buses: 17373
 Total camiones: 3373
 Total motos: 40587
 Total vehículos: 169110

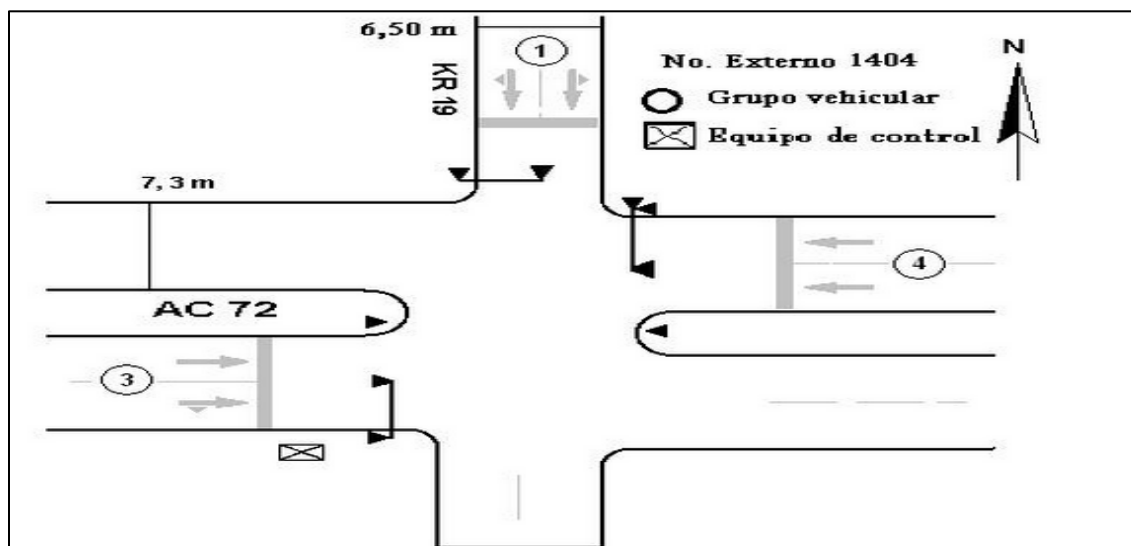
FIGURA 16. .Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 20A



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.6 Calle 72 con carrera 20B:

FIGURA 17. Tramo Calle 72 con carrera 20B.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 20B, Creado 13 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 3 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno

- ACCESO 1: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente, con un total de vehículos aforados de 67724, comprendido por 54597 vehículos livianos, 751 buses, 1194 camiones, 11182 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 19 sentido sur, con un total de vehículos aforados de 47969, comprendido por 32699 vehículos livianos, 3401 buses, 1006 camiones, 10863 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.
- ACCESO 4: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, sin ningún giro permitido sobre la carrera 19, con un total de vehículos aforados de 42193, comprendido por 30219 vehículos livianos, 3313 buses, 1132 camiones, 7529 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 7. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20B

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20B			
Acceso	1	3	4
Moda	1344	914	823
Media	1277,81	905,07	769,09
Mediana	1297	937	823
Desviacion M	214,56	69,02	104,55
Varianza	77537,2	9244,97	19334,2
Desviacion T	278,45	96,15	139,04
Coeficiente V	21,79	10,62	17,46

Fuente: Elaboración propia de los autores

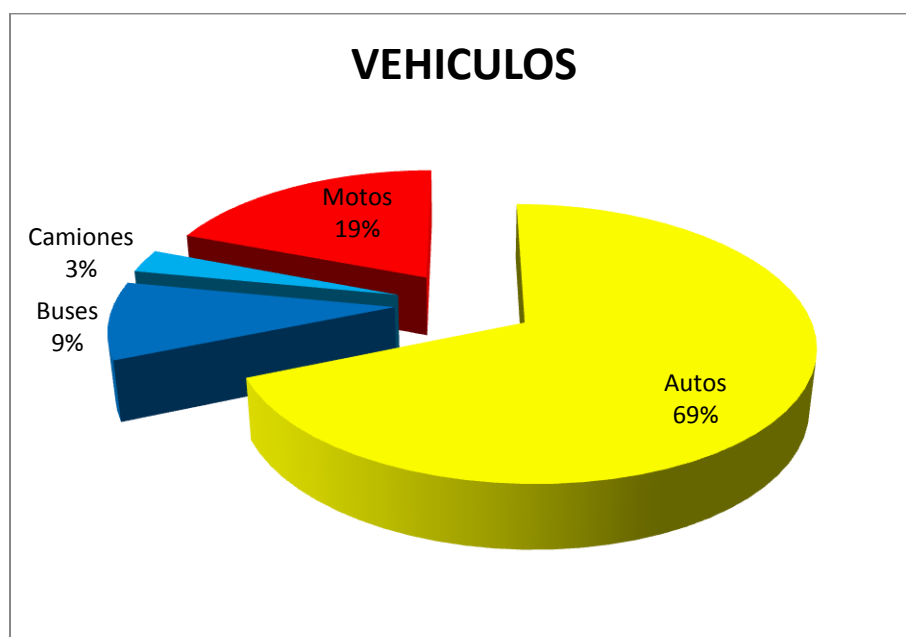
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 1 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 4.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 11:30 am y las 12:30 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,96.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCION

Factor de hora pico mañana: 0,93
Factor de hora pico medio día: 0,96
Factor de hora pico tarde: 0,99
Total vehículos livianos: 117515
Total buses: 7465
Total camiones: 3332
Total motos: 29574
Total vehículos: 157613

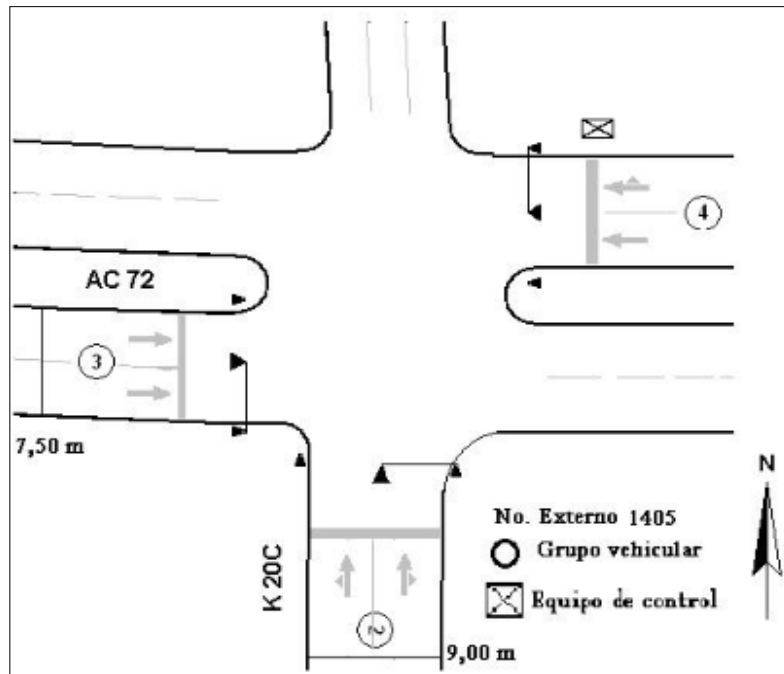
FIGURA 18. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 20B



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.7 Calle 72 con carrera 20C:

FIGURA 19. Tramo Calle 72 con carrera 20C.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 20B, Creado 13 de Abril de 2011

Esta intersección contiene 3 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno

- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente, con un total de vehículos aforados de 36668, comprendido por 27707 vehículos livianos, 624 buses, 1229 camiones, 7108 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, sin ningún giro permitido sobre la calle 72, con un total de vehículos aforados de 47693, comprendido por 27134 vehículos livianos, 5380 buses, 879 camiones, 14285 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 4: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, con un giro permitido sobre la carrera 20C sentido norte, con un total de vehículos

aforados de 58053, comprendido por 39238 vehículos livianos, 4385 buses, 722 camiones, 13708 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 8. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20C

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 20C			
Acceso	2	3	4
Moda	810	903	1012
Media	691,84	899,86	1095,33
Mediana	687	915	1088
Desviación M	88,89	87,96	129,25
Varianza	12307,5	13186,7	35421,4
Desviación T	110,93	114,84	188,2
Coefficiente V	16,03	12,76	17,18

Fuente: Elaboración propia de los autores

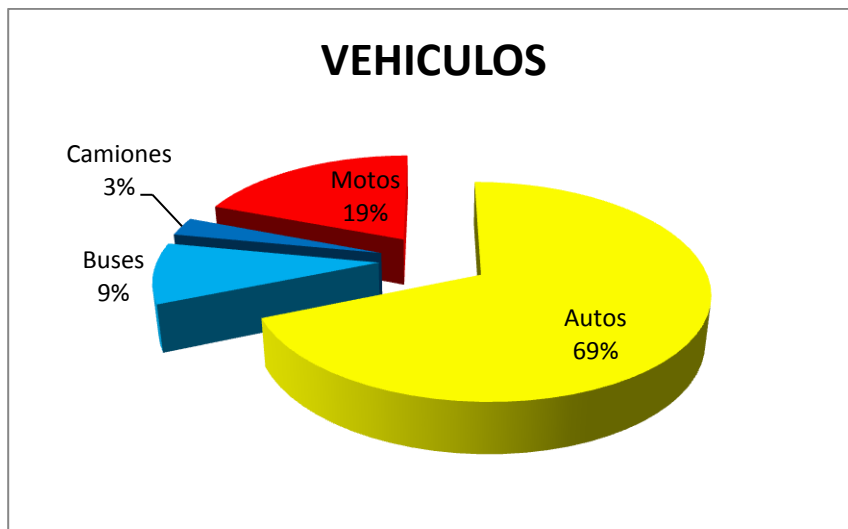
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 4 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 2.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 04:30 pm y las 05:30 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,95.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCION

Factor de hora pico mañana: 0,92
 Factor de hora pico medio día: 0,96
 Factor de hora pico tarde: 0,95
 Total vehículos livianos: 94079
 Total buses: 10389
 Total camiones: 2830
 Total motos: 35101
 Total vehículos: 142414

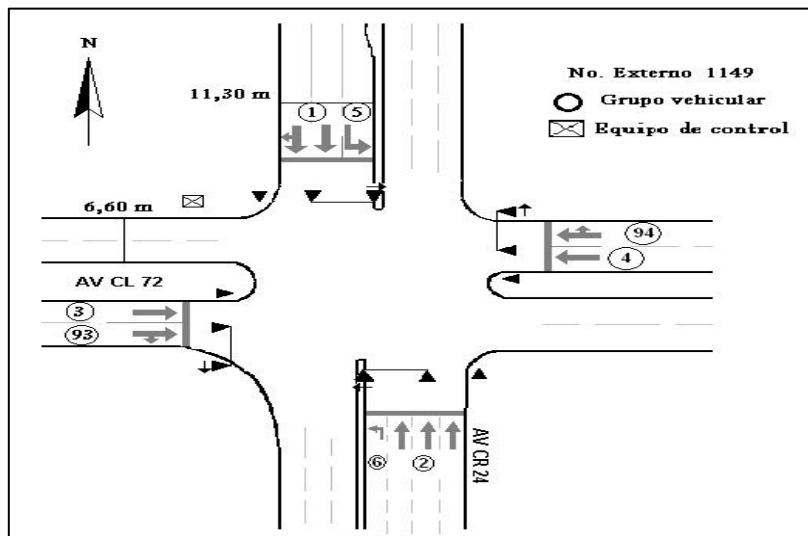
FIGURA 20. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 20C



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.8 Calle 72 con carrera 24:

FIGURA 21. Tramo Calle 72 con carrera 24.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 24, Creado 13 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 4 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno

- ACCESO 1: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente, con un total de vehículos aforados de 72063, comprendido por 55274 vehículos livianos, 1814 buses, 1540 camiones, 13435 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.
- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente, con un total de vehículos aforados de 65145, comprendido por 49014 vehículos livianos, 3462 buses, 1405 camiones, 11264 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 24 sentido sur, con un total de vehículos aforados de 57583, comprendido por 39616 vehículos livianos, 4415 buses, 1514 camiones, 12038 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.
- ACCESO 4 : En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, con un giro permitido sobre la carrera 24 sentido sur, con un total de vehículos aforados de 57468, comprendido por 42103 vehículos livianos, 3884 buses, 1015 camiones, 10466 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día sábado.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 9. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 24

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 24				
Acceso	1	2	3	4
Moda	1578	1134	1291	1012
Media	1359,67	1229,15	1086,47	1084,03
Mediana	1490	1200	1127	1111
Desviacion M	261,65	182,12	171,07	190,52
Varianza	95588,3	51153,9	44464,1	59275,6
Desviacion T	309,17	226,17	210,86	243,46
Coeficiente V	22,73	18,4	19,49	22,45

Fuente: Elaboración propia de los autores

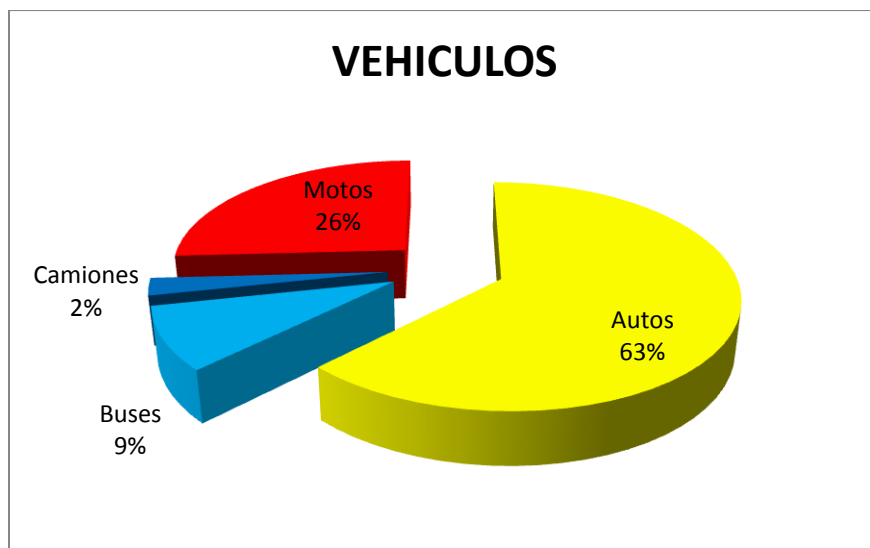
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 1 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 4.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 01:00 pm y las 02:00 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,98.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCION

Factor de hora pico mañana: 0,98
Factor de hora pico medio día: 0,98
Factor de hora pico tarde: 0,90
Total vehículos livianos: 186007
Total buses: 13575
Total camiones: 5474
Total motos: 47203
Total vehículos: 252232

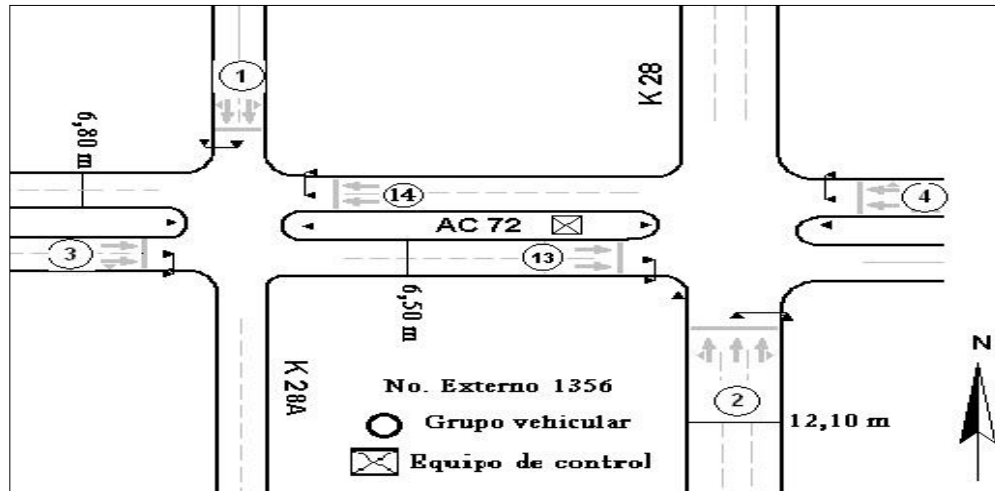
FIGURA 22. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 24



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.1.9 Calle 72 con carrera 28 y 28A:

FIGURA 23. Tramo Calle 72 con carrera 28 Y 28A.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 24, Creado 13 de Abril de 2011

Esta intersección contiene 6 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno

- ACCESO 1: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente, con un total de vehículos aforados de 30389, comprendido por 20500 vehículos livianos, 845 buses, 1667 camiones, 7377 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 2: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido sur, con un giro permitido sobre la calle 72 sentido oriente y occidente, con un total de vehículos aforados de 41482, comprendido por 28709 vehículos livianos, 1167 buses, 2178 camiones, 9428 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 3: En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriente, con un giro permitido sobre la carrera 28A sentido sur, con un total de vehículos aforados de 69818, comprendido por 45339 vehículos livianos, 5900 buses, 1801 camiones, 16778 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.

- ACCESO 4 : En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidente, con un giro permitido sobre la carrera 28 sentido norte, con un total de vehículos aforados de 74008, comprendido por 50905 vehículos livianos, 6853 buses, 2076 camiones, 2076 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 13 : En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriental, con un giro permitido sobre la carrera 28 sentido norte, con un total de vehículos aforados de 65941, comprendido por 41275 vehículos livianos, 5971 buses, 1650 camiones, 17045 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.
- ACCESO 14 : En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidental, sin ningún giro permitido sobre la carrera 28A, con un total de vehículos aforados de 67323, comprendido por 44813 vehículos livianos, 5663 buses, 2360 camiones, 14487 motos, resultados obtenidos desde las 6:00 am hasta las 07:00 pm, día martes.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 10. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 28 Y 28A

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 28 y 28A						
Acceso	1	2	3	4	13	14
Moda	674	954	1392	1549	1186	1403
Media	537,37	782,67	1317,32	1396,37	1244,16	1270,24
Mediana	591	798	1308	1479	1206	1359
Desviacion M	94,12	95,89	162,55	219,43	155,85	206,39
Varianza	13329,7	15349,4	56651,8	71793,3	47080,4	61020,6
Desviacion T	115,45	123,89	238,01	267,94	216,98	247,023
Coeficiente V	20,13	15,82	18,068	19,18	17,43	19,44

Fuente: Elaboración propia de los autores

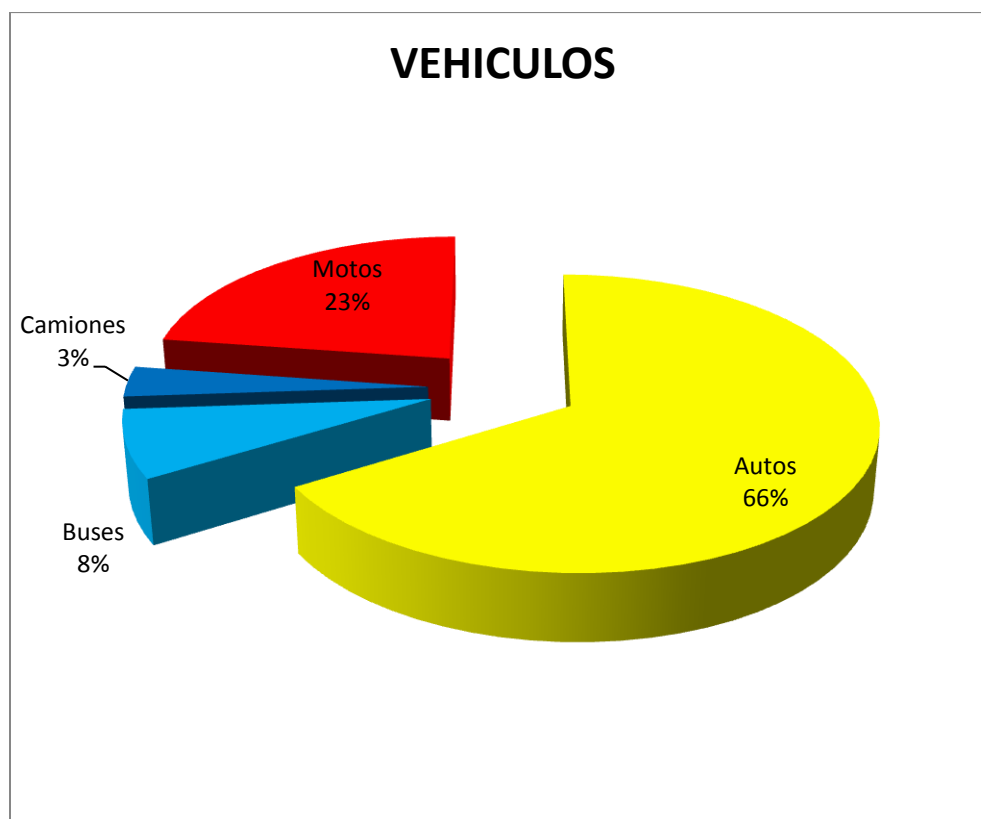
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 4 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 1.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 02:00 pm y las 03:00 pm. Con un factor de hora pico máximo de 0,93.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCION

Factor de hora pico mañana: 0,98
Factor de hora pico medio día: 0,95
Factor de hora pico tarde: 0,98
Total vehículos livianos: 231541
Total buses: 26399
Total camiones: 11732
Total motos: 79289
Total vehículos: 348961

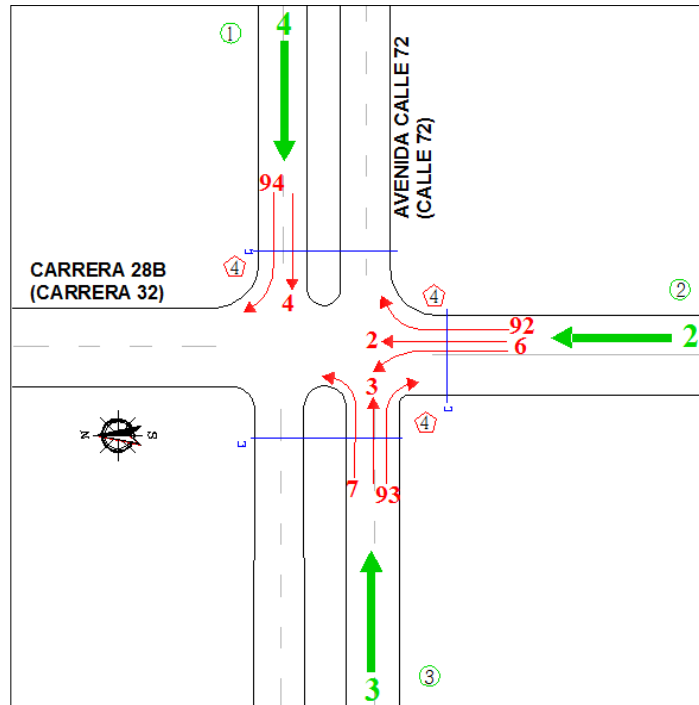
FIGURA 24. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 28 Y 28A



Fuente: Elaboración propia de los autores.

7.1.10 Calle 72 con carrera 28B:

FIGURA 25. Tramo Calle 72 con carrera 28B.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 24, Creado 13 de Abril de 2011.

Esta intersección contiene 3 accesos, para los cuales se realizó un estudio detallado de cada uno

- **ACCESO 2 :** En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido norte, con dos giros permitidos sobre la calle 72 sentido oriental y occidental, con un total de vehículos aforados de 7969, comprendido por 6159 vehículos livianos, 96 buses, 294 camiones, 1420 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 07:15 pm, día jueves.
- **ACCESO 3 :** En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido oriental, con dos giros permitidos sobre la carrera 28B sentido norte y sur, con un total de vehículos aforados de 68522, comprendido por 47338 vehículos livianos, 6284

buses, 1597 camiones, 13309 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 07:15 pm, día jueves.

- **ACCESO 4:** En este acceso el flujo vehicular se desplaza en sentido occidental, con un giro permitido sobre la carrera 28B sentido norte, con un total de vehículos aforados de 57744, comprendido por 40371 vehículos livianos, 5916 buses, 1527 camiones, 9952 motos, resultados obtenidos desde las 6:30 am hasta las 07:15 pm, día jueves.

DATOS ESTADISTICOS

TABLA 11. Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 28B

Datos Estadísticos- Calle 72 con carrera 28B			
Acceso	2	3	4
Moda	194	1211	1144
Media	153	1318	1110
Mediana	165	1312	1165
Desviación M	36,2	202,15	175,6
Varianza	1911,22	92450,9	64424,9
Desviación T	43,71	304,05	253,82
Coeficiente V	28,56	23,07	22,85

Fuente: Elaboración propia de los autores

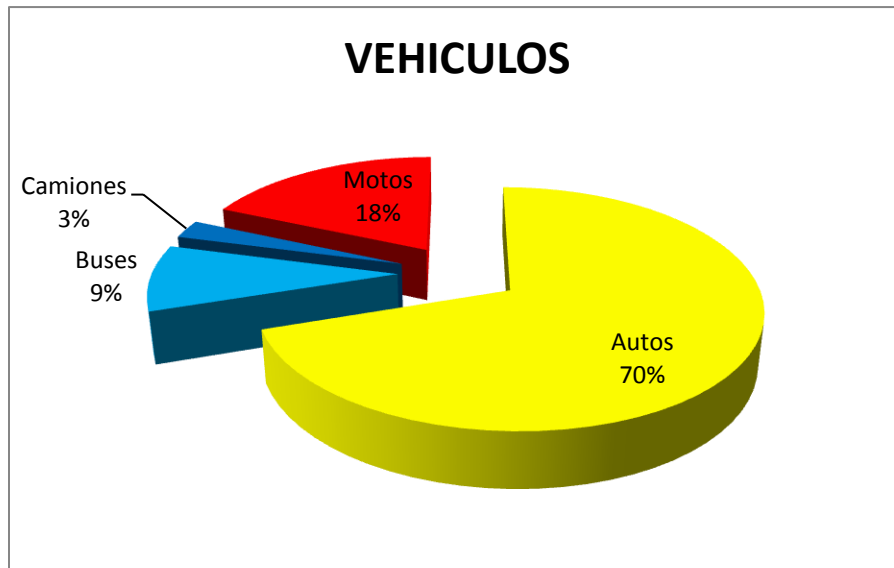
Analizando los resultados anteriores se determinó que el acceso 3 es el que más flujo de vehículos contiene y el menor flujo se presentó en el acceso 2.

En esta intersección según los análisis de volúmenes se estableció un máximo hora pico entre las 07:45 am y las 08:45 am. Con un factor de hora pico máximo de 0,96.

RESULTADO TOTAL POR INTERSECCION

Factor de hora pico mañana: 0,96
 Factor de hora pico medio día: 0,95
 Factor de hora pico tarde: 0,83
 Total vehículos livianos: 93868
 Total buses: 12268
 Total camiones: 3418
 Total motos: 24681
 Total vehículos: 134235

FIGURA 26. Diagrama de torta-Tramo Calle 72 con carrera 28B



Fuente: Elaboración propia de los autores.

7.2 TIEMPOS SEMAFÓRICOS

Considerando que uno de los principales factores de movilidad y del flujo de tránsito es el ciclo semafórico el cual indica el paso y la detención de vehículos en la vía, a continuación se presenta un análisis de como es el comportamiento de los semáforos y ciclos de los mismos en las intersecciones más transitadas teniendo en cuenta los sentidos de norte-sur, occidente-oriente. Para desarrollar este análisis se estudiaron los datos adquiridos por la Secretaría de Movilidad.

Para este análisis se estudió mediante unos planes que representan los diferentes tipos de tiempos semafóricos que maneja cada intersección el cual tiene un número externo o número de referencia, acompañado de un grupo automático por semana y el cual se usa en una hora determinada. Estos documentos se encuentran en el Anexo 2, se iniciaría el análisis con las intersecciones más afectadas por el tránsito y así mismo en un orden de oriente a occidente.

7.2.1 Calle 72 por Carrera 7.

Movimiento 1: Norte a sur.

Movimiento 2: Sur a norte.

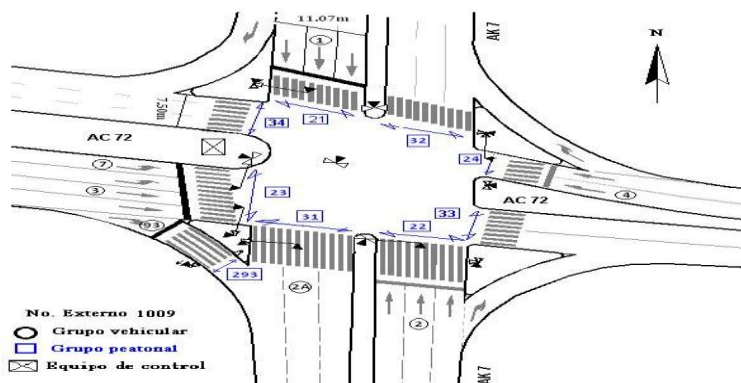
Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

Movimiento 7: Occidente a norte.

Movimiento 93: Occidente a sur.

FIGURA 27. Semáforos Número de referencia 1009-Tramo Calle 72 con carrera 7



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 7, plano N1, 1009, grupo automático 1006

Cuando el volumen de vehículos se encuentra en los movimientos 3 y 4 están siendo detenidos por el semáforo que tiene un ciclo en color rojo de 41 segundos, en el momento que cambia a verde el movimiento 3 tiene relevancia en tener un ciclo más largo ya que está acompañado del movimiento 7 y 93, que llegan del occidente y sigue su camino hacia el norte y llega de occidente y sigue su camino al sur respectivamente, es necesario detener el tránsito en el movimiento 4 para proveer el paso a movimiento 7, el movimiento 3 tiene un ciclo en verde de 48 segundos y el movimiento 4 de 24 segundos para así dar paso al movimiento 7 con un ciclo en verde 20 segundos. Mientras esto sucede los movimientos 1 y 2 están en rojo con un ciclo de 57 segundos en rojo y después de que todos los movimientos se hayan realizado cambia de color a verde con un ciclo semafórico de 34 segundos. Cabe aclarar que este ciclo se maneja cuando se encuentran vehículos porque para los días sin carro cuando hay ciclo vía los semáforos tienen unos tiempos diferentes.

7.2.2 Calle 72 por Carrera 9

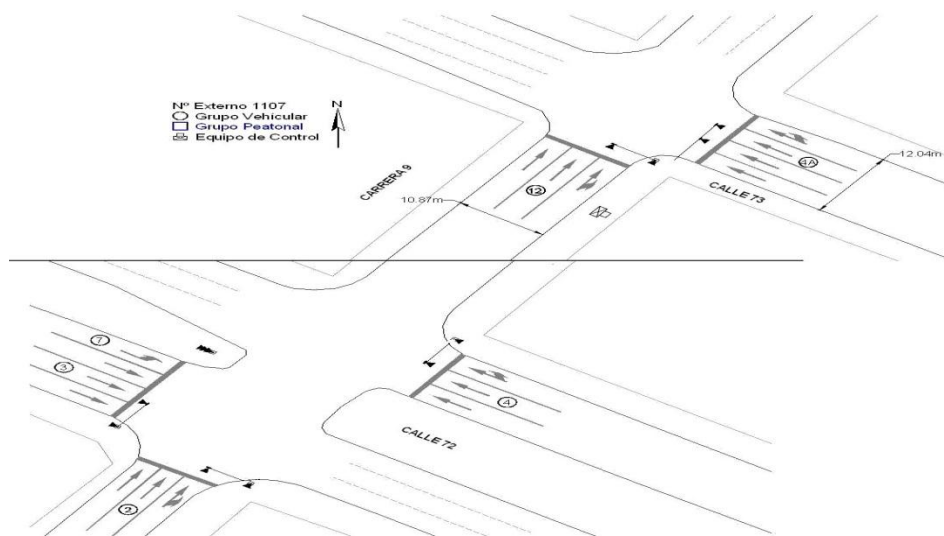
Movimiento 2: Sur a norte.

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

Movimiento 7: Occidente a norte.

FIGURA 28. Semáforos número de referencia 1107-Tramo Calle 72 con carrera 9



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 9, plan N1, 1007, grupo automático 1009

El plan 1 hace referencia a los ciclos de semáforos 2, 3, 4 y 7 de la calle 72 por carrera 9. Donde el movimiento 2 cuenta con un lapso de espera en el semáforo cuando este se encuentra en rojo con un tiempo de 60 segundos, mientras este movimiento está detenido los movimientos 3 y 7 empiezan a transitar, el movimiento 3 tiene un periodo de tiempo en verde de 52 segundos pero así mismo el movimiento 7 que se dirige de occidente a norte cumple un tiempo de tránsito en verde de 28 segundos porque este movimiento es el que le da continuidad al movimiento 4 de oriente a occidente, por lo tanto este movimiento cuenta con un tiempo de espera en rojo de 63 segundos y teniendo el menor tiempo en color verde que es de 20 segundos. Cuando estos movimientos ya han transitado toda la cantidad de volumen vehicular para el cual fue diseñado este ciclo, el movimiento 2 empieza a movilizar los vehículos que tiene detenidos con un periodo en verde de 55 segundos.

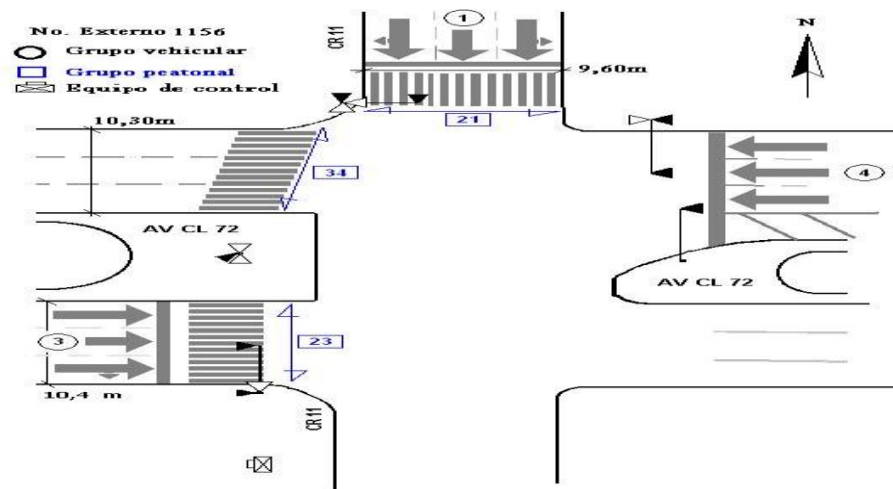
7.2.3 Calle 72 por Carrera 11

Movimiento 1: Norte a sur

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

FIGURA 29. Semáforos número de referencia 1156-Tramo Calle 72 con carrera 11



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 11, plan N1, 1156, grupo automático 1009

Esta intersección consta de tres movimientos que son el 1, 3 y 4, en donde el movimiento 1 predomina de norte a sur además los vehículos que vienen del norte también pueden girar hacia el occidente y oriente ya que en el mismo ciclo de

semafórico permite hacer estos movimientos teniendo en cuenta que el movimiento 3 y 4 tienen que estar detenidos, estos dos movimientos permanecen detenidos 29 a 28 segundos respectivamente para que así el movimiento 1 tenga 25 segundos en color verde.

Los ciclos semafóricos cambian dependiendo la hora y el día de la semana, en este caso se manejan 9 tipos de planes donde los tiempos varían según la cantidad de vehículos, los planes 2, 3, 4, 1 y 7 son usados en la semana 1 y 4 teniendo en cuenta las horas de mayor tránsito, empezando desde las 5:30 am hasta las 11:00 pm.

7.2.4 Calle 72 por Carrera 13

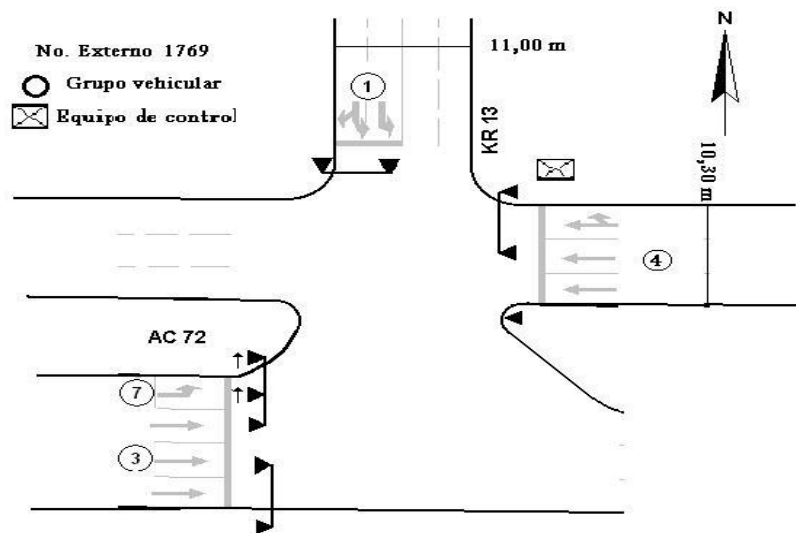
Movimiento 1: Norte a oriente.

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

Movimiento 7: Occidente a norte.

FIGURA 30. Semaforos número de referencia 1769-Tramo Calle 72 con carrera 13



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 13, plan N1, 1769, grupo automático 1009

El movimiento 1 tiene permitido en su ciclo semafórico dirigirse de norte a oriente y de norte occidente, este ciclo mientras permanece en verde con un tiempo de 40 segundos los movimiento 3, 4 y 7 siguen en rojo, el movimiento 3 cuenta con 44

segundos en rojo, el movimiento 4 con 41 segundos en rojo y movimiento 7 con 88 segundos en rojo. Cuando el movimiento 1 permanece en rojo 75 segundos los demás movimientos se distribuyen estos 75 segundos para tener la luz verde en su semáforo, el movimiento 3 cuenta con 70 segundos en verde, el movimiento 4 con 43 segundos y este tiene que tener menor tiempo en color verde para así suministrar el paso al movimiento 7 con 25 segundos en verde.

Los ciclos semafóricos cambian dependiendo la hora y el día de la semana, en este caso se maneja 9 tipos de planes donde los tiempos varían según la cantidad de vehículos y además cuenta con ciclo semafórico para cicloruta. En esta intersección se maneja el grupo automático 1009 en donde los planes 2 y 3 en la semana 1 y 4 prevalecen en un horario de 5:30 am hasta las 11:00 am, desde esa hora hasta las 11:00 pm se maneja los planes 4, 1 y 7.

7.2.5 Calle 72 por carrera 14 (Caracas) y carrera 15.

Movimiento 1A: Norte a Sur posibilidad de giro a al occidente.

Movimiento 1B: Norte a sur

Movimiento 2 y 2B: Sur a Norte.

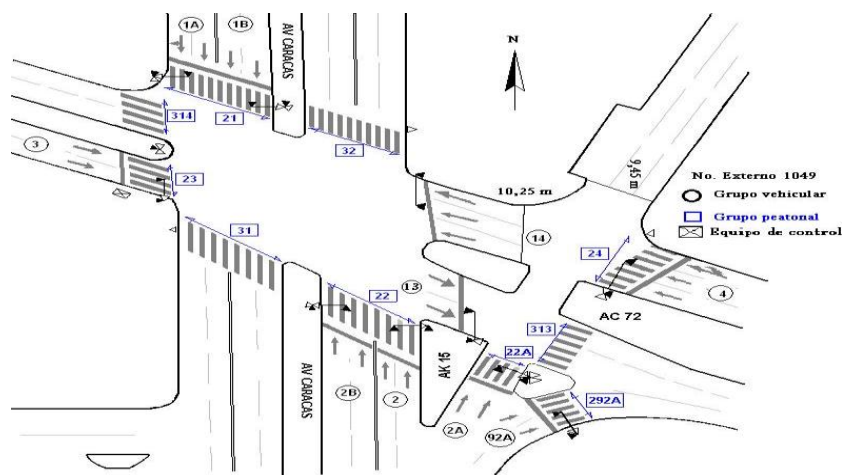
Movimiento 2A: Sur a Norte por la carrera 15.

Movimiento 3: Occidente a Oriente, lo complementa movimiento 13.

Movimiento 4: Oriente a Occidente posibilidad de giro al norte, lo complementa movimiento 14.

Movimiento 92A: Sur a oriente.

FIGURA 31. Semáforos número de referencia 1049-Tramo Calle 72 por carrera 14 (Caracas) y carrera 15



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Calle 72 por carrera 14 (Caracas) y carrera 15, plan N1, 1049, grupo automático 1004.

Los movimientos 3 y 13, 4 y 14 tienen que permanecer detenidos en rojo 63 segundos para proveer paso a los vehículos del movimiento 1, que viene del norte y se dirige al sur, teniendo en cuenta que los vehículos que están en las dos primeras calzadas en este caso 1A tienen la opción de girar al occidente, los vehículos del movimiento 2 y 2B siguen su recorrido por la carrera 14 de sur a norte, pero el movimiento 2A que acompaña a los dos movimientos anteriores se dirige del sur al norte pero entrando directamente a las carrera 15, aparte de estos dos movimientos que vienen del sur, se agrega un movimiento más que es el 92A, donde tienen la posibilidad de ingresar a las calle 72 al oriente, todos estos movimientos tienen aproximadamente un tiempo en verde de 62 segundos. En el momento que estos movimientos se detienen, empiezan a circular los vehículos de occidente a oriente, el único movimiento que puede girar y dirigirse al norte es el movimiento 4 entrando por la carrera 15, cabe resaltar que los semáforos de los movimientos 13 y 14 están totalmente asociados con los movimientos 3 y 4 respectivamente, ya que los dos están separando las dos carreras de la Caracas y la 15.

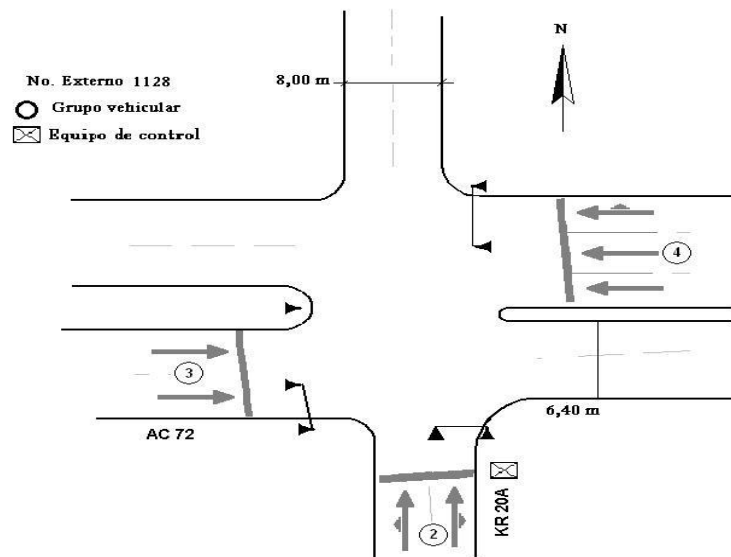
7.2.6 Calle 72 por Carrera 20A

Movimiento 2: Sur a norte.

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

FIGURA 32. .Semáforos número de referencia 1128-Tramo Calle 72 con carrera 20A



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 20ª, plan N1, 1128, grupo automatico1003

En esta intersección los únicos movimientos permitidos son los que se encuentran en la imagen 5, el ciclo semafórico para el movimiento 3 y 4 es similar ya que el ciclo en verde tienen un mismo inicio pero la duración varía, para el movimiento 3 tiene una duración en verde de 37 segundos y el movimiento 4 tiene una duración en verde de 45 segundos, lo que hace que el movimiento 2 tenga un tiempo de espera en rojo de 55 segundos. Este ciclo semafórico cuenta con el grupo automático 1003 que igualmente varía el tiempo semafórico según la hora y la semana, en algunos planes el tiempo total del ciclo varía en este caso el plan 1 cuenta con un ciclo de 90 segundos, el plan 2 con un ciclo de 120 segundos y plan 5 con un ciclo de 75 segundos.

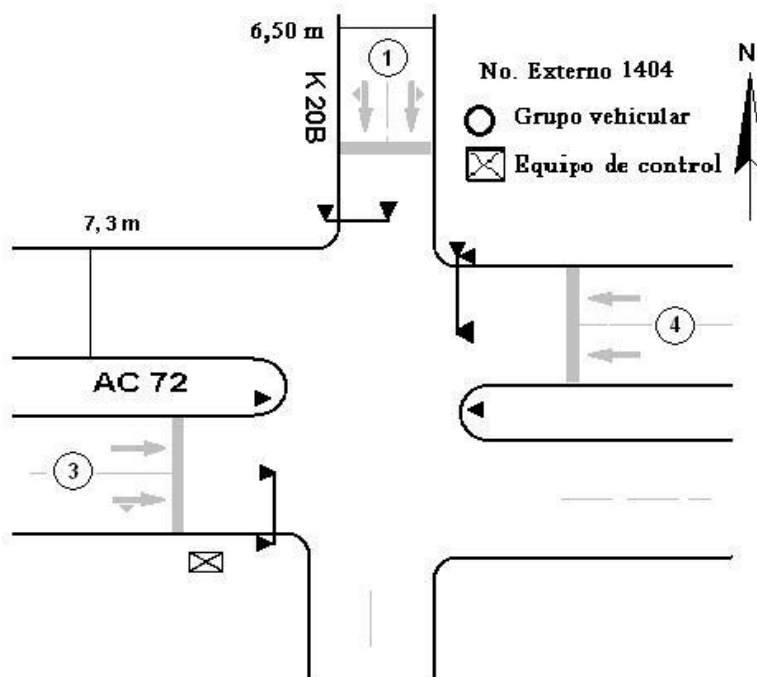
7.2.7 Calle 72 por Carrera 20B

Movimiento 1: Norte a oriente.

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

FIGURA 33.Semaforos número de referencia 1404-Tramo Calle 72 con carrera 20B



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 20B, plan N1, 1404, grupo automático 1003

El movimiento 1 como se observa en la imagen que se dirige de norte a sur, también puede hacer el giro a la izquierda en este caso hacia el occidente o hacia la derecha en este caso oriente, los movimientos los realiza en el mismo tiempo que cumple el ciclo semafórico, este semáforo en el plan 1 cumple con 36 segundo en color verde, en donde el semáforo contando el amarillo y rojo cumple un ciclo semafórico de 90 segundos. Cuando este semáforo está en verde los movimientos 3 y 4 están en rojo cumpliendo también los 90 segundos del ciclo total, el movimiento 3 tiene un tiempo de espera en rojo de 44 segundos y el movimiento 4 de 45 segundos, estos dos movimientos tienen el mismo tiempo en cada color ya que como se dirigen en sentidos diferentes y ninguno interfiere al

otro solo es necesario darle paso para así no acumular volúmenes mayores a los permitidos en este movimiento.

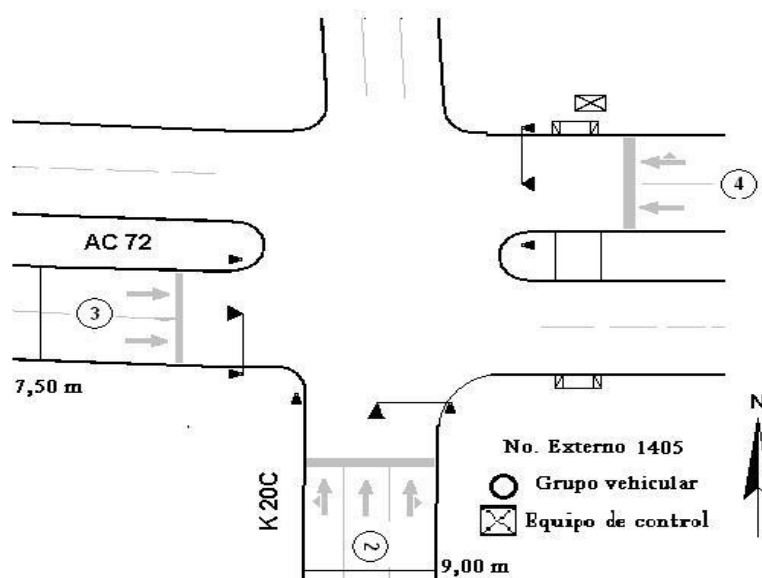
7.2.8 Calle 72 por Carrera 20C

Movimiento 2: Sur a norte.

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

FIGURA 34. Semáforos número de referencia 1405-Tramo Calle 72 con carrera 20C



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 20C, plan N1, 1405, grupo automático 1003

Esta intersección es similar a la calle 72 por carrera 20A, en donde se encuentran tres movimientos, los movimientos 2, 3 y 4 donde el movimiento 2 puede dirigirse al oriente y al occidente en el mismo ciclo semafórico, el movimiento 4 puede dirigirse hacia el norte en el mismo ciclo semafórico ya que este movimiento no dependen de que algún movimiento aparte sea detenido por el color rojo para realizar el giro. Para que la intersección funcione debidamente el movimiento 2 tiene que estar detenido por 52 segundos para que los demás movimientos puedan evacuar la cantidad de vehículos deseada por el ciclo semafórico por lo tanto mientras en movimiento 2 está en espera el movimiento 4 puede hacer el giro a la derecha para dirigirse al norte, este movimiento cumple con un tiempo de 44 segundos en verde.

El plan de grupo automático es el 1003 en donde según la hora se utiliza el plan que se acomode para satisfacer la necesidad de todos los vehículos que transitan por esta intersección, a medida que va pasando el día desde las 5:00 am hasta las 11:00 pm los planes se van modificando automáticamente por los semáforos electrónicos.

7.2.9 Calle 72 por Carrera 24

Movimiento 1: Norte a sur y norte a occidente.

Movimiento 2: Sur a norte y sur a oriente.

Movimiento 3: Occidente a oriente.

Movimiento 4: Oriente a occidente.

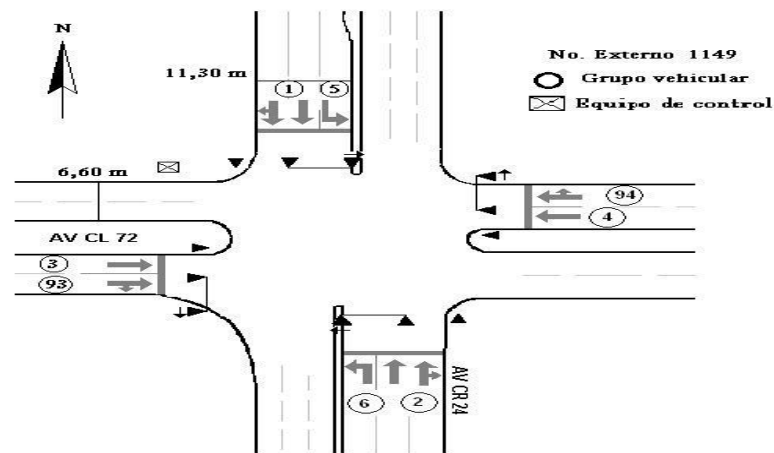
Movimiento 5: Norte a oriente.

Movimiento 6: Sur a occidente.

Movimiento 93: Occidente a sur y occidente a oriente.

Movimiento 94: Oriente a norte y oriente a occidente.

FIGURA 35. Semáforos número de referencia 1149-Tramo Calle 72 con carrera 24.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 24, plan N1, 1149, grupo automático 1002

En esta intersección se presentan distintos movimientos los cuales los ciclos semafóricos deben estar completamente sincronizados para evitar colapsos y accidente de tránsito que afecten en tránsito de vehículos. En el momento que el movimiento 1 y 5 se encuentra en rojo, los movimientos 2, 6 y 93 se encuentran transitando por esta intersección. En los movimientos 2 y 6 cuando se encuentran en rojo los movimientos 1, 5 y 94 el semáforo se encuentra en verde para así permitir el paso de los vehículos. Los movimientos 3 y 4 tienen que esperar que

los otros movimientos se detengan para que ellos puedan seguir con su movimiento, tienen aproximadamente 63 segundos en color verde, pero a su vez los movimientos 93 y 94 pueden seguir haciendo sus movimientos ya que no interfieren en el tránsito de los demás movimientos.

7.2.10 Calle 72 por Carrera 28 y 28ª

Movimiento 1: Norte a sur y norte a occidente y oriente.

Movimiento 2: Sur a norte y sur a oriente y occidente.

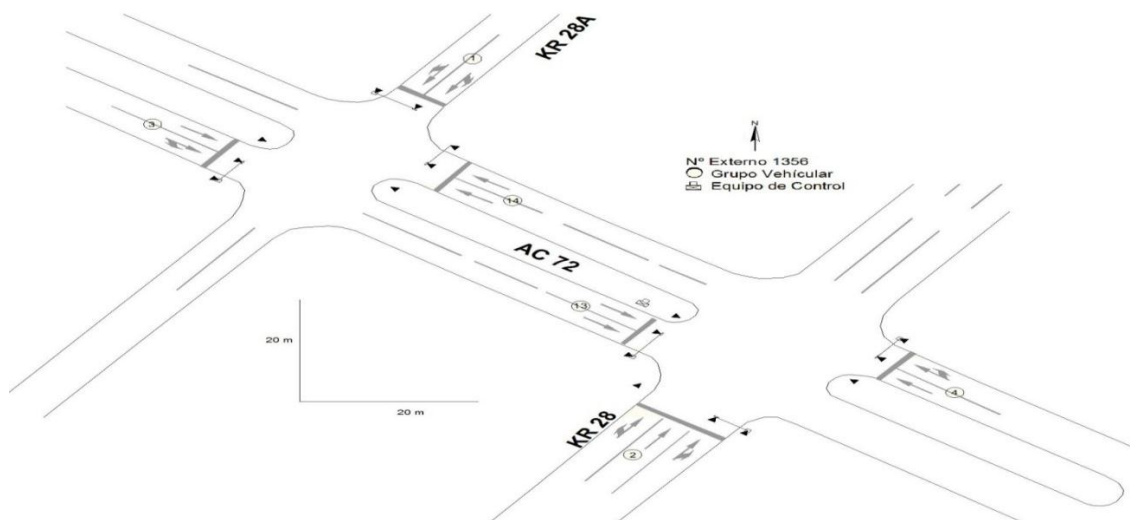
Movimiento 3: Occidente a oriente y occidente a sur.

Movimiento 4: Oriente a occidente y oriente a norte,

Movimiento 13: occidente a oriente.

Movimiento 14: oriente a occidente.

FIGURA 36. Semaforos número de referencia 1356-Tramo Calle 72 con carrera 28 y 28A



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 28 Y 28A, plan N1, 1356, 1001.

En esta intersección los movimientos están sincronizados de tal manera que los movimientos 3, 4, 13 y 14 cuando están en rojo con un tiempo similar y aproximado a 25 segundos, los movimientos 1 y 2 están en verde con un tiempo de 20 segundos antes de que cambie amarillo. Los movimientos 3, 4, 13 y 14 tienen el mismo tiempo cuando están en verde para mover la cantidad de vehículos necesaria con un tiempo de 58 segundos, los movimientos 13 y 14 son movimientos que tienen que evacuar rápidamente todo el volumen que se acumula allí ya que está en medio de las dos carreras y es donde llegan todos los

7.3 ANALISIS DEL MODELO

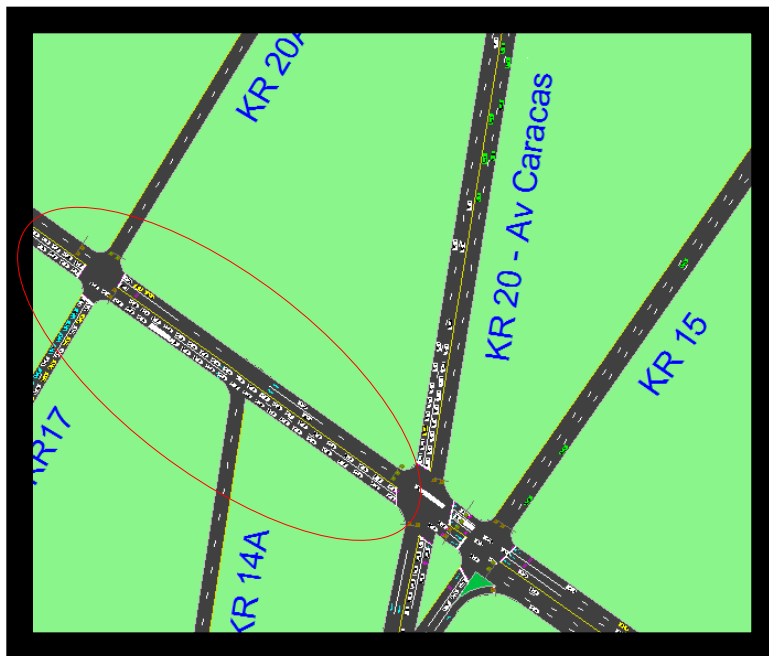
7.3.1 Análisis del tramo por medio de Synchro

FIGURA 37. Modelo de simulación macroscópica por la avenida Caracas



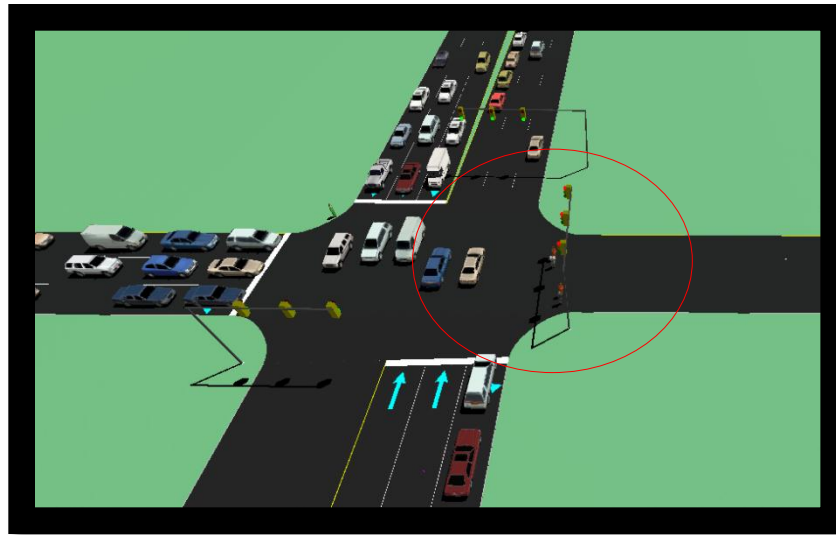
Fuente: Elaboración propia de los autores

FIGURA 37. Simulación calle 72 por carrera 14, embotellamiento por tiempos semafóricos



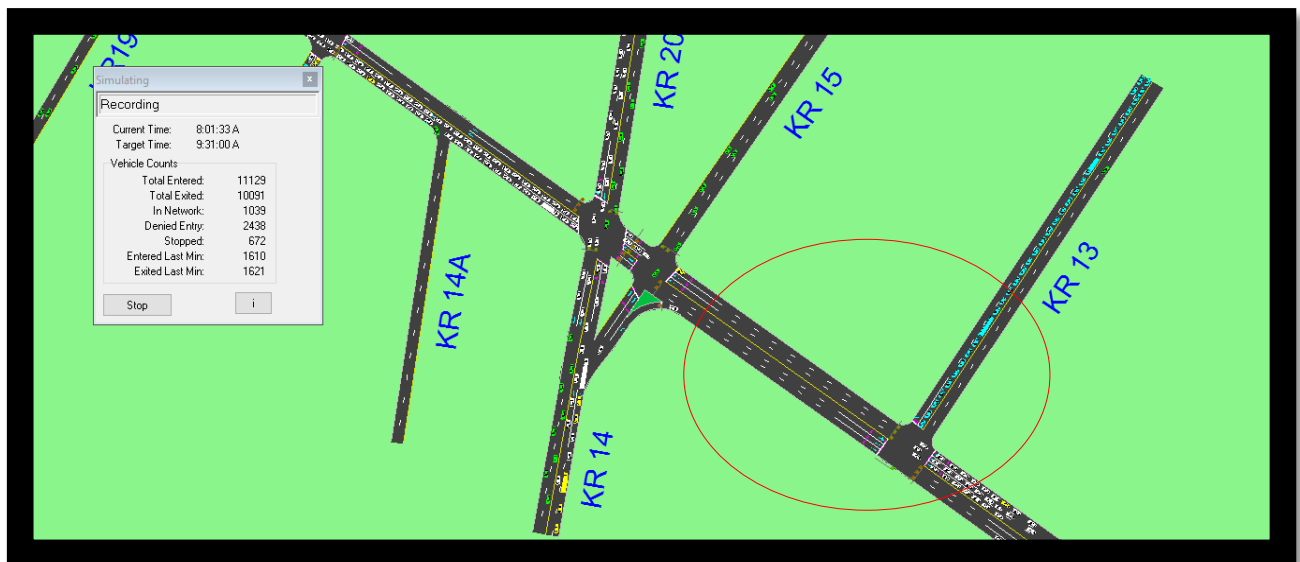
Fuente: Elaboración propia de los autores

FIGURA 37. Simulación calle 72 por carrera 11, Conflicto tráfico peatonal y tráfico vehicular.



Fuente: Elaboración propia de los autores

FIGURA 37. Simulación calle 72 por carrera 11, Conflicto tráfico peatonal y tráfico vehicular.

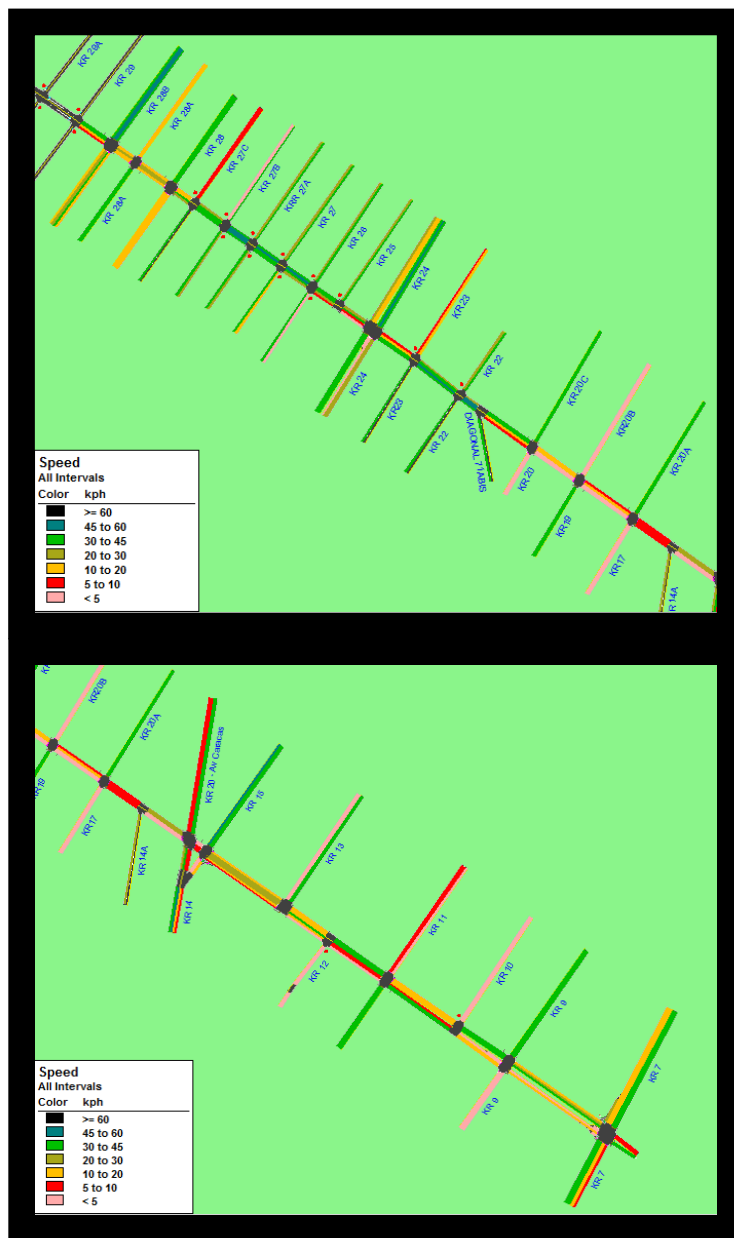


Fuente: Elaboración propia de los autores

Los vehículos que se tornan color azul, representan el grupo de unidades paradas sobre una vía en particular. La carrera 13 presenta problemas por la ineficiencia de la única señal (PARE) que controla la salida.

Análisis de velocidad

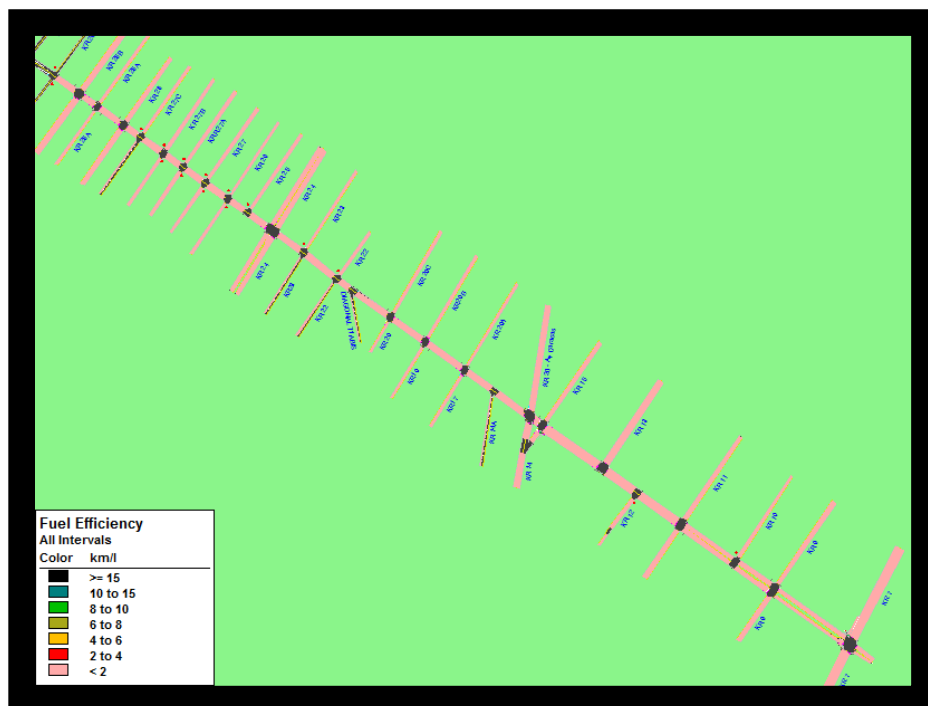
FIGURA 37. Relación de velocidad de la simulación microscópica en la calle 72 entre carreras 7 y 28B



Fuente: Elaboración propia de los autores

Análisis eficiencia de combustible

FIGURA 37. Relación del gasto de combustible en la operación vehicular, obtenida de la simulación microscópica en la calle 72 entre carreras 7 y 28B

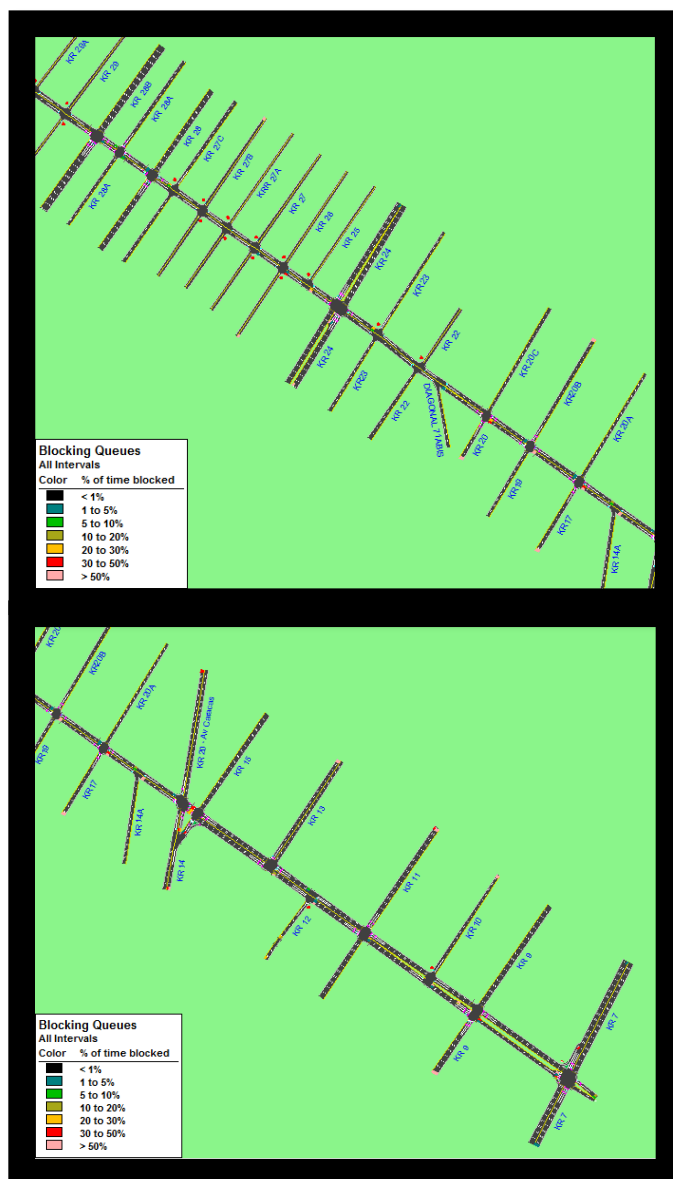


Fuente: Elaboración propia de los autores

Con base a los datos obtenidos de volúmenes se ejecutó el modelo en el software para analizar el comportamiento del flujo vehicular, por medio de este se pudo determinar que la calle 72 presenta mayor congestión entre la carrera 24 y la avenida Caracas, generando bloqueos de intersecciones y demoras en los tiempos de viaje.

Análisis tiempos de demora

FIGURA 37. Relación del tiempo de demora, obtenida de la simulación microscópica en la calle 72 entre carreras 7 y 28B



Fuente: Elaboración propia de los autores

7.3.2 Niveles de servicio

Entre carreras 7 hasta la carrera 14 (Caracas) se presenta un nivel de servicio C, presenta flujo estable, libertad de velocidad sin sobrepasar límites y maniobra en la vía disminuye, aunque se presentan señales verticales con máximo 30 km/h los vehículos sobrepasan esta velocidad debido a que en este tramo se presentan tres carriles.

Entre carreras 14 (Caracas) y la carreras 28B se presenta un nivel de servicio D, la velocidad disminuye, la libertad de maniobra empieza a ser restringida y el nivel de comodidad baja, debido a que a lo largo de este tramo se presentan semáforos constantes y la vía es solo de dos carriles.

7.4 ANÁLISIS DE INTERSECCIONES EN CAMPO:

7.4.1 Calle 72 por Carrera 7:

FIGURA 38. Registro fotográfico calle 72 por carrera 7 sentido sur-norte



Fuente: Elaboración propia de los autores

FIGURA 39 Registro fotográfico calle 72 por carrera 7 sentido sur-norte.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la calle 72 por carrera 7 se muestran dos imágenes, en donde se puede observar la figura 38 que expone el flujo de vehículos y el flujo peatonal que se

detalla en esta intersección, en la figura 39 se puede ver claramente los vehículos detenidos con el semáforo en rojo y la cantidad de vehículos que detienen en el Acceso 1 que transitan de norte a sur de la ciudad o si es el caso del norte y pueden dirigirse al occidente de la ciudad por la calle 72.

Según los datos obtenidos en los resultados de volúmenes de tránsito adquiridos por la Secretaría de Movilidad, la máxima hora pico que se presenta en esta intersección es de 4:30 pm a 5:30 pm, y el acceso que cuantifican la mayor cantidad de vehículos es el Acceso 2, que se dirige del Sur al Norte de la ciudad con una cantidad de 3.856 vehículos/hora, incluye vehículos livianos, buses, camiones y motos; y el acceso donde transitan la menor cantidad de vehículos es el Acceso 4 que se dirige del oriente al occidente de la ciudad con una cantidad de 454 vehículos/hora incluye vehículos livianos, buses, camiones y motos.

7.4.2 Calle 72 por Carrera 9:

Figura 40. Registro fotográfico calle 72 por carrera 9, sentido sur- norte.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

FIGURA 41 Registro fotográfico calle 72 por carrera 9, sentido sur- norte



Fuente: Elaboración propia de los autores.

En estas dos imágenes se puede observar el flujo de vehículos en la calle 72 por carrera 9, en la figura 40 se muestra la carrera 9 con flujo de vehículos dirigiéndose al norte o al oriente de la ciudad y por la calle 72 la figura 41 muestra flujo de vehículos entre ellos motociclistas dirigiéndose al oriente o norte de la ciudad.

Según los resultados de volúmenes de tránsito, se determina que la máxima hora pico para esta intersección se presenta de 8:15 am hasta las 9:15 am y el acceso con mayor cantidad de vehículos es el número 2 con aproximadamente 7.605 vehículos/hora, teniendo en cuenta generalmente los vehículos livianos, motos y buses de transporte público que vienen del sur por la carrera 7ma pueden tomar la carrera 9na para dirigirse al occidente de la ciudad y el acceso 7 tiene un flujo menor con una cantidad de 1.767 vehículos/hora, este acceso viene del occidente de la ciudad y se dirige al norte de la ciudad o si es el caso hace la U para recorrer la calle 72 de oriente a occidente.

7.4.3 Calle 72 por carrera 11.

Figura 42. Registró fotográfico calle 72 por carrera 11, sentido occidente-oriente



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 43. Registró fotográfico calle 72 por carrera 11, sentido norte-sur



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 44. Registró fotográfico calle 72 por carrera 11, sentido Oriente-Occidente



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Esta es una de las intersecciones más transitadas en la calle 72, se puede observar como la calle 72 se embotella sentido occidente-oriental con vehículos de transporte público, livianos y motos que transitan por esta vía para llegar a sus orígenes de destino, pero como se observa en la figura 42 el tiempo que esperan en la intersección es bastante y dificulta la movilidad en este sentido, además los peatones son una ficha clave en esta intersección, ya que en horas pico el volumen de personas que transitan es realmente alto que por consecuencia de esto dificulta el paso de los mismos vehículos y hace que se genere embotellamiento en toda la calle 72 sentido occidente-oriental y además los vehículos que vienen del norte para dirigirse hacia el sur se ven afectados por este mismo flujo de gente, ya que los vehículos que vienen en sentido occidente-oriental y giran a la derecha para entrar a la carrera 11 deben detenerse para que los peatones pasen y así mismo cuando cambia a verde los vehículos que vienen norte-sur llegan a este mismo punto produciendo un embotellamiento mayor.

La figura 44 muestra la calle 72 sentido oriente-occidente, este flujo de vehículos se incrementa en horas pico cuando los vehículos se dirigen al occidente de la ciudad, en este sentido se retiró el giro a la izquierda como se expone en el imagen, ya que los vehículos que se querían dirigir al sur por la carrera 11 alimentaban el tráfico con más vehículos donde se presentaba la detención de los carros para dejar pasar a los peatones.

Para el análisis de volúmenes de tránsito, se usan los datos adquiridos en la Secretaría de Movilidad que establece que la hora pico es de 8:30 am a 9:30 am y

en la noche de 6:30 pm a 7:30 pm donde se presenta la mayor cantidad de vehículos. El acceso que presenta mayor cantidad de vehículos es el acceso 1 sentido norte-sur con una cantidad de 7.362 vehículos/ hora entre livianos, buses, camiones y moto; y el acceso que menor cantidad de vehículos es el acceso 4 sentido occidente-oriente, con 4.128 vehículos/ hora.

7.4.4 Calle 72 por carrera 14 (Av. Caracas)

Figura 45. Registro fotográfico calle 72 por carrera 14, sentido occidente-oriente



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 46 Registro fotográfico calle 72 por carrera 14, vehículos parqueados



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 47. Registro fotográfico calle 72 por carrera 14, intersección sentido occidente-orient



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Esta intersección que se muestra en las imágenes donde circulan vehículos livianos, pesados, motos y buses de servicio público, también se encuentra el sistema de transporte que moviliza a Bogotá el Transmilenio, es de aclarar que la calle 72 antes de cruzar la carrera 14, desde la carrera 7 hasta la carrera 14 se presentan tres carriles por calzada y desde la carrera 14 hasta la 28B hay dos carriles por calzada, lo que significa y se puede observar en la figura 45 que la cantidad de vehículos que vienen del occidente al estar detenidos por este acceso se presenta una fila de vehículos de aproximadamente 100 metros, debido a que no hay suficiente espacio para des embotellar esta cantidad de vehículos. Además de ello al seguir por este acceso después de haber pasado la Caracas se observa que vehículos particulares se parquean donde no es prohibido pero interrumpe el flujo vehicular. Cabe señalar que esta fila de vehículos se extiende hasta la calle 72 por carrera 17.

El análisis de volúmenes de tránsito se hace mediante los datos obtenidos por Secretaría de Movilidad, según los datos la hora pico de esta intersección se presenta de 8:00 am a 9:00 am y en la noche desde las 6:00 pm hasta las 7:00pm, los accesos que más presentan volúmenes de tráfico es el acceso 1A que son los vehículos que vienen del norte de la ciudad por la Caracas y giran a la derecha para dirigirse al occidente de la ciudad, con una cantidad de 5.400 vehículos/hora contando vehículos livianos, buses, motos y vehículos pesados, otro acceso que presenta un flujo de vehículos alto y es el que se muestra en la figura 45 es el acceso 3 que se dirige al oriente de la ciudad, con una cantidad de vehículos de 2.792 vehículos/hora, el acceso 4 que se dirige occidente de la ciudad presenta un

volumen de 4.391 vehículos/hora y el acceso con menor cantidad de vehículos es el acceso 92, que son los vehículos que viene del sur de la ciudad y pueden ingresar a la calle 72 dirigiéndose al oriente de la ciudad con una volumen de 503 vehículos/hora.

7.4.5 Calle 72 entre carrera 7 hasta carrera 14 (Av. Caracas)

Figura 48. Registro fotográfico calle 72 por carrera 7, señal prohibido giro en u



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 49. Registro fotográfico calle 72 por carrera 9, señal velocidad promedio 30km/h



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 50. Registro fotográfico calle 72 por carrera 10, señal prohibido girar en u.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 51. Registro fotográfico calle 72 por carrera 13, señal prohibido girar en a la izquierda



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Flujo vehicular:

La calle 72 entre la carrera 7 y la carrera 14 presenta flujo vehicular estable cuando no se encuentra en la hora pico y los fines de semana, manejan a una velocidad de 50 Km/h teniendo en cuenta que la velocidad promedio mínima es de 30 Km/h como se muestra en la figura 49 de la señal de tránsito, los conductores no cumple esta señal ya que en algunos casos hay posibilidades de aumentar la velocidad de recorrido.

En la figura 50 hay una señal de prohibido girar en U en la calle 72 por carrera 10, esta se encuentra allí ya que hay vehículos que vienen del oriente de la ciudad dirigiéndose al occidente que hacen un cruce indebido y giran en U, ya que solo tienen posibilidad los de la carrera 10 ingresar por este cruce que señalaron horizontalmente en la vía como entrar a la calle 72 al oriente.

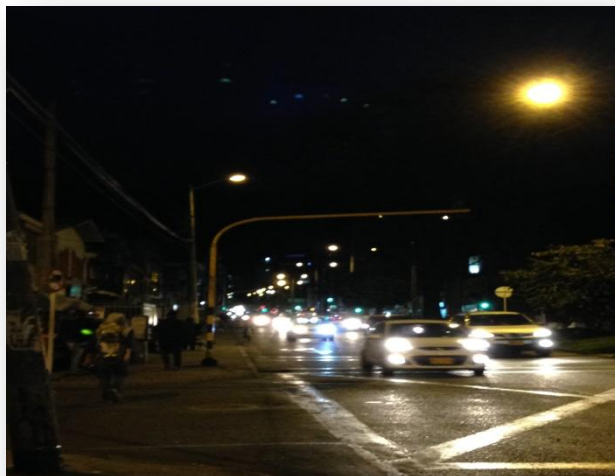
En la figura 51 hay una señal vertical de prohibido girar a la izquierda para los conductores que se dirigen del oriente al occidente de la ciudad, esta señal está colocada porque los vehículos que vienen del occidente de la ciudad por la calle 72 puedan girar a la derecha para entrar a la carrera 13, por lo tanto es imposible que los vehículos que vienen del oriente hagan este giro se produciría un accidente.

Además del flujo de vehículos encontrados los peatones influyen sustancialmente en esta a lo largo de la calle 72, como en la intersección de la carrera 9, carrera 11 y carrera 14 (Av. Caracas), los peatones dificultan la movilidad en estas intersecciones ya que no cumplen por los lugares donde deben transitar los peatones, se cruzan las calles sin esperar que pare el semáforo, detienen flujo vehicular los vendedores ambulantes ya que invaden parte del espacio donde está la vía y por lo tanto se presenta alta accidentalidad.

Dimensionamiento: Este tramo de la calle 72 entre carrera 7 y 14 (Av. Caracas) se encuentra dividido por dos calzadas cada una de tres carriles para ambos sentidos lo que mejora la movilidad en las hora no pico pero dificulta la movilidad en las horas pico porque aumenta el volumen de vehículos y superar la capacidad de la vía para la cual fue diseñada.

7.4.6 Calle 72 por carrera 20C.

Figura 52. Registro fotográfico calle 72 por carrera 20c, sentido occidente-orienté.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 53. Registro fotográfico calle 72 por carrera 20c, sentido oriente-occidente.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la intersección de la calle 72 por carrera 20C el flujo a lo largo del día se mantiene constante, ya que es un sector comercial y se observan vehículos de carga movilizándose por esta intersección donde en algunas ocasiones se

estacionan frente a la vía por la cual circulan los vehículos y esto impide el flujo constante de los carros, para el análisis se puede observar en las dos figuras como en la 52 y 53 que los sentidos oriente-occidente y occidente-oriente son los que presentan un volumen alto de vehículos, ya que los que llegan del oriente y desean llegar a la carrera 24 o la NQS tienen que transitar por la calle 72 y transitar por la carrera 20C, igualmente los vehículos que llegan del occidente y su destino es la carrera 14 (Av. Caracas), carrera 11 o carrera 7ma, pasan por esta intersección haciéndola una de las más transitadas aparte de la 20 y 20B.

Según los datos de la Secretaría de movilidad y los análisis de volúmenes de tránsito se identifica que el acceso 4 sentido occidente-oriente tiene un promedio de 4.465 vehículos/hora incluyendo vehículos livianos, buses, camiones y motos, en un horario de 8:00 am a 9:00 am y asignando este acceso con la cantidad de vehículos más alta de los tres que se presenta en esta intersección, y para el acceso 3 sentido oriente-occidente tiene una cantidad de vehículos de 3.668 vehículos/horas que es el mismo que se muestra en la figura 53. El acceso que presenta la menor cantidad de vehículos por hora es el acceso 2 que en este caso es la carrera 20 c contemplando una cantidad de vehículos de 2.820 vehículos/hora incluyendo vehículos livianos, buses, camiones y motos, aclarando que esta intersección solo moviliza vehículos sentido sur-norte que desemboca en la calle 72 y tienen la posibilidad de dirigirse al occidente u oriente.

7.4.7 Calle 72 por carrera 24.

Figura 54. Registro fotográfico calle 72 por carrera 24, sentido occidente-oriente



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 55. Registro fotográfico calle 72 por carrera 24, sentido occidente-oriente



Fuente: Elaboración propia de los autores.

En esta intersección los vehículos que transitan por la calle 72 por carrera 24, son vehículos livianos, transporte público, camiones y motos, en sentidos oriente-occidente y norte-sur, como se puede observar en las dos imágenes por toda la calle 72 el volumen de vehículos que llega a esta intersección en los dos sentidos oriente y occidente, es de aclarar que donde se presenta un volumen máximo en es el sentido occidente-oriente donde la fila de vehículos se extiende aproximadamente hasta la calle 72 por carrera 28 y también se puede observar en sentido oriente-occidente figura 54 una larga fila de vehículos. Para estos dos sentidos los semáforos tienen un tiempo en rojo aproximadamente de dos minutos lo que hace que colapse la vía y se vea embotellada y afectada por toda esta cantidad de vehículos, en el momento que cambia verde no se tiene el tiempo suficiente para movilizar todos los vehículos.

Los resultados de volúmenes de tránsito de la calle 72 por carrera 24 indica que la hora pico máxima de vehículos se presenta de 1:00 pm a 2:00 pm, para el acceso 4, vehículos que transitan de oriente a occidente con un volumen 4.334 vehículos/hora incluyendo livianos, camiones, buses y motos y para el acceso 3 sentido occidente-oriente tiene un volumen de 4.430 vehículos/hora. Es necesario aclarar que los vehículos que transitan por la carrera 24 también interfieren en la movilidad de los que transitan en la calle 72, ya que el volumen de vehículos por los accesos 1 y 2 de la carrera 24 son mayores a los accesos ya mencionados, para el acceso 1 sentido norte-sur se tiene un volumen de 5.543 vehículos/hora y

para el acceso 2 de 5.011 vehículos/hora. Por lo tanto, para esta intersección la carrera 24 y la calle 72 tiene problemas de embotellamiento y de una enorme cantidad de vehículos los cuales sobrepasaron la capacidad de la vía y se vea afectada por enormes filas tratando de movilizarse y llegar a su lugar de destino.

7.4.8 Calle 72 entre carrera 14 (Av. Caracas) hasta carrera 28B.

Figura 56. Registro fotográfico calle 72 por carrera 20ª, sin señalización horizontal



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 57. Registro fotográfico calle 72 por carrera 14, señal vertical no bloquear cruce.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 58. Registro fotográfico calle 72 por carrera 17, señal vertical de prohibido girar a la izquierda.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Flujo vehicular:

El flujo vehicular en la calle 72 entre carrera 14(Av. Caracas) y carrera 28B es un flujo vehicular que no permanece constante, aumenta en horas pico y disminuye en las horas no pico, el volumen de vehículos sobrepasa la capacidad de la vía en las intersecciones y así creando disminución de tiempos de recorrido, alto flujo vehicular y velocidad promedio de 20 Km/h.

En la figura 56 se puede observar que las señales horizontales no están demarcadas en el pavimento, tampoco hay zebra y semáforos de peatones para dar paso a las personas, pero no solo esta intersección de la carrera 20A presenta este déficit de demarcación, desde la carrera 17 hasta la carrera 24 por calle 72 no presentan señales horizontales demarcadas, lo cual los peatones arriesgan y tienen que esperar que el semáforo este en rojo para poder seguir su camino.

A lo largo de la calle 72 desde la carrera 14 hasta la 28B se muestran señales verticales de prohibido giro a la izquierda para los sentidos orientes-occidente, o prohibido giro a la derecha para sentidos occidente-oriente, los vehículos no pueden girar para entrar a las carreras haciendo solo un giro por la calle 72, esto se hizo para evitar el semáforo de giro a la derecha o izquierda para ambos sentidos la vía en este tramo es de dos carriles por lo tanto es imposible dejar un solo carril para vehículos que giren y otro para los vehículos que siguen su destino por los sentidos ya mencionados, esto provocaría un colapso en la vía.

En la figura 57 se muestra una señal horizontal de no bloquear cruce antes de llegar a la carrera 14, es de saber que esta señal horizontal advierte a los

conductores que no se pueden detener en medio de la intersección y obstaculizar el tráfico vehicular, esta demarcación debería estar mejor demarcada a lo largo del tramo de análisis ya que en algunas intersecciones como la calle 72 por carrera 17 y 20A no está demarcada.

Dimensionamiento:

En la calle 72 por carrera 14 hasta la 28b, se presenta solo dos calzadas de dos carriles para ambos sentidos oriente-occidente, lo que actualmente está sucediendo es que los vehículos sobrepasaron la capacidad y así mismo la vía no cumple con esta capacidad, por lo tanto la vía no está diseñada para cumplir con la demanda y es necesario redimensionar la vía para mejorar la velocidad de flujo y disminuir tiempos de viaje.

7.5 ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO

Debido a todos los problemas que se presentan en la calle 72 y gracias a todas las respuestas obtenidas de los análisis, se pretende dar alternativas que mejoren de manera efectiva el flujo vehicular.

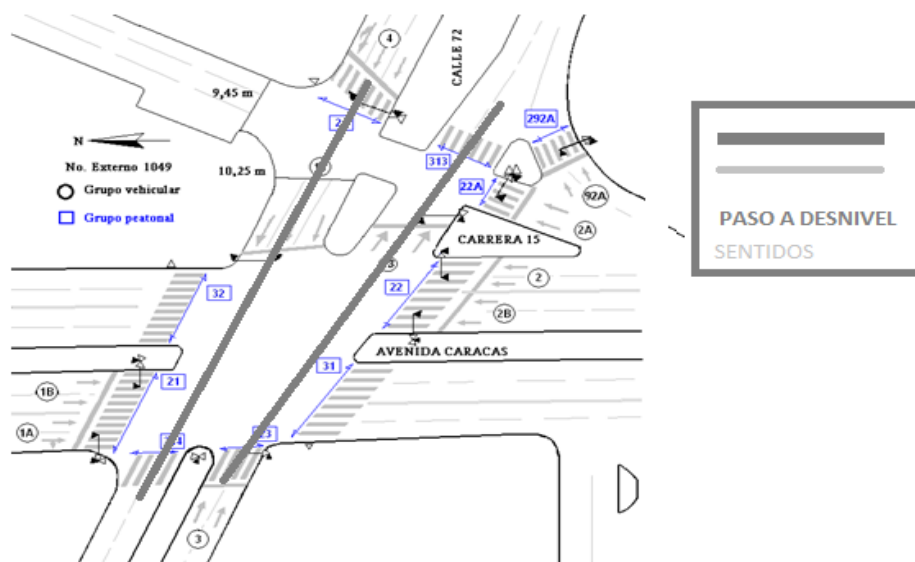
Analizando detalladamente estas son las alternativas que cumplen con el propósito de este trabajo de grado.

- **PASO A DESNIVEL:** También conocidos como deprimidos, se dan entre calles o vías que se cruzan entre sí, a diferentes alturas o niveles, su principal utilización en vías se da para aliviar de manera efectiva el congestionamiento de vehículos en una calle o vía, ayudando a mejorar su capacidad y su nivel de servicio, contribuyendo al flujo estable de la zona.

RECONOCIMIENTO

Ya conociendo la función de este tipo de intersección vial, se pretende dar respuesta a los problemas en la calle 72, siendo útil principalmente en la intersección de la calle 72 con Caracas, se puede observar en el siguiente diagrama exactamente donde se planea realizar el paso a desnivel.

FIGURA 38. Intersección calle 72 con Caracas, Delineamiento paso a desnivel.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 14, Creado 22 de Febrero de 2002.

Esta intersección cuenta con la carrera 14 o Caracas donde se aprecian dos calzadas de 4 carriles, dos para carros particulares y dos para servicio de Transmilenio, la carrera 15 con una calzada de 3 carriles y finalmente la calle 72 con dos calzadas de dos carriles para servicio público y particular.

Se reconoce como una intersección de grandes dimensiones debido al cruce de estas importantes vías de la ciudad, vías que por su tamaño albergan gran cantidad de flujo vehicular diario, cosa que aporta a los problemas de congestionamiento vehicular analizados en el proyecto, por esto se hace necesario dar a conocer como propuesta para el mejoramiento de las condiciones de flujo, la construcción de un paso a desnivel sobre la calle 72 a un nivel inferior de las carreras 14 y 15.

FLUJO VEHICULAR

Actualmente los vehículos que circulan por la calle 72 especialmente en el tramo entre la Caracas y la 24, en horas de máximo volumen y hora pico, son los que más se ven afectados, debido a la gran cantidad de semáforos que existe, al poco dimensionamiento de carriles que esta tiene y a la gran cantidad de flujo vehicular que transitan día y noche entre ellas.

La gran cantidad de semáforos que se aprecian sobre la calle 72 se deben a las diferentes carreras que atraviesan esta importante calle, en sentidos norte-sur y sur-norte, las cuales por norma deben estar intercedidas por sistemas de control semafórico, encargadas del regulamiento del tránsito de cada intersección, problema el cual afecta la libre movilidad en los tramos entre carreras, acortando las distancias del trayecto. Por esto se determinó que este tramo contiene demasiadas irregularidades como, tiempo de demoras mayores, velocidad de flujo lento y capacidad nula de adelantamiento. El poco espacio de la calzada también contribuye a una menor capacidad de adelantamiento y a una velocidad menor de flujo ya que la capacidad de la vía se ve afectada por la cantidad de vehículos represados.

SISTEMAS DE CONTROL

Esta intersección se encuentra controlada por semáforos que cuentan con ciclos semafóricos realizados para darle prioridad a la Caracas, debido a la gran

importancia de esta y a la cantidad de vehículos que por ella circulan, razón suficiente para dar prioridad al libre flujo de vehículos y de sistema articulado de Transmilenio, el cual afecta directamente al flujo de la calle 72, que cuenta con menor tiempo en el ciclo semafórico causando represión de vehículos sobre esta.

Gracias a la construcción del paso a desnivel, se quitarán todos los semáforos de la calle 72 en esta intersección, dándole paso sin restricciones a los vehículos y a los buses del sistema público desde la parte inicial del deprimido que comienza metros antes de la Caracas hasta unos metros después de haber pasado la carrera 15, circulando sobre este, todo el flujo vehicular de las carreras 14 y 15 que de igual manera, no tendrán sistemas de control semafórico, dando libre flujo hasta la próxima intersección semaforizada.

PROPÓSITO DE LA ALTERNATIVA

Con el paso a desnivel se pretende reducir los tiempos de demoras en la intersección de la Caracas con 72 dando libre flujo en los 4 sentidos, norte-sur-occidente-orienté, eliminando los sistemas de control semafóricos, ya que en su defecto sobrarían, gracias a esto se podrá apreciar en la Caracas un flujo estable hasta la próxima intersección semafórica, en cuanto a la calle 72 el flujo se presentará estable hasta la carrera 11, gracias al cambio en el ciclo semafórico de la intersección de la carrera 13 con calle 72.

Aun realizando estos cambios, el flujo de la calle 72 entre carreras 24 y 20A, tendrá problemas de flujo, ya que por lo mencionado anteriormente, se encuentran en la malla vial demasiados semáforos, debido a las intersecciones encontradas entre las carreras, problema que se arreglará cambiando los tiempos de los ciclos semafóricos entre las horas picos (7:00 am-9:00 am y 4:30 pm-6:30 pm), aumentando su tiempo de verde y disminuyendo el tiempo de rojo.

Primero se realizará el cambio al ciclo semafórico de la intersección de la calle 72 con carrera 13, para poder optimizar el deprimido hasta la carrera 11.

TABLA 12. Grupo automático 1009 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 13.

3. GRUPO AUTOMÁTICO: **1009**

AUTOMATICO DE SEMANA	HORA	MINUTO	PLAN DE SEÑALES
1	5	30	2
	6	00	3
	6	30	2
	7	00	3
	7	30	2
	8	00	3
	8	30	2
	9	00	3
	9	30	2
	11	00	3
	15	30	4
	16	30	1
	20	00	4
	23	00	7

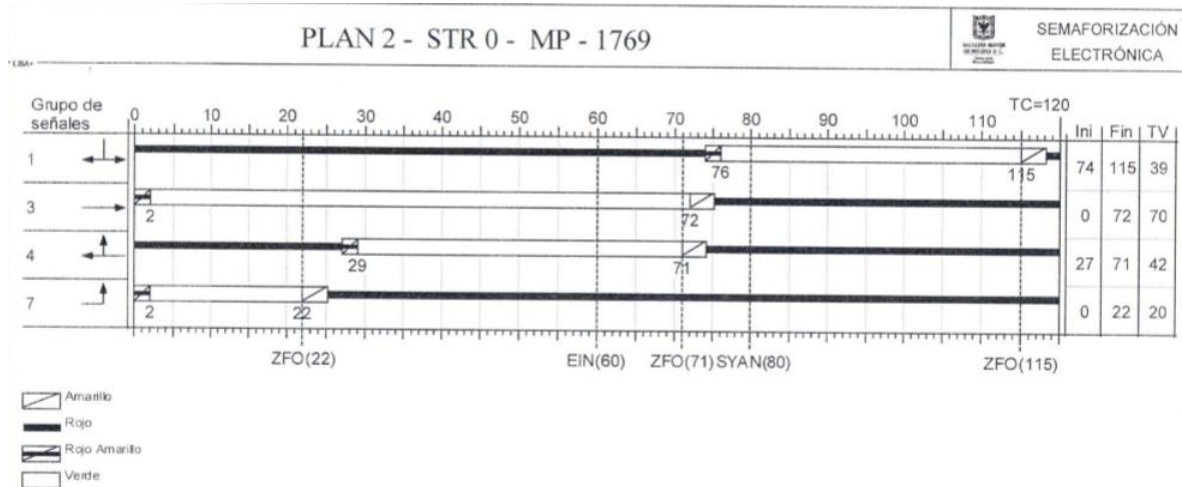
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1009 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 13., Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para las hora pico entre las 7:00 am y 9:00 am se utiliza, 7:00 y 7:30 el plan de señal número 2, 7:30 am y 8:00 am el plan de señal número 3, 8:00 am y 8:30 am el plan de señal número 2 y 8:30 am y 9:00 am el plan de señal número 3.

Para la hora pico entre las 4:30 pm y las 6:30 pm se utiliza, 4:30 pm y 8:00 pm el plan de señal número 4.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 13 CON CALLE 72, 7:00 AM-7:30 AM y 8:00 AM-8:30 AM

FIGURA 39. Intersección calle 72 con carrera 13, Ciclo semafórico, Plan 2.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1009 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 13., Creado 09 de Septiembre de 1999.

Lo principal de la propuesta es darle más libertad al flujo de la calle 72, para poder lograr esto, se debe cambiar el tiempo semafórico en los movimientos que tengan vehículos circulando sobre esta, movimientos 7, 3, 4 y 1.

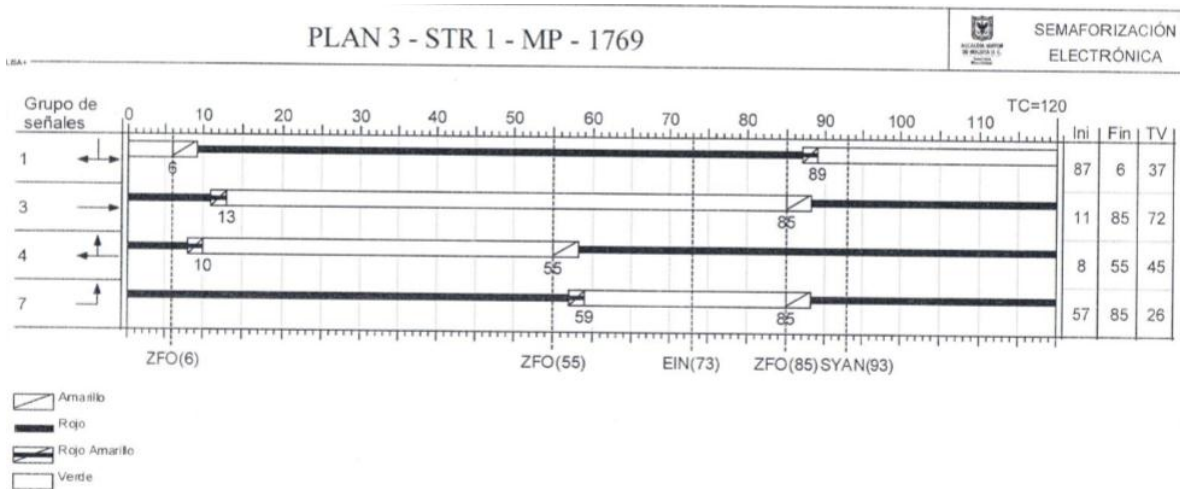
Para optimizar el flujo vehicular proveniente del paso a desnivel hacia la intersección de la carrera 11, se cuenta con un ciclo semafórico de 120 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 1 contara con un rojo de 94 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 97 segundos , un verde de 17 segundos hasta 114 segundos y un amarillo de 3 segundos hasta 117 segundos y para terminar el ciclo un rojo de 3 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo amarillo de 4 segundos, pasaría a un verde de 92 segundos hasta 96 segundos, un amarillo de 4 segundos hasta 100 segundos y un rojo de 20 segundos para terminar el ciclo.

- En el movimiento 4 contara con un rojo de 20 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 2 segundos hasta 22 segundos, un verde de 73 segundos hasta 95 segundos, un amarillo de 4 segundos hasta 99 segundos y un rojo de 21 segundos.
- En el movimiento 7 contara con un rojo amarillo de 4 segundos, pasaría a un verde de 16 segundos hasta 20 segundos, un amarillo de 2 segundos hasta 22 segundos y un rojo de 98 segundos para terminar el ciclo.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 13 CON CALLE 72, 7:30 AM-8:00 AM y 8:30 AM-9:00 AM

FIGURA 40. Intersección calle 72 con carrera 13, Ciclo semafórico, Plan 3.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1009 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 13., Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para optimizar el flujo vehicular proveniente del paso a desnivel hacia la intersección de la carrera 11, se cuenta con un ciclo semafórico de 120 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 1 contara con un verde de 4 segundos, pasaría a un amarillo de 3 segundos hasta 7 segundos , un rojo de 91 segundos hasta 98 segundos y un rojo amarillo de 2 segundos hasta 100 segundos y para terminar el ciclo un verde de 20 segundos.

- En el movimiento 3 contara con un rojo de 10 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 2 segundos hasta 12 segundos, un verde de 86 segundos hasta 96 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 99 segundos y un rojo de 21 segundos para terminar el ciclo.
- En el movimiento 4 contara con un rojo de 8 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 2 segundos hasta 10 segundos, un verde de 60 segundos hasta 70 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 73 segundos y un rojo de 47 segundos.
- En el movimiento 7 contara con un rojo de 72 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 2 segundos hasta 74 segundos, un verde de 22 segundos hasta 96 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 99 segundos y un rojo de 21 segundos para terminar el ciclo.

Segundo, se realizara el cambio al ciclo semaforico de la intersección de la calle 72 con carrera 20 A, para poder optimizar el deprimido de la caraca.

TABLA 13. Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 A.

3. GRUPO AUTOMÁTICO:		1003	
AUTOMATICO DE SEMANA	HORA	MINUTO	PLAN DE SEÑALES
1	5	00	7
	5	30	2
	11	00	3
	15	30	4
	22	00	6
	23	00	7
	23	59	8
2	6	00	7
	6	30	6
	7	45	2
	9	00	3
	13	30	4
	19	30	6
	21	30	7
	23	00	8

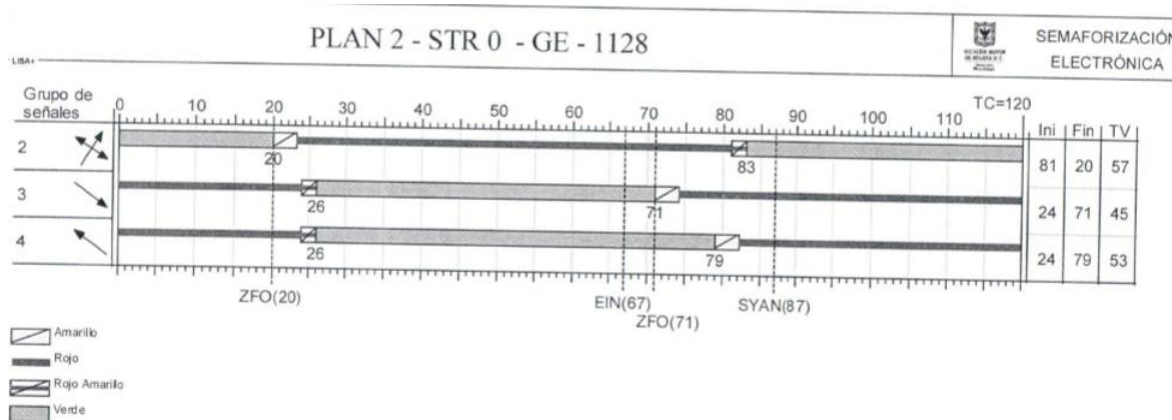
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 A, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para las hora pico entre las 7 am y 9 am se utiliza, 6:30 am y 7:45 am el plan de señal número 2 y 7:45 am y 9:00 am el plan de señal número 3.

Para la hora pico entre las 4:30 pm y las 6:30 pm se utiliza, 1:30 pm y 9:00 pm el plan de señal número 6.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 20 A CON CALLE 72, 6:30 AM-7:45 AM

FIGURA 41. Intersección calle 72 con carrera 20 A, Ciclo semafórico, Plan 2.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 A, Creado 09 de Septiembre de 1999.

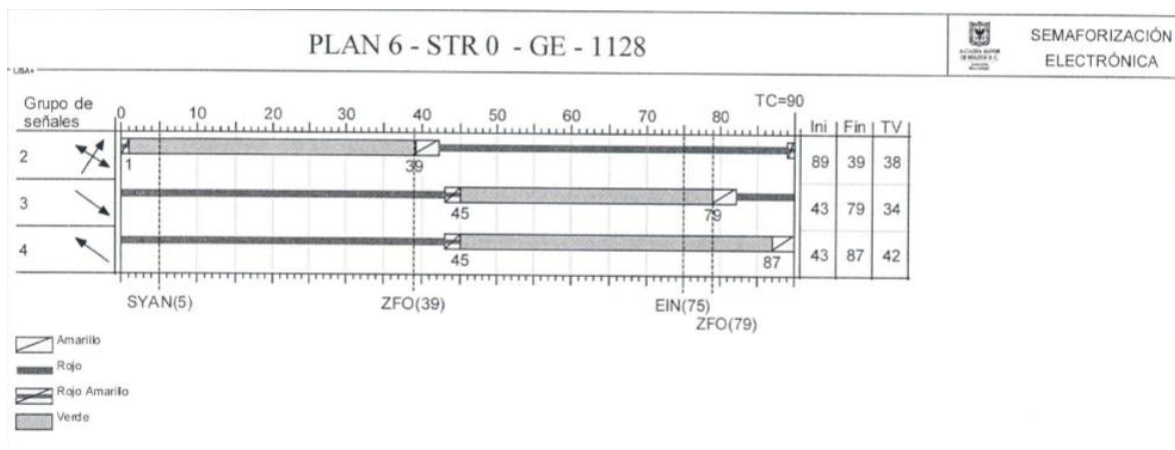
Para optimizar el flujo vehicular que se dirige hacia el paso a desnivel en la intersección de la Caracas, se cuenta con un ciclo semafórico de 120 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 2 contara con un verde de 14 segundos, pasaría a un amarillo de 3 segundos hasta 17 segundos , un rojo de 91 segundos hasta 108 segundos y un rojo amarillo de 2 segundos hasta 110 segundos y para terminar el ciclo un verde de 10 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo de 17 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 20 segundos, un verde de 86 segundos hasta 106 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 109 segundos y un rojo de 11 segundos para terminar el ciclo.

- En el movimiento 4 contara con un rojo de 17 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 20 segundos, un verde de 86 segundos hasta 106 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 109 segundos y un rojo de 11 segundos para terminar el ciclo.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 20 A CON CALLE 72, 1:30 PM Y 9:00 PM

FIGURA 42. Intersección calle 72 con carrera 20 A, Ciclo semafórico, Plan 6.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 A, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para optimizar el flujo vehicular que se dirige hacia el paso a desnivel en la intersección de la Caracas, se cuenta con un ciclo semafórico de 90 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 2 contara con un rojo amarillo de 1 segundos, pasaría a un verde de 20 segundos hasta 21 segundos , un amarillo de 3 segundos hasta 24 segundos y un rojo de 63 segundos hasta 87 segundos y para terminar el ciclo un rojo amarillo de 3 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo de 25 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 28 segundos, un verde de 56 segundos hasta 84 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 87 segundos y un rojo de 3 segundos para terminar el ciclo.

- En el movimiento 4 contara con un rojo de 25 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 28 segundos, un verde de 56 segundos hasta 84 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 87 segundos y un rojo de 3 segundos para terminar el ciclo.

Tercero, se realizara el cambio al ciclo semafórico de la intersección de la calle 72 con carrera 20 B, para poder optimizar el deprimido de la Caracas.

TABLA 14. Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 B.

3. GRUPO AUTOMÁTICO: **1003**

AUTOMATICO DE SEMANA	HORA	MINUTO	PLAN DE SEÑALES
1	5	00	7
	5	30	2
	11	00	3
	15	30	4
	22	00	6
	23	00	7
	23	59	8
2	6	00	7
	6	30	6
	7	45	2
	9	00	3
	13	30	4
	19	30	6
	21	30	7
	23	00	8

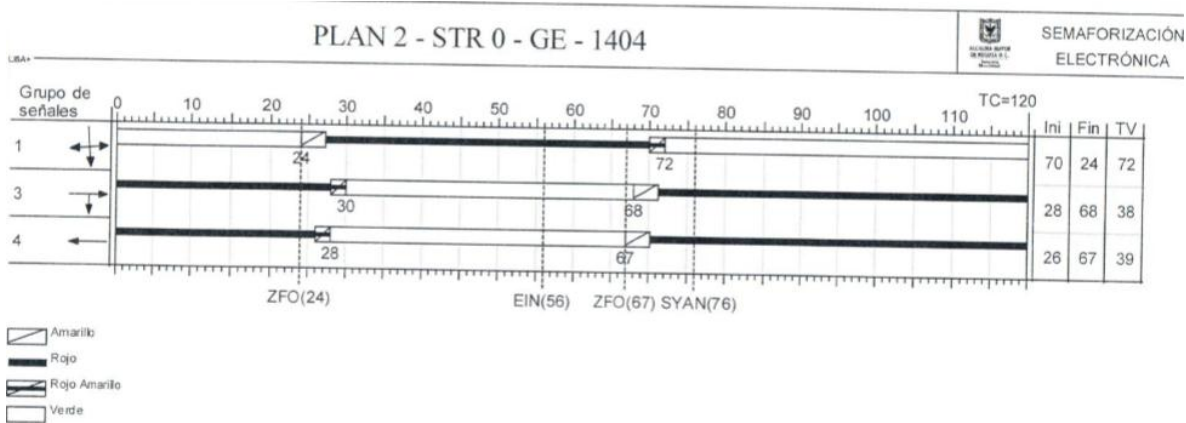
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 B, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para las hora pico entre las 7 am y 9 am se utiliza, 6:30 am y 7:45 am el plan de señal número 2 y 7:45 am y 9:00 am el plan de señal número 3.

Para la hora pico entre las 4:30 pm y las 6:30 pm se utiliza, 1:30 pm y 9:00 pm el plan de señal número 6.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 20 B CON CALLE 72, 6:30 AM-7:45 AM

FIGURA 43. Intersección calle 72 con carrera 20 B, Ciclo semafórico, Plan 2.



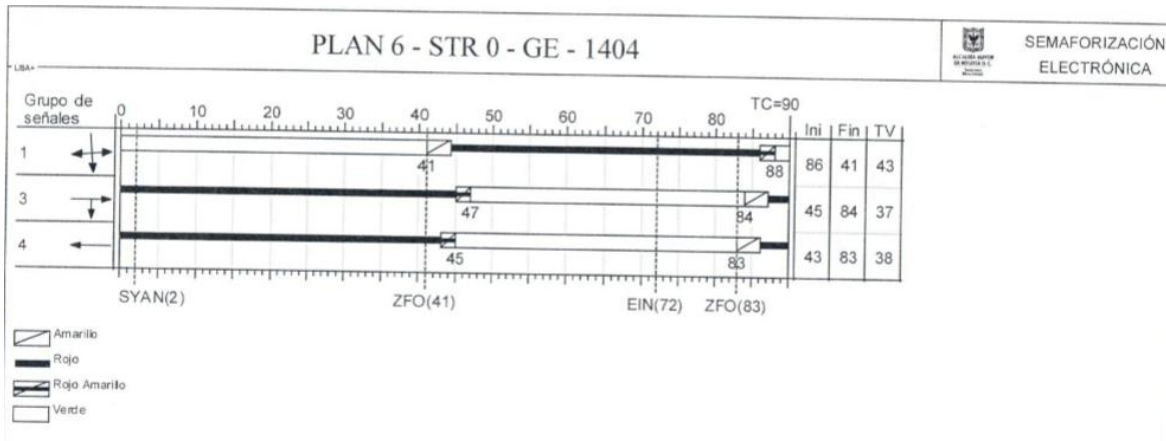
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 B, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para optimizar el flujo vehicular que se dirige hacia el paso a desnivel en la intersección de la Caracas, se cuenta con un ciclo semafórico de 120 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 1 contara con un verde de 15 segundos, pasaría a un amarillo de 3 segundos hasta 18 segundos , un rojo de 81 segundos hasta 98 segundos y un rojo amarillo de 2 segundos hasta 100 segundos y para terminar el ciclo un verde de 20 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo de 17 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 20 segundos, un verde de 77 segundos hasta 97 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 100 segundos y un rojo de 20 segundos para terminar el ciclo.
- En el movimiento 4 contara con un rojo de 17 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 20 segundos, un verde de 77 segundos hasta 97 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 100 segundos y un rojo de 20 segundos para terminar el ciclo.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 20 B CON CALLE 72, 1:30 PM Y 9:00 PM

FIGURA 44. Intersección calle 72 con carrera 20 B, Ciclo semafórico, Plan 6.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 B, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para optimizar el flujo vehicular que se dirige hacia el paso a desnivel en la intersección de la Caracas, se cuenta con un ciclo semafórico de 90 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 1 contara con un verde de 18 segundos, pasaría a un amarillo de 3 segundos hasta 21 segundos , un rojo de 65 segundos hasta 86 segundos y un rojo amarillo de 2 segundos hasta 88 segundos y para terminar el ciclo un verde de 2 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo de 22 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 25 segundos, un verde de 59 segundos hasta 84 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 87 segundos y un rojo de 3 segundos para terminar el ciclo.
- En el movimiento 4 contara con un rojo de 22 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 25 segundos, un verde de 59 segundos hasta 84 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 87 segundos y un rojo de 3 segundos para terminar el ciclo.

Cuarto, se realizara el cambio al ciclo semafórico de la intersección de la calle 72 con carrera 20 C, para poder optimizar el deprimido de la Caracas.

TABLA 15. Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 C.

3. GRUPO AUTOMÁTICO: **1003**

AUTOMATICO DE SEMANA	HORA	MINUTO	PLAN DE SEÑALES
1	5	00	7
	5	30	2
	11	00	3
	15	30	4
	22	00	6
	23	00	7
	23	59	8
2	6	00	7
	6	30	6
	7	45	2
	9	00	3
	13	30	4
	19	30	6
	21	30	7
	23	00	8

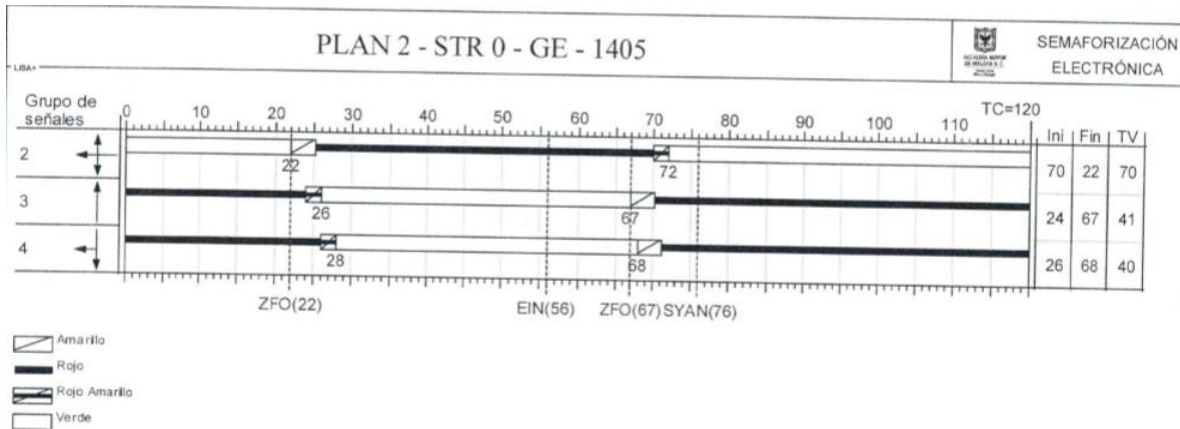
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 C, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para las hora pico entre las 7 am y 9 am se utiliza, 6:30 am y 7:45 am el plan de señal número 2 y 7:45 am y 9:00 am el plan de señal número 3.

Para la hora pico entre las 4:30 pm y las 6:30 pm se utiliza, 1:30 pm y 9:00 pm el plan de señal número 6.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 20 C CON CALLE 72, 6:30 AM-7:45 AM

FIGURA 45. Intersección calle 72 con carrera 20 C, Ciclo semafórico, Plan 2.



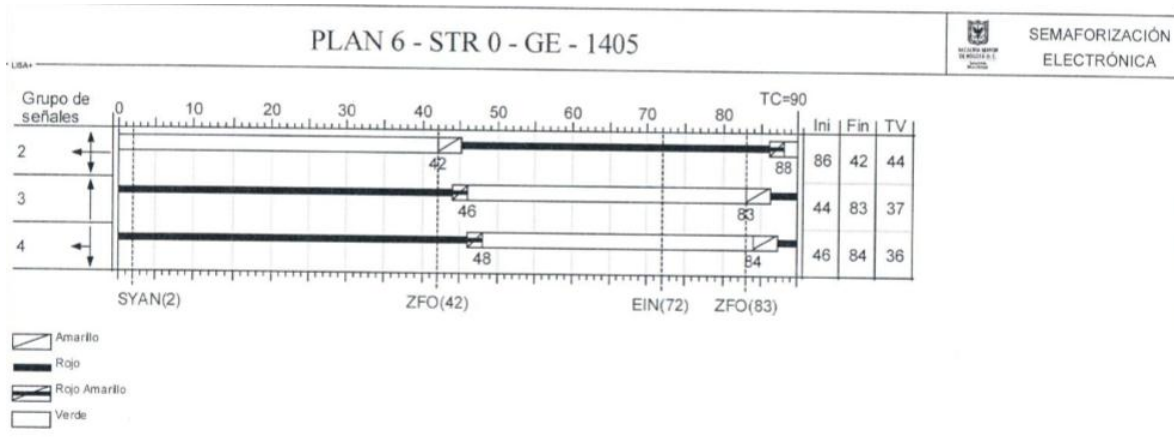
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 C, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para optimizar el flujo vehicular que se dirige hacia el paso a desnivel en la intersección de la Caracas, se cuenta con un ciclo semafórico de 120 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 2 contara con un verde de 13 segundos, pasaría a un amarillo de 3 segundos hasta 16 segundos , un rojo de 91 segundos hasta 107 segundos y un rojo amarillo de 2 segundos hasta 109 segundos y para terminar el ciclo un verde de 11 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo de 16 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 19 segundos, un verde de 87 segundos hasta 106 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 109 segundos y un rojo de 11 segundos para terminar el ciclo.
- En el movimiento 4 contara con un rojo de 17 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 20 segundos, un verde de 86 segundos hasta 106 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 109 segundos y un rojo de 11 segundos para terminar el ciclo.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO DE INTERSECCION CARRERA 20 C CON CALLE 72, 1:30 PM Y 9:00 PM

FIGURA 46. Intersección calle 72 con carrera 20 C, Ciclo semafórico, Plan 6.



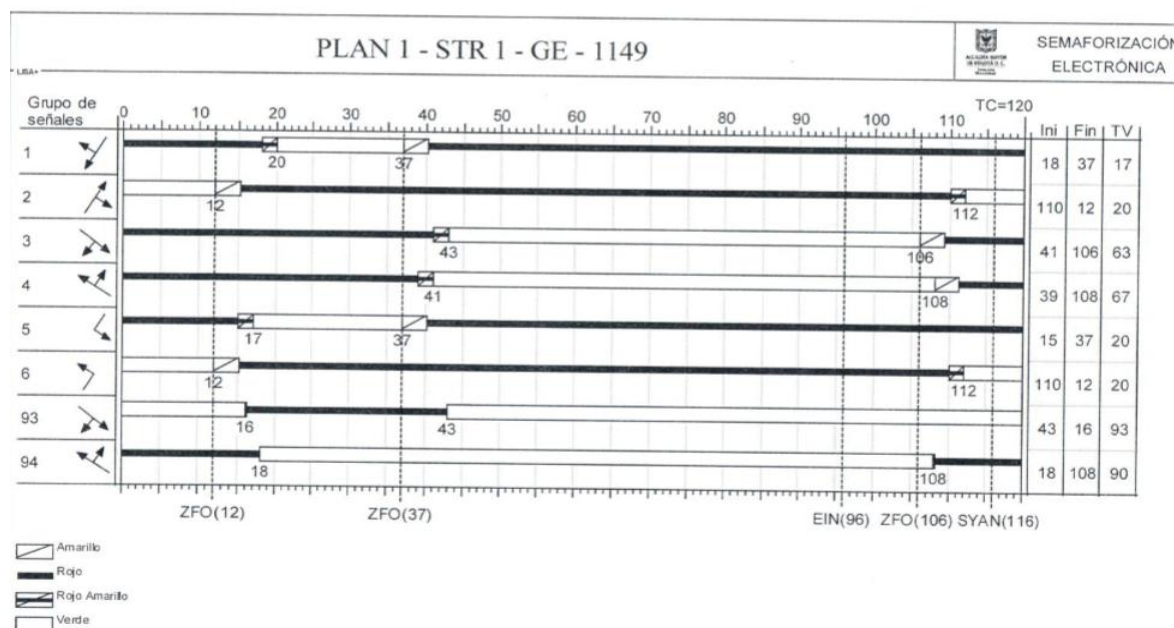
Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 C, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Para optimizar el flujo vehicular que se dirige hacia el paso a desnivel en la intersección de la Caracas, se cuenta con un ciclo semafórico de 90 segundos con el cual podremos distribuir y cambiar los tiempos.

- En el movimiento 2 contara con un verde de 19 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 22 segundos y un rojo de 62 segundos hasta 84 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 87 segundos y para terminar el ciclo un rojo de 3 segundos.
- En el movimiento 3 contara con un rojo de 18 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 21 segundos, un verde de 62 segundos hasta 83 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 86 segundos y un rojo de 4 segundos para terminar el ciclo.
- En el movimiento 4 contara con un rojo de 18 segundos, pasaría a un rojo amarillo de 3 segundos hasta 21 segundos, un verde de 62 segundos hasta 83 segundos, un amarillo de 3 segundos hasta 86 segundos y un rojo de 4 segundos para terminar el ciclo.

Quinto, La intersección de la calle 72 con carrera 24 no necesitara cambios ya que el ciclo semafórico que se maneja entre las horas picos es el necesario para lograr optimizar el flujo en dirección al oriente de la ciudad, dándole prioridad a los tiempos verdes de la calle 72.

FIGURA 47. Intersección calle 72 con carrera 20 C, Ciclo semafórico, Plan 1.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 20 C, Creado 09 de Septiembre de 1999.

Los movimientos sobre la calle 72, son el número 3 y el número 4, contando con los mayores verdes de toda la intersección.

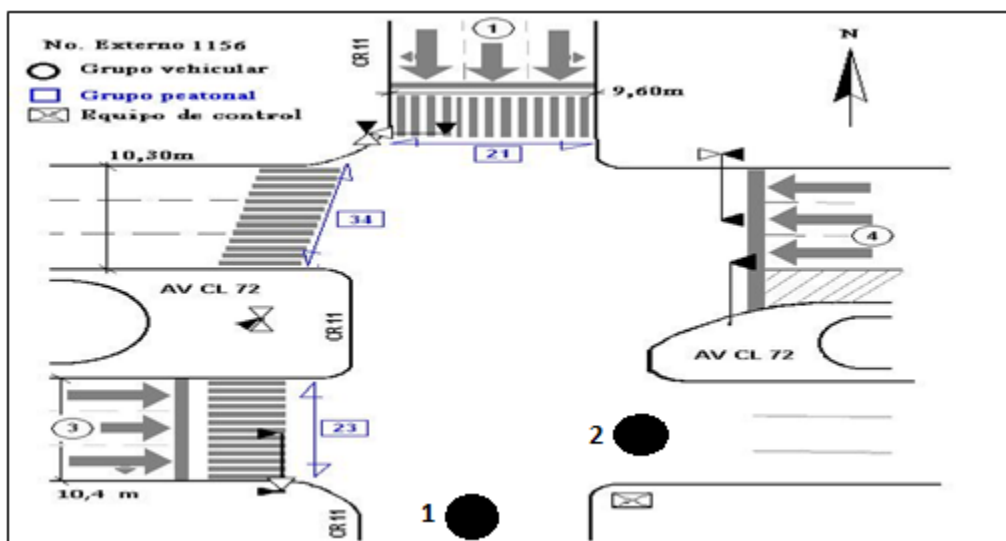
Ya planteada la construcción del deprimido y realizado el cambio de los ciclos semafóricos, se lograra tener un flujo estable desde la calle 72 con carrera 24 hasta la calle 72 con carrera 11, gracias a que los ciclos semafóricos de las intersecciones sobre la calle 72 tendrán como prioridad entre las horas picos de la mañana y de la tarde, tener mayor tiempo de verde para un flujo con necesidades claras de optimización.

Logrando el objetivo de la anterior alternativa hasta la carrera 11 con calle 72, se sabía que todo el flujo vehicular estable venidero desde la carrera 24 iba a tener problemas para dirigirse hasta la intersección de la carrera séptima, ya que gracias a los análisis realizados en campo y en el modelo, se reconocieron todas

las fallas que existían en todo el tramo de estudio, posteriormente se detallaron todas las intersecciones entre la séptima y la carrera 11, encontrando que la intersección de la 7,9 y la 10 no presentaban problemas graves que pudieran afectar el flujo vehicular, el problema se encontraba directamente en la intersección de la carrera 11, donde se apreciaban graves conflictos del tráfico vehicular y el tráfico peatonal de la zona, debido a que esta intersección solo presenta sistemas de control semafóricos peatonales en la calle 72 antes de la carrera 11 en sentido oriente, luego en la carrera 11 antes de cruzar la calle 72 y por lo tanto en los otros puntos no presenta sistemas de control semafóricos peatonales.

El principal problema que afecta a la movilidad de la calle 72 es el conflicto que se crea en dos puntos de esta intersección, demostrado a continuación en la siguiente imagen.

FIGURA 48. Tramo Calle 72 con carrera 11.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 7, Creado 14 de Abril de 2011.

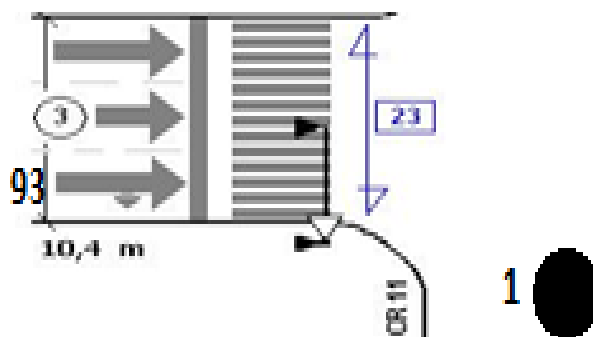
Se reconoce la intersección de la carrera 11 con calle 72 como una zona de gran flujo vehicular y peatonal, con altos conflictos entre ellos, se establece como una intersección de menor dimensión comparada con la carrera 14, pero se hace necesario su optimización para poder cumplir con el objetivo total del proyecto.

Apreciándose en ella, la calle 72 con 2 calzadas de 3 carriles para servicio público y particular, la carrera 11 con una sola calzada que cuenta con 3 carriles de igual forma para servicio público y particular.

- **PUNTO 1:** Este es el primer punto de conflicto entre vehículos y peatones, debido a que no existe semáforo peatonal sobre la carrera 11, por lo tanto al momento de habilitar la marcha en el semáforo vehicular de la calle 72, los vehículos que van a girar hacia la carrera 11 salen al mismo tiempo de los vehículos que siguen sobre la calle 72, no contemplando un retraso en el ciclo semafórico vehicular para el flujo peatonal sobre la carrera 11 ya que por lo mencionado anteriormente no existe semáforo peatonal al cual se le deba cederle algún tiempo.

Para poder optimizar el flujo vehicular y eliminar el conflicto que se crea en este punto, se propone la colocación de un semáforo peatonal sobre la carrera 11, el cual comparta con el ciclo semafórico vehicular un determinado tiempo para que los peatones crucen mientras el flujo del movimiento 93 creado a partir de la necesidad del semáforo peatonal se encuentre detenido; sin mencionar que el flujo del movimiento 3 sobre la calle 72 podrá seguir su marcha normalmente.

FIGURA 49. Movimiento 3 y 93 del punto de conflicto 1.

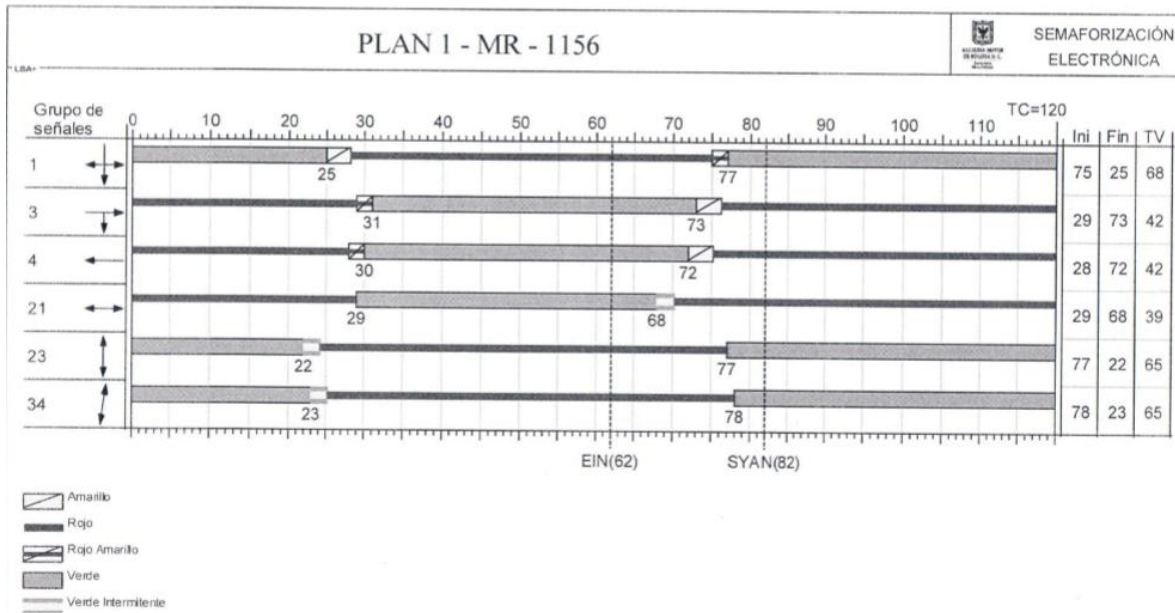


Fuente: Secretaría de Movilidad, Dirección de Control y Vigilancia, Tramo Calle 72 con carrera 7, Creado 14 de Abril de 2011, configurada por el autor.

Debido a la colocación del semáforo peatonal se creó el movimiento 93, cual deberá contar con un tiempo semafórico en el ciclo.

CAMBIO CICLO SEMAFORICO VEHICULAR DEL PUNTO DE CONFLICTO NUMERO 1

FIGURA 50. Intersección calle 72 con carrera 11, Ciclo semafórico, Plan 1.



Fuente: Secretaría de Movilidad, Semáforos, Grupo automático 1003 y plan de señales de la intersección calle 72 con carrera 11, Creado 09 de Septiembre de 1999.

- El movimiento 93 empieza justo cuando el movimiento 3 inicia, con un rojo de 28 segundos, posteriormente un rojo amarillo de 3 segundos, luego el verde empieza al mismo tiempo pero finaliza antes con un total de 52 segundos dándole 20 segundos restantes a los peatones para que puedan circular hasta el otro lado de la cera, finalizando con 3 segundos de amarillo y 65 segundos de rojo, así terminado el ciclo de 120 segundos.
- **PUNTO 2:** Este es el segundo punto de conflicto entre vehículos y peatones, debido a que no existe semáforo peatonal sobre la calle 72, por lo tanto al momento de habilitar la marcha en el semáforo vehicular de la carrera 11, los vehículos que van a girar hacia la calle 72 salen al mismo tiempo de los vehículos que siguen sobre la carrera 11, no contemplando un retraso en el ciclo semafórico vehicular para el flujo peatonal sobre la calle 72 ya que por lo mencionado anteriormente no existe semáforo peatonal al cual se le deba cederle algún tiempo.

Para poder optimizar el flujo vehicular y eliminar el conflicto que se crea en este punto, se propone eliminar el giro sobre la calle 72 creando a su vez un giro en u, utilizando como vía de acceso el primero giro a la derecha sobre la calle 71, luego girando nuevamente a la derecha sobre la carrera 12 para así poder lograr entrar en circulación a la calle 72.

FIGURA 51. Giro en U del punto de conflicto 2.



Fuente: Google maps (Bogotá D.C., Colombia)

Terminando con todos los puntos de conflicto encontrados en esta intersección, se puede continuar con el flujo estable proveniente de las intersecciones anteriores y dando paso al nuevo flujo estable sobre las intersecciones siguientes.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber relacionado el análisis analítico con el empírico se puede concluir que el tramo de estudio presenta fuertes inconvenientes en el sistema de movilidad por el gran cantidad de vehículos particulares y públicos que transitan por la zona, además se obtuvo de los aforos peatonales que hay diferentes zonas que se ven afectadas, pero en su mayoría no es por la cantidad de peatones, sino por la falta de sistemas de control semafórico peatonal.

Un ejemplo de este tipo de problema se pudo analizar en la intersección de la calle 72 con carrera 11, donde no existía semáforo peatonal, por lo tanto con el diseño de la alternativa de crear el movimiento número 93 en la intersección y dar cierto tiempo del ciclo semafórico para respetar el flujo vehicular y peatonal; expuesto en la figura 70 y 71 ; para el punto de conflicto número 1, se lograra el aumento del flujo vehicular y peatonal, eliminando las demoras en el congestionamiento dando mayor libertad de velocidad y adelantamiento y finalmente ayudando a los diferentes puntos comerciales y administrativos del sector.

Para el punto de conflicto número 2 en la intersección de la calle 72 con carrera 11 se planteó eliminar el giro permitido sobre la calle 72 y generar una alternativa de giro en U expuesta en la figura 72, eliminando el punto de conflicto número 2.

Muchas intersecciones se localizan en longitudes muy cercanas por lo que la demora en el tránsito vehicular se incrementaba, posteriormente se presentaban demoras significativas en los tiempos de los semáforos, especialmente en la intersección de la Caracas con la calle 72, gracias a que en un principio los ciclos semafóricos se diseñaron para darle prioridad al flujo de la Caracas, problema que estaba afectando toda la movilidad sobre la calle 72.

Ya conociendo el problema, y sabiendo que solo configurando los tiempos semafóricos en la intersección de la Caracas con calle 72 no se iba a lograr obtener mayores resultados a los ya existentes, entonces se buscó una alternativa que demostrara resultados mayores, proponiendo la construcción de un paso a desnivel en la calle 72 a un nivel inferior al de la carrera Caracas, eliminando todos los sistemas de control semafóricos. Produciendo un flujo vehicular estable en la zona, sin embargo se tuvo que cambiar los ciclos semafóricos de las carreras 13, 20 A, 20B, 20C Y 24 para poder optimizar completamente el flujo sobre la calle 72 en sus partes más críticas.

El tramo de estudio ha presentado algunos cambios en su operatividad que han sido de gran ayuda para disminuir los embotellamientos. Desde bloqueos permanentes de intersecciones hasta prohibición de giros, esto con el fin de aumentar el tiempo de la luz verde en las vías y minimizar el tiempo de viaje.

Además de los problemas típicos que afectan una vía, también se puede apreciar la ocupación de los senderos peatonales por vendedores ambulantes. Inconveniente que se propaga hacia la avenida Chile inclusive taponando el carril completo en la intersección de la carrera 11. Reduciendo espacio destinado para el tránsito aumentando los niveles de congestión.

Como recomendación a futuros investigadores se plasma la idea de continuar investigando con mayor profundidad la alternativa que se planteó del paso a desnivel a la altura de la avenida Caracas. Además, se garantiza el fácil uso del software empleado en el modelo, con todas sus ampliaciones y herramientas que contribuyen en el análisis de tránsito.

Para la implementación de medidas se recomienda que el principal objetivo de mejoramiento se base en el confort del peatón y la conservación de espacios verdes.

Se contempló realizar el estudio por una simulación macroscópica, determinando variables de estudio más generales como velocidades, volúmenes, tiempo de demoras y capacidades de adelantamiento, pero se recomienda realizar un estudio más detallado de toda la zona de estudio, generado gracias a una simulación microscópica, en la cual se estudia el comportamiento del tráfico de manera independiente, basándose en el análisis por vehículo en el tramo, modelado de acuerdo a sus características y su comportamiento individual.

BIBLIOGRAFIA

ESTRADA, Jhon y SAUCEDO, Mario. Simulador de tráfico vehicular “motor de flujo”. Trabajo de grado ingeniero de sistemas. Santiago de Cali.: Universidad San Buenaventura. Facultad de Ingeniería de Sistemas, 2012. 134 p. Disponible en internet:

http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1447/1/Simulador_Tr%C3%A1fico_Vehicular_Estrada_2012.pdf

FONTALVO, Ketty. Modelación del tránsito vehicular con el software PTV VISSIM tramo la bomba el gallo-bomba el amparo. Magister en ingeniería de tránsito y transporte. Cartagena.: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. 2013. 131 p. Disponible en internet:

<http://190.25.234.130:8080/jspui/bitstream/11227/532/1/MODELACI%C3%93N%20DEL%20TRAFICO%20VEHICULAR%20CON%20EL%20SOFTWARE%20PTV%20VISSIM%20TRAMO%20BOMBA%20EL%20GALLO-%20BOMBA%20EL%20AMPARO.pdf>

PEREZ R. Calos José D. Desarrollo de modelos de tráfico vehicular en Galatea. Trabajo para título de Licenciado en Física. Venezuela. Universidad de los Andes. 2010. 37 p. Disponible en internet:

http://www.ciens.ula.ve/cff/caoticos/PDFs/Perez2010_LIC.pdf

ROMERO, Félix Ariel. Análisis y Estudio de Técnicas de Representación para la Simulación Microscópica: El caso del Trafico Autónomo. Tesis de Ingeniería Informática. Uruguay. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Facultad de Ciencias y Tecnología. 2001. 152 p. Disponible en internet: http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/Libro_de_Tesis__ARI_.pdf

ROMERO, Olga. BECERRA, Mauricio. HERRERA, Milton y TRUJILLO Johanna. Simulación del tráfico de la carrera séptima en Bogotá D.C. Colombia, entre calles 34 y 72 utilizando dinámica de sistemas. Informe técnico de la Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Comunidad Colombiana de Dinámica de Sistemas. Bogotá D.C, 2011. 9 p. Disponible en internet: http://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/057_1701714057/

Orientaciones Generales en Seguridad Vial y Comportamiento Ciudadano. Bogotá D.C: Secretaría Distrital de Movilidad, Marzo de 2011 – [Citado 19 Abr, 2015]. Disponible en internet:

http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/orientaciones%20generales%20en%20seguridad%20vial.pdf

Manual de señalización sobre dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia Bogotá D.C: República de Colombia Ministerio de Transporte. Mayo de 2004 – [Citado 19 Abr, 2015]. Disponible en internet: <https://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=29>

CERQUERA, Flor. Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Programa de Ingeniería de transporte y vías. Tunja.: Universidad pedagógica y tecnológica Colombia 2007. p. 58. Disponible en internet: <http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/48.pdf>

THOMAS, Ian. BULL, Alberto. La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. En: Revista de la CEPAL. Abril, 2002, no. 76, p. 109 – 121. Disponible en internet: http://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/19336/lcg2175e_bull.pdf

ANEXOS 1

Metodología del programa (Synchro 9), pasó a paso:

1. Conocer el proyecto en cual será necesario utilizar como herramienta de modelación el software Synchro 9.
2. Guardar un archivo, con el nombre del proyecto a realizar.
3. Si tienes una zona demarcada de una Ciudad en especial, puedes utilizar herramientas de geográfica digital como Google Earth o Google maps, para tomar capture o un background, en formato DXF, SHP, SID, JPG o BMP.
4. Ya realizado el background, nos desplazamos a el icono FILE, ya en FILE pasamos a seleccionar, SELECT BACKGROUND, donde se desplegara una ventana en la cual podremos seleccionar la imagen o el capture que realizamos.

Nota: Es importante conocer la distancia total del trayecto a modelar, en dimensiones expresadas por la herramienta geográfica, para no tener problemas en el siguiente paso al transformar la imagen a un plano de trabajo en Synchro 9.

5. Seleccionada la imagen, pasamos a configurar la escala en el plano de trabajo en Synchro 9, donde nos devolveremos a la ventana desplegada, SELECT BACKGROUND, donde nos iremos a BACKGROUND FILE LIST, donde encontraremos toda la barra de herramientas para configurar la escala.
6. En la opción BACKGROUND FILE LIST, damos doble clic en X sc, factor de escala de la imagen, donde se desplegara una nueva ventana, en la cual estableceremos la escala correcta del plano de trabajo.
7. En la sección SCALE, vamos a FEET, donde colocaremos la distancia que ya tenemos del BACKGROUND tomado de la herramienta geográfica.
8. Procederemos a la sección siguiente, EQUALS, donde se determinara por medio de dos puntos, los pixeles que igualaran la distancia del BACKGROUND tomado, así determinando automáticamente la escala y posicionando la imagen en el plano de trabajo del Software.
9. Si la imagen no quedo de la forma más conveniente para el trabajo que vas a realizar, al lado derecho de la pantalla, encontraras opciones que te ayudaran a posicionar la imagen de acuerdo a tu preferencia.



Además de posicionar tu imagen, podrás tener la opción de desplazarte por todo el mapa de trabajo, así como tener una sección más específica de él.

10. Ya posicionado la imagen y conociendo las calles, avenillas, o carreteras a

modelar, vamos al icono ADD LINK  para poder empezar a trazarlas, si

has cometido algún error podrás eliminar con el icono , también puedes modelar por medio de Nodos, el programa te da la opción de crear nodo con

el icono  , así como también de eliminarlos.



11. Ya trazado el modelo y teniendo realizado todo el croquis de vías a estudiar, se pasa a introducir todos los datos que nos van a llevar a estudiar el comportamiento del flujo de dicha zona de estudio.

Datos:

- Dimensiones de las calles, el ancho de carril se puede medir en campo o puede tomar por defecto 3,7 m valor que tiene memorizado el programa.
- Volúmenes, se toman los valores de la cantidad de vehículos aforados en cada sentido, de estos aforos se obtiene el FHP(factor de hora pico), el cual el programa lo tiene predeterminado como 0,92, se tiene un factor de crecimiento para realizar modelaciones futuras de la zona de estudio, un valor para introducir camiones al modelo, denominado como un porcentaje que depende de la cantidad de camiones aforados en la zona de estudio y por último la cantidad de peatones que circulan en una hora de estudio.
- Ciclos semafóricos, se tienen el ciclo completo de cada intersección, tiempo dividido en 3, el mínimo inicial denominado como el verde, el tiempo del amarillo y del rojo.
- Tiempo máximo y mínimo de separación entre vehículos, importante para reducir velocidades de operación del flujo.

12. Para introducir las dimensiones de las calles nos dirigimos al icono LANE

SETTING  , en la opción LANE WIDTH donde conociendo el ancho de cada carril, se coloca según el sentido de la calzada.

13. Para introducir el volumen encontrado en los aforos, nos dirigimos a LANE

SETTING  , en la opción TRAFFIC VOLUME, donde se colocara según el sentido la cantidad de vehículos aforados en la intersección.

Ya realizado el análisis de los volúmenes se obtiene el FHP y nos dirigimos

a VOLUME SETTING  , en la opción PEAK HOUR FACTOR donde se colocara el valor de cada sentido. Si se desea en la opción VOLUME

SETTING  puedes configurar tu intersección para que exista flujo de camiones, peatones y bicicletas. Todo extraído de los aforos realizados.

14. Para introducir los ciclos semafóricos de la zona de estudio, primero se debe conocer del ciclo, el tiempo inicial del verde, amarillo y rojo y la duración completa del ciclo.

15. Ir al sitio y reconocer el tipo de control, si es predeterminado, actuado por el tránsito, semiactuado por el tránsito.

16. Para empezar a ingresar los tiempos se analiza si el ciclo empieza en verde, amarillo o en rojo, para completar esta acción nos dirigimos a NODO SETTING en la opción REFERENCE PHASE, donde se elige la opción. BEGIN OF GREEN si empieza en verde.

17. Realizado esto vamos a TIMING SETTING  , donde introduciremos los tiempos del ciclo.

MINIMUN INICIAL: Tiempo inicial verde 4 segundos

YELLOW TIME: Tiempo amarillo 3.5 segundos

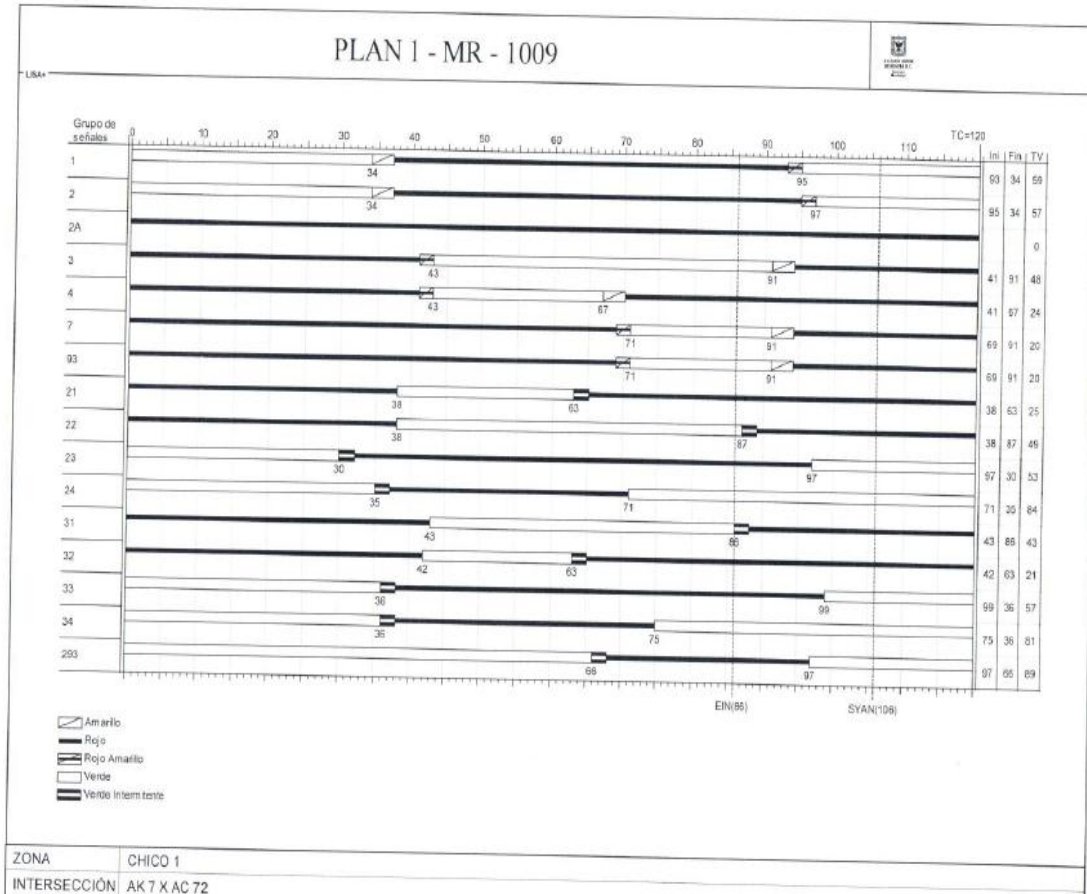
ALL RED TIME: Tiempo rojo 20 segundos.

18. Terminado el modelo, si se desea tener otra vista del modelo importante

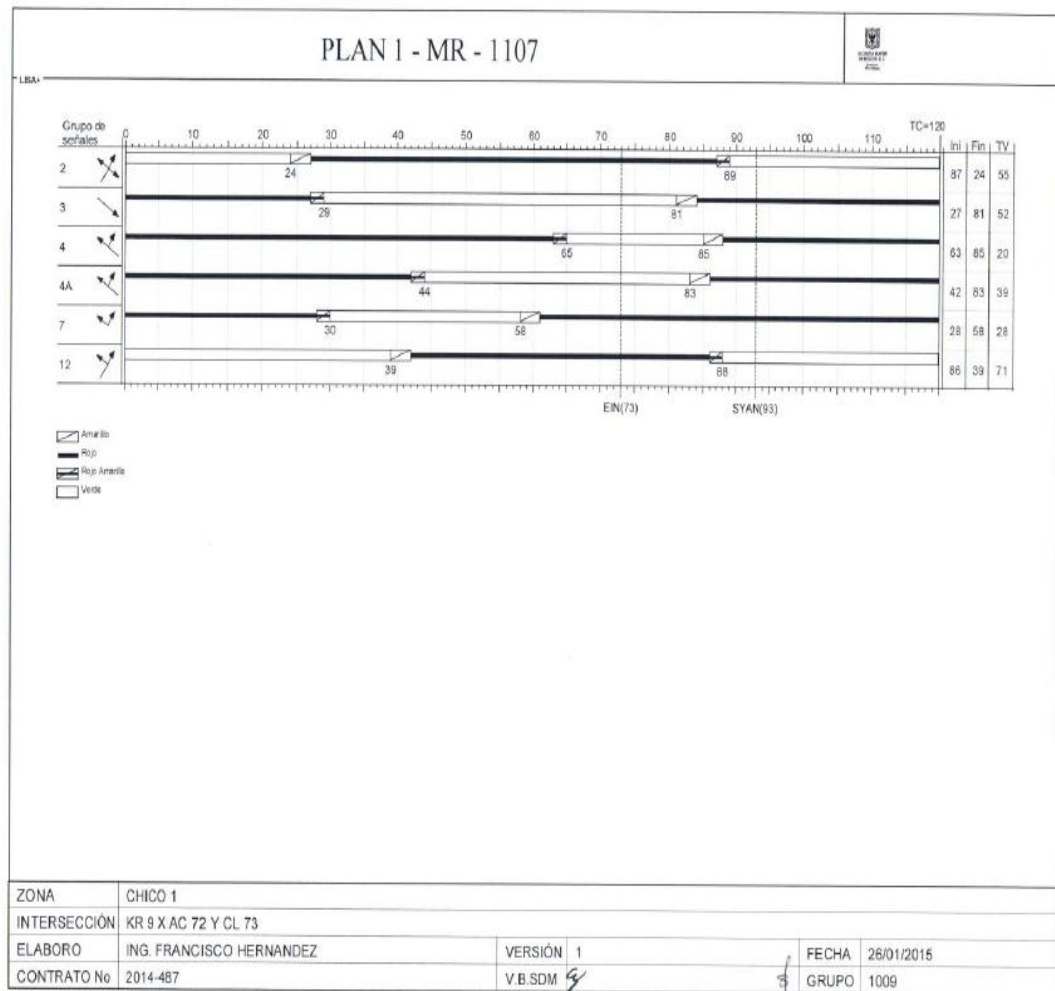
para analizarlo nos vamos al icono  , para simularlo en vista 2D vamos

al icono  , dentro de esta opción se encuentra la opción para ver el modelo en 3D.

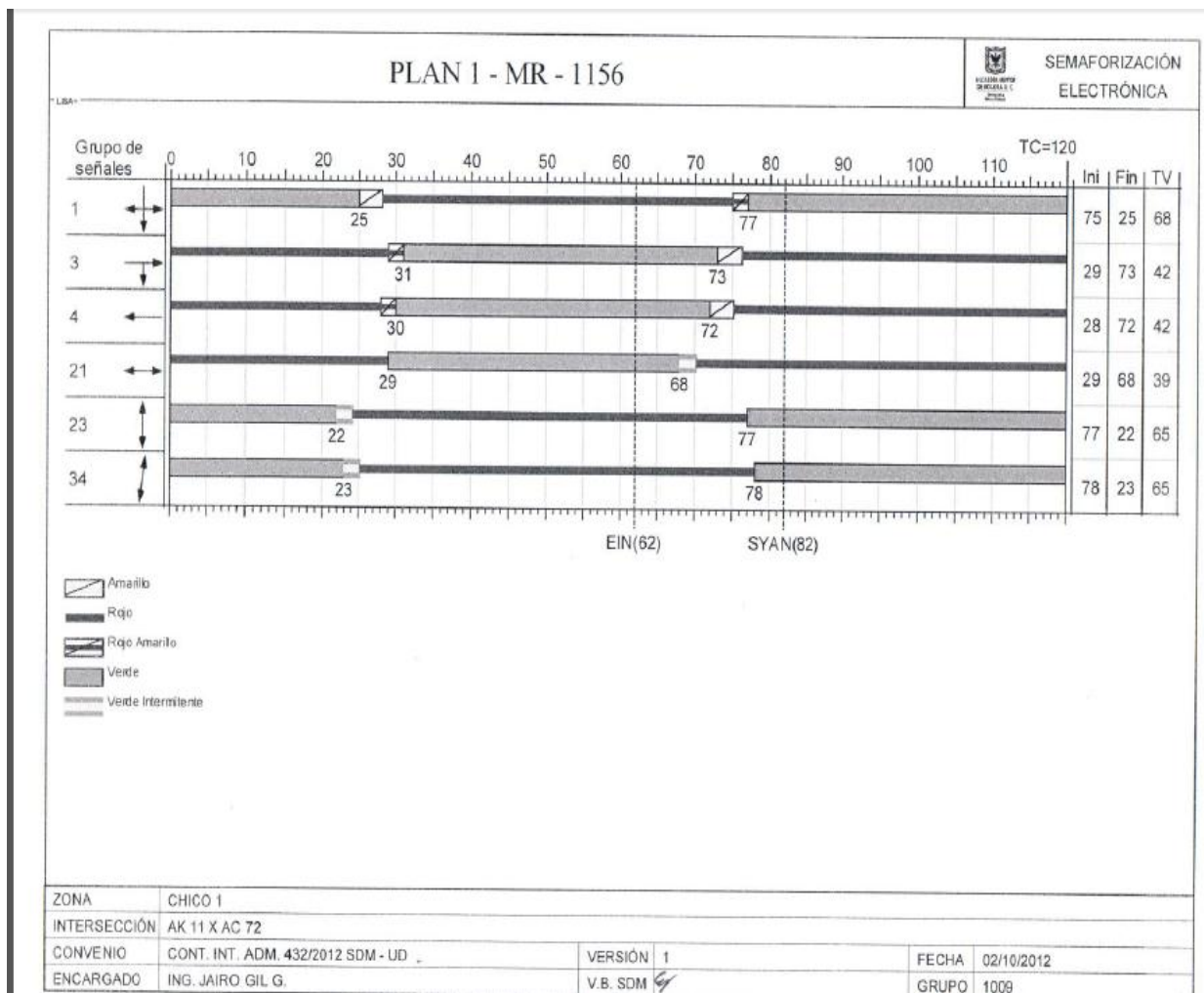
ANEXOS 2 TIEMPOS SEMAFORICOS



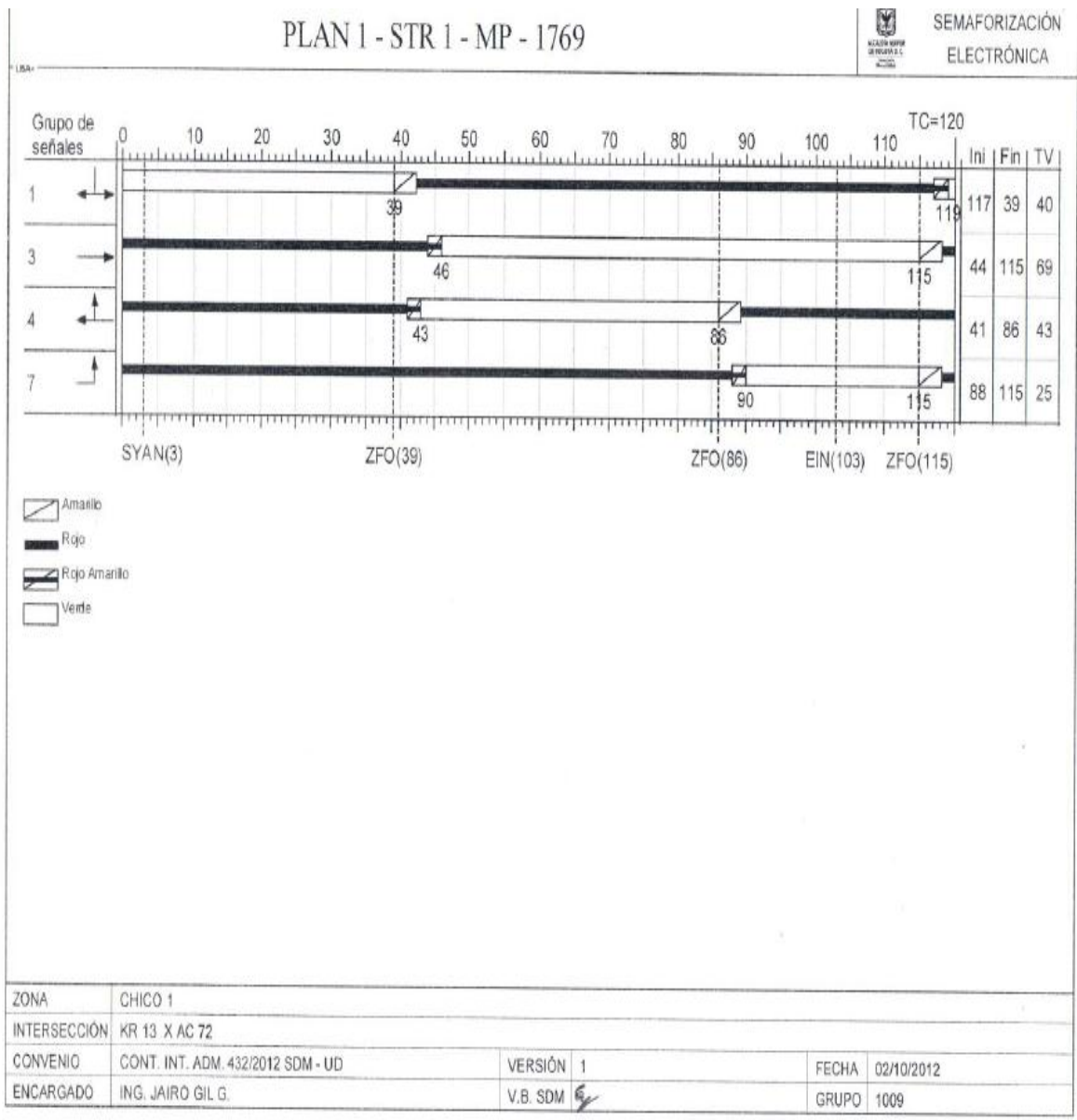
Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 7, plano N1, 1009, grupo automático 1006



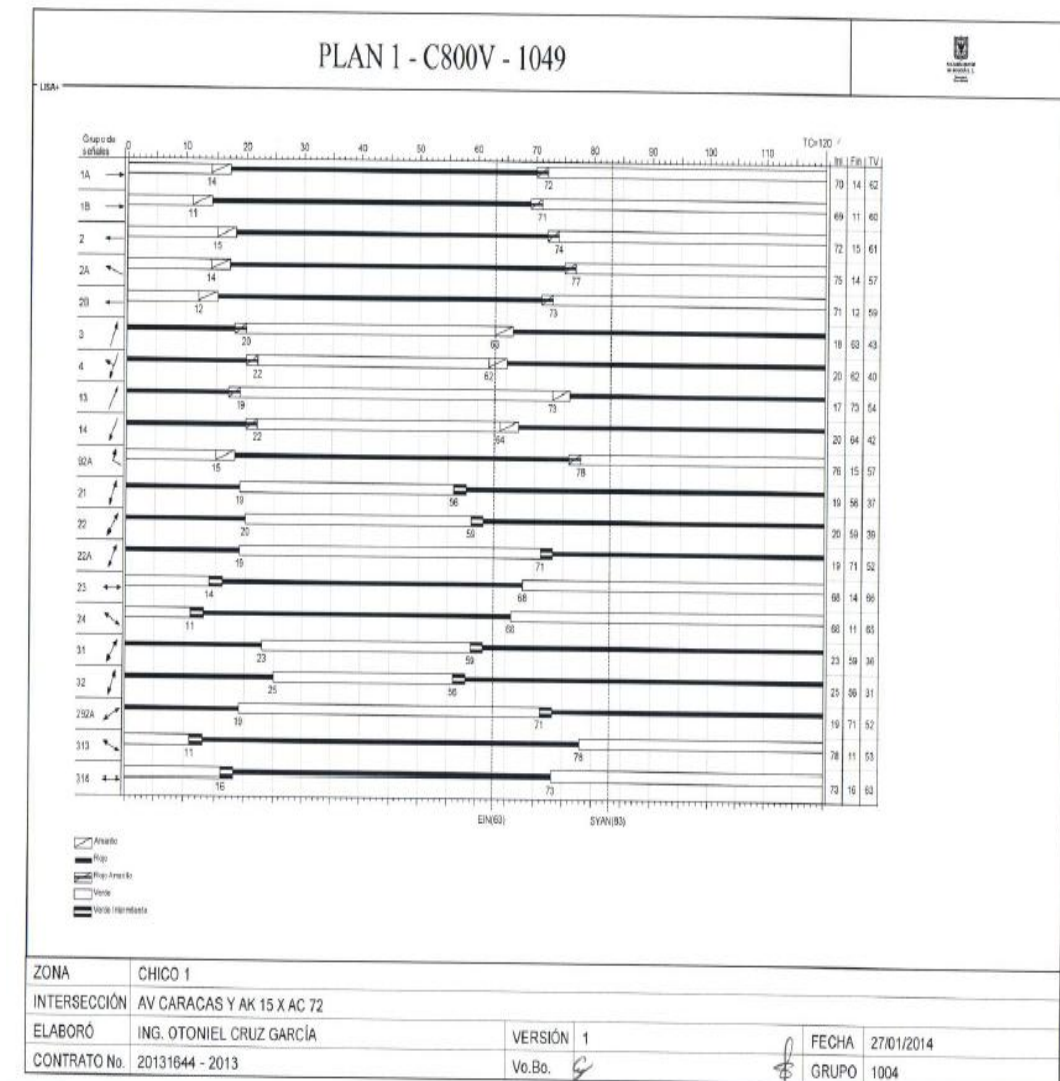
Secretaria de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 9, plan N1, 1007, grupo automático 1009



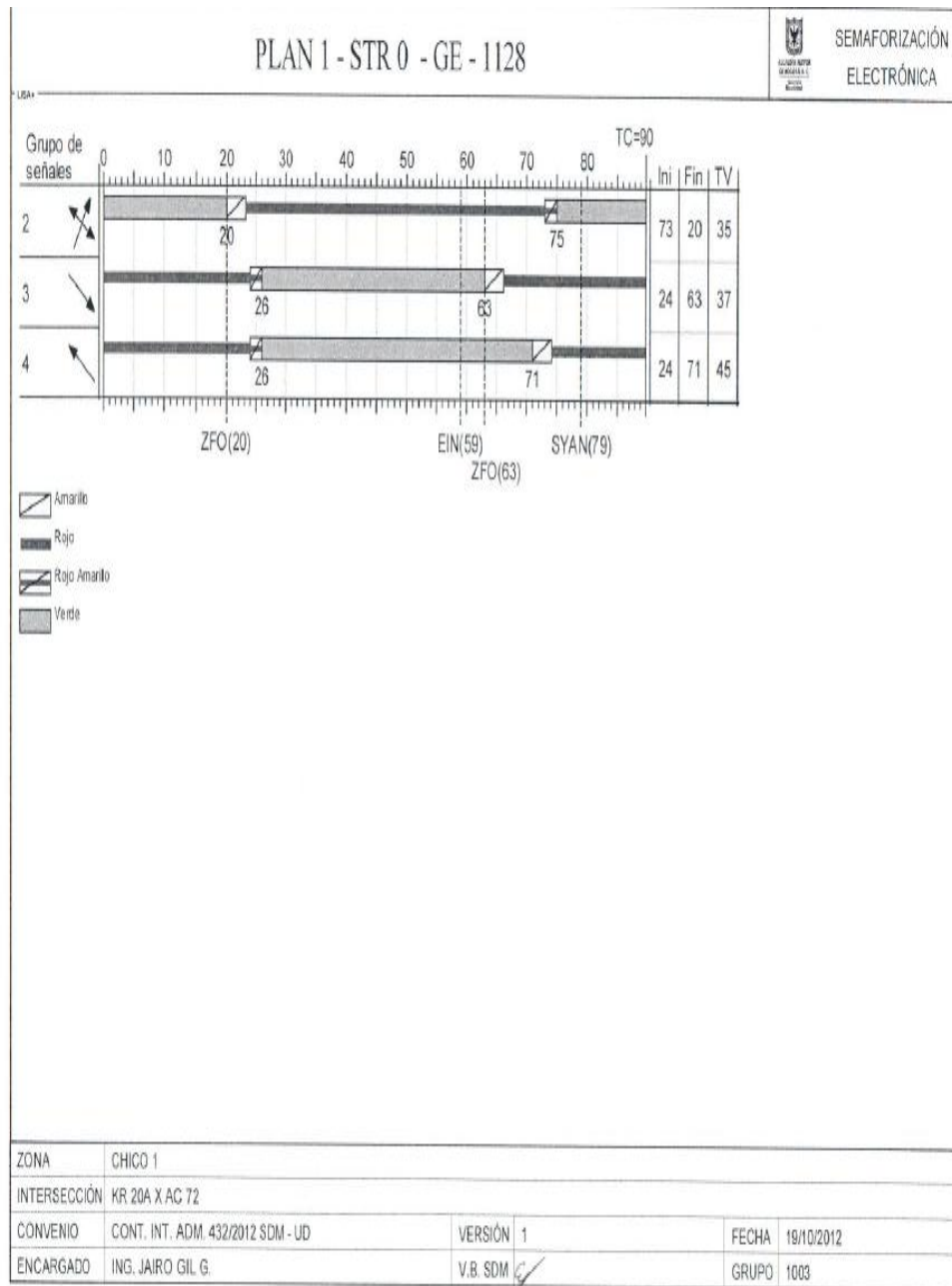
Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 11, plan N1, 1156, grupo automático 1009



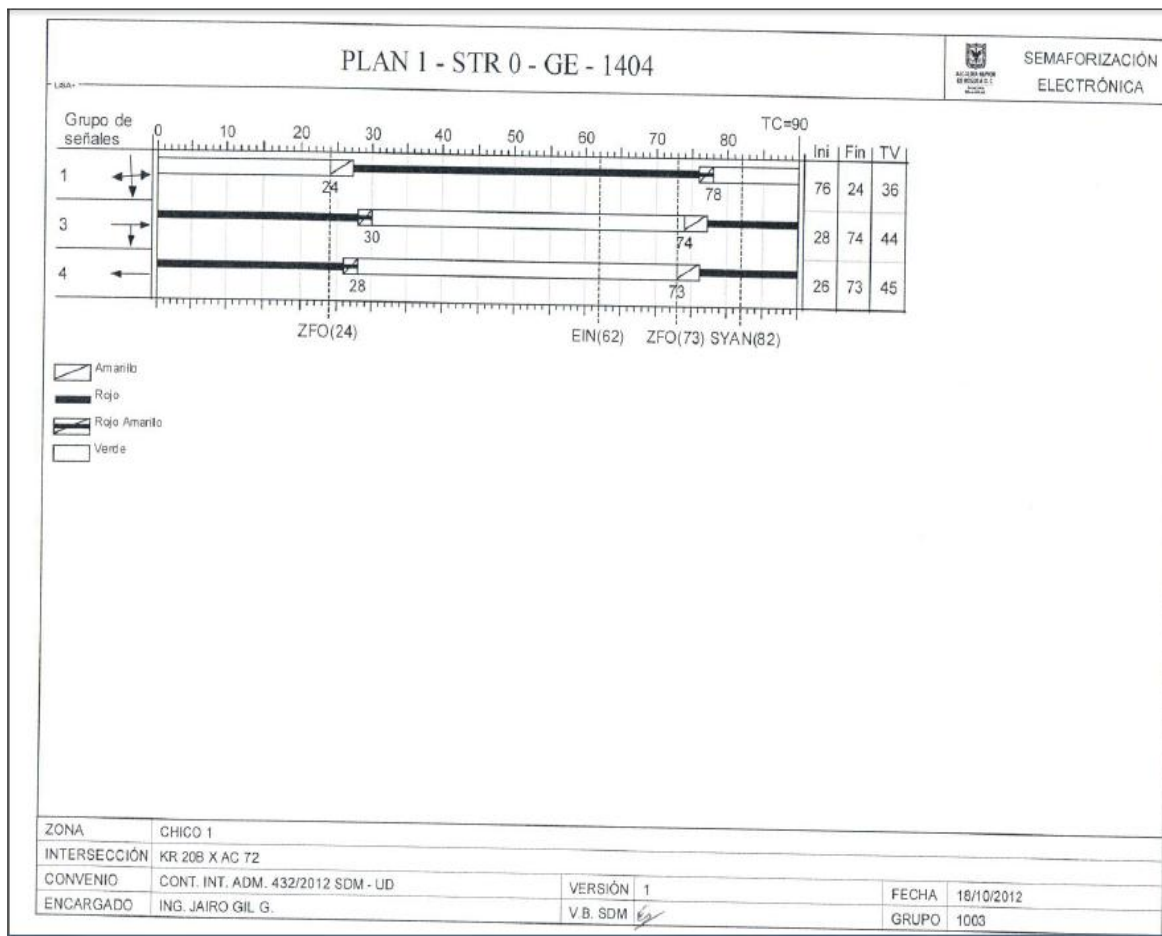
Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 13, plan N1, 1769, grupo automático 1009



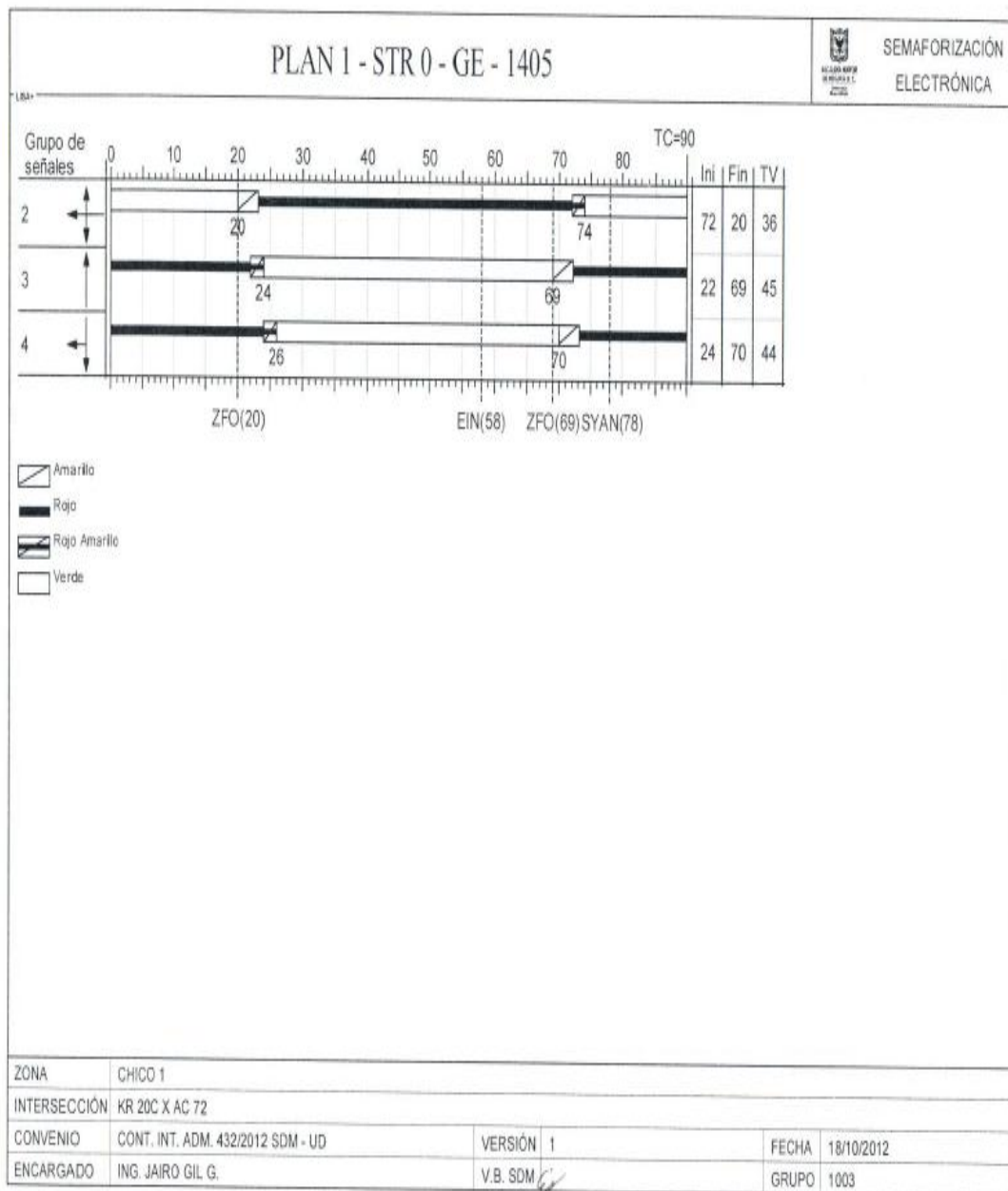
Secretaria de Movilidad, Semáforos, Calle 72 por carrera 14 (Caracas) y carrera 15, plan N1, 1049, grupo automático 1004



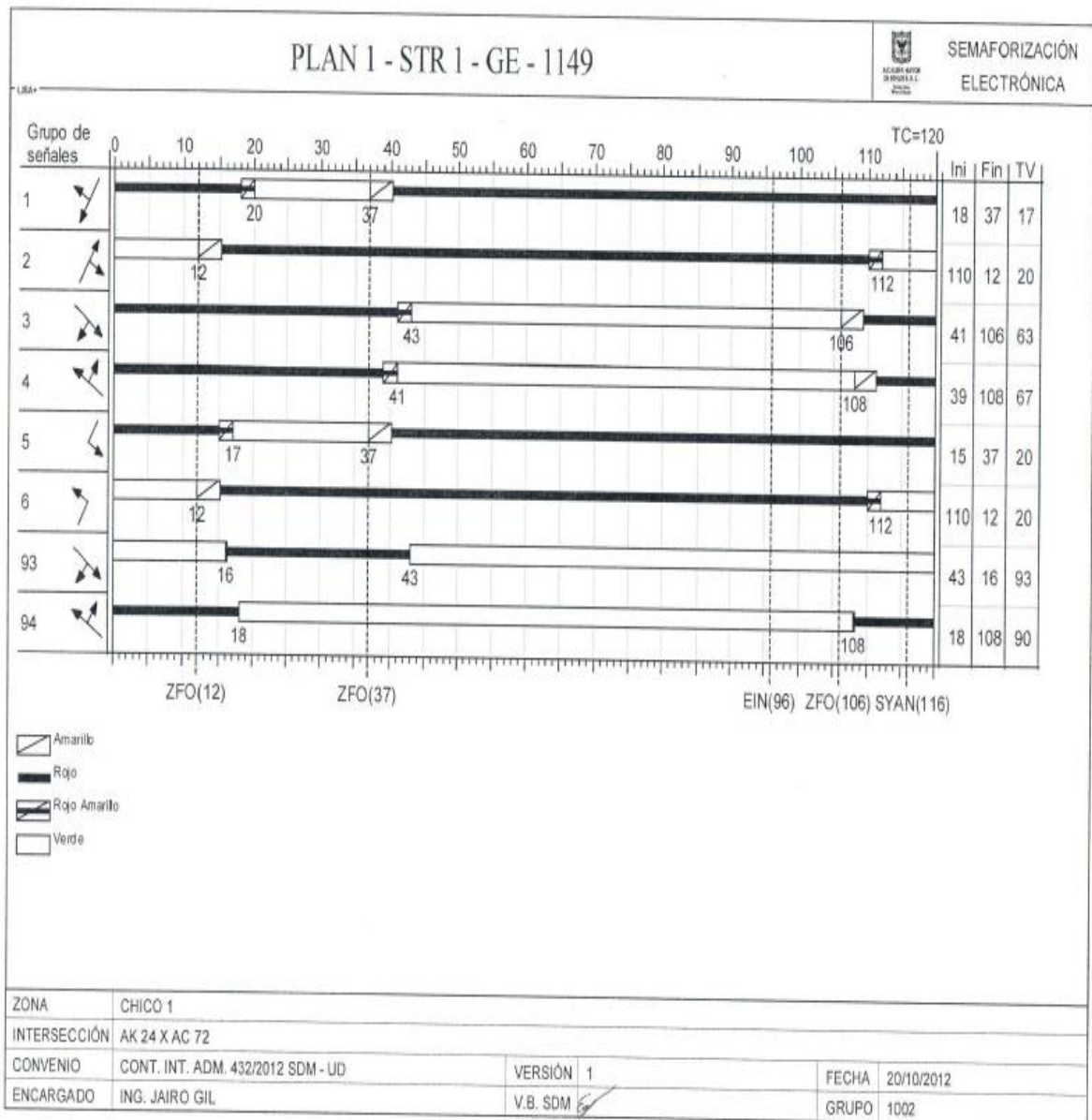
Secretaria de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 20ª, plan N1, 1128, grupo automatico1003



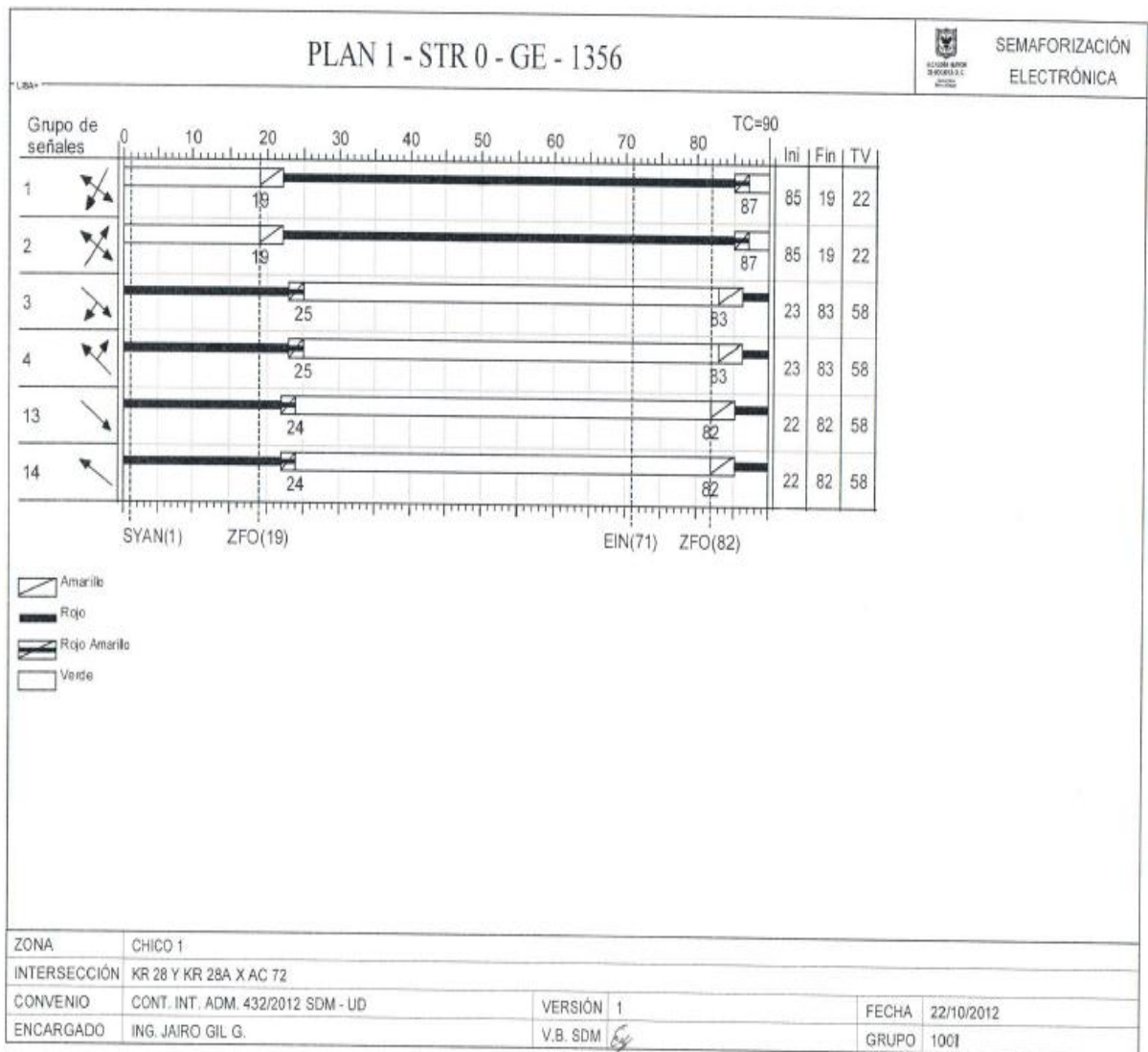
Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 20B, plan N1, 1404, grupo automático 1003



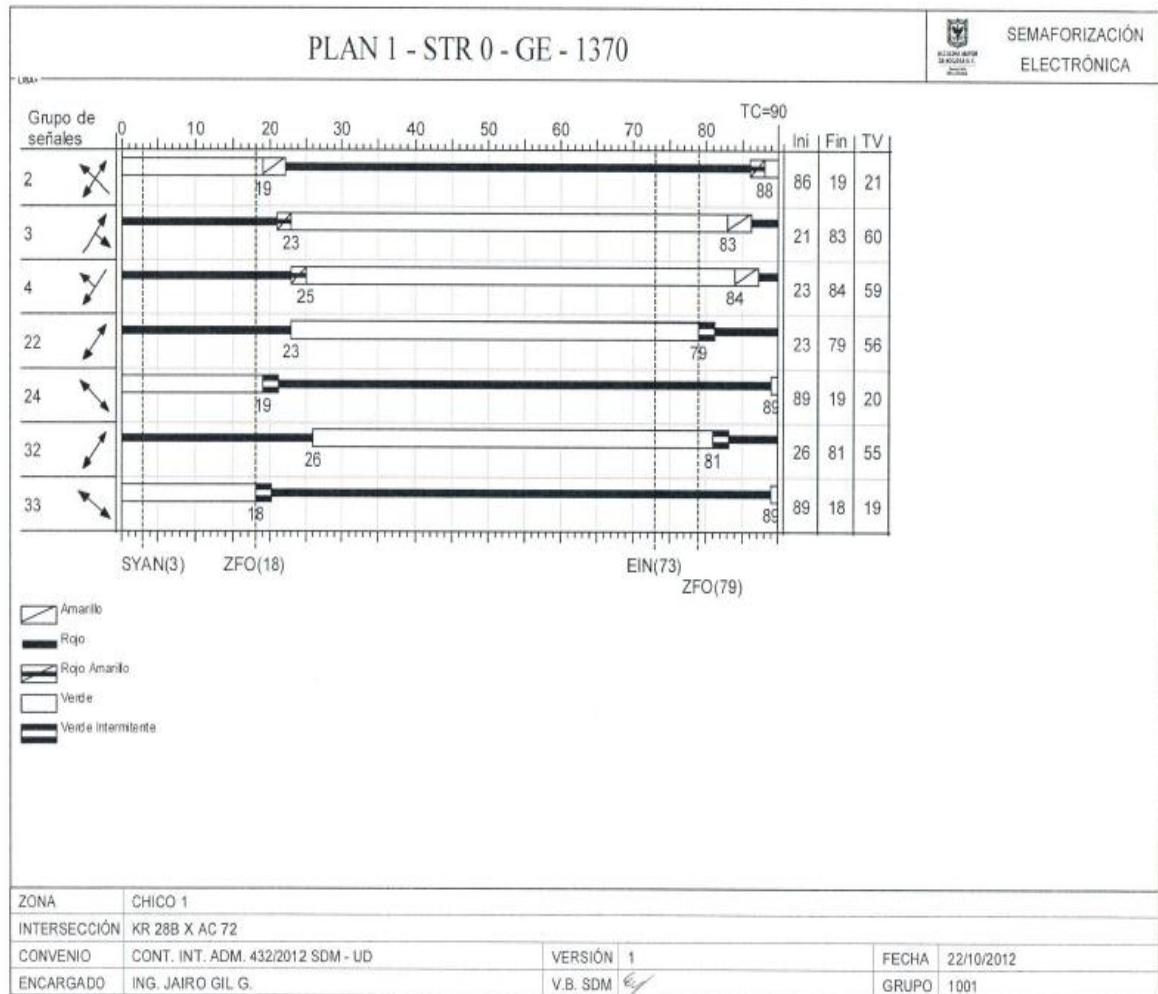
Secretaria de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 20C, plan N1, 1405, grupo automático 1003



Secretaría de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 24, plan N1, 1149, grupo automático 1002



Secretaria de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 28 Y 28A, plan N1, 1356, 1001



Secretaria de Movilidad, Semáforos, Tramo Calle 72 con carrera 28B, plan N1, 1370, grupo automático 1001