

**ANÁLISIS DE MICRO SIMULACIÓN VEHICULAR Y DISEÑO GEOMÉTRICO PARA
LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA CALLE 72 POR AVENIDA CIUDAD DE CALI**

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2015

**ANÁLISIS DE MICRO SIMULACIÓN VEHICULAR Y DISEÑO GEOMÉTRICO PARA
LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA CALLE 72 POR AVENIDA CIUDAD DE CALI**

POR:

MILTON LADINO

LEONARDO SANTOS

Monografía presentada como requisito para optar el título de:

Ingeniero Civil.

Asesor Disciplinar

Mg. Ing. DARÍO NARANJO

Asesor Metodológico

Msc. BIBIANA CAROLINA GÓMEZ SALGADO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2015

TABLA DE CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GENERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	JUSTIFICACIÓN	18
4	ANTECEDENTES.....	20
5	MARCO REFERENCIAL	25
5.1	MARCO HISTÓRICO	25
5.2	MARCO GEOGRÁFICO.....	26
5.2.1	Localización geográfica del proyecto	27
5.3	MARCO CONCEPTUAL	28
5.3.1	Tránsito y transporte	28
5.3.2	Clasificación funcional de las vías.....	29
5.3.3	Jerarquización vial	30
5.3.4	Volúmenes de tránsito:	37
5.3.5	Diseño geométrico de vías urbanas	38
5.3.6	Usos de la clotoide como curva de transición y tipos de concatenaciones con elementos curvos.....	40
5.3.7	Consideraciones de diseño:.....	42
5.3.8	Diagnóstico y restricciones al diseño:	42
5.3.9	Intersección vial:	43
5.3.10	Elementos de una Intersección Vial	43
5.3.11	Tipos de intersecciones:	44
5.3.12	Clases de glorietas	47
5.3.13	Caracterización operacional.....	51
5.3.14	Metodologías y softwares existentes para la evaluación técnica y operativa ..	52
5.4	MARCO LEGAL.....	53
6	DISEÑO METODOLÓGICO.....	57
6.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
6.2	ENFOQUE METODOLÓGICO	57
6.3	FASES.....	58
6.4	INSTRUMENTOS.....	59

7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
7.1	SELECCIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO	61
7.2	REGISTRO FOTOGRÁFICO	62
7.3	ESTUDIOS PRELIMINARES	64
7.4	PROYECCIÓN VEHICULAR	65
7.5	MODELACIÓN POR MOVIMIENTO	67
7.5.1	Movimiento N°1 Av. Calle 72 O-W @ Av. Cali N-S	68
7.5.2	Movimiento N°2 Av. Calle 72 O-W @ Av. Calle 72 W-O	70
7.5.3	Movimiento N°3 Av. Calle 72 O-W @ Av. Calle 72 O-W	71
7.5.4	Movimiento N°4 Av. Calle 72 O-W @ Av. Cali S-N	72
7.5.5	Movimiento N°5 Av. Cali S-N @ AV Cali N-S	74
7.5.6	Movimiento N°6 Av. Cali S-N @ Av. Calle 72 W-O	75
7.5.7	Movimiento N°7 Av. Cali S-N @ Av. Calle 72 O-W	76
7.5.8	Movimiento N°8 Av. Cali S-N @ Av Cali S-N	78
7.5.9	Movimiento N°9 Av. Cali N-S @ AV Cali N-S	79
7.5.10	Movimiento N°10 Av. Cali N-S @ Av. Calle 72 W-O	81
7.5.11	Movimiento N°11 Av. Cali N-S @ Av. Calle 72 O-W	82
7.5.12	Movimiento N°12 Av. Cali N-S @ Av. Cali S-N	84
7.5.13	Movimiento N°13 Av. Calle 72 W-O @ AV. Cali N-S	85
7.5.14	Movimiento N°14 Av. Calle 72 W-O @ Av. Calle 72 W-O	86
7.5.15	Movimiento N°15 Av. Calle 72 W-O @ Av. Calle 72 O-W	88
7.5.16	Movimiento N°16 Av. Calle 72 W-O @ AV. Cali S-N	89
7.6	MODELACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ACTUAL	90
7.6.1	Modelación intersección actual trafico actual	90
7.6.2	Modelación intersección actual trafico proyectado a 5 años	97
7.6.3	Modelación Intersección actual trafico proyectado a 10 años	103
7.7	MODELACIÓN GLORIETA A NIVEL OPCIÓN 1	108
7.7.1	Modelación glorieta a nivel trafico actual	108
7.7.2	Modelación glorieta a nivel trafico proyectado a 10 años	116
7.8	MODELACIÓN GLORIETA ELEVADA CON DEPRIMIDO OPCIÓN 2	121
7.8.1	Modelación glorieta con Deprimido trafico actual	121
7.8.2	Modelación glorieta con Deprimido trafico Proyectado a 10 años	129
7.9	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE MODELACIÓN	134
7.10	DISEÑO GEOMÉTRICO	139
7.11	PUENTE PEATONAL	140
8	CONCLUSIONES	143
9	RECOMENDACIONES	144
10	BIBLIOGRAFÍA	145

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Rotonda peatonal y vehicular Lujiazui, Sanghai	21
Imagen 2 Rotonda peatonal y vehicular Lujiazui, Sanghai	21
Imagen 3 Rotonda vial la Aguacatala	22
Imagen 4 Rotonda Avenida Carrera 68 por Avenida Calle 63 Bogotá D.C	23
Imagen 5 Rotonda Carrera 68 por Avenida Calle 63 Bogotá D.C	24
Imagen 6 Ubicación geográfica localidad Engativá.....	26
Imagen 7 Georreferenciación sitio de estudio – Avenida Calle 72 por Avenida Ciudad de Cali. 27	
Imagen 8 Tipo de red urbana.....	39
Imagen 9 Relación entre la vocación de movilidad y la de acceso local en los sistemas de clasificación funcional.....	40
Imagen 10 Elementos de Curvatura circular	41
Imagen 11 Elementos de concatenación espiral – espiral	42
Imagen 12 Esquema básico de una intersección tipo glorieta	46
Imagen 13 Esquema básico de una glorieta normal	48
Imagen 14 Esquema básico de una glorieta minio glorieta.....	49
Imagen 15 Esquema básico de una glorieta minio glorieta.....	51
Imagen 16 Punto de Estudio.....	61
Imagen 17 Movimiento N°1 intersección actual.....	68
Imagen 18 Movimiento N°1 Glorieta a nivel	69
Imagen 19 Movimiento N°1 Glorieta a desnivel con deprimido	69
Imagen 20 Movimiento N°2 Glorieta a nivel	70
Imagen 21 Movimiento N°2 Glorieta a desnivel con deprimido	70
Imagen 22 Movimiento N°3 Intersección actual	71
Imagen 23 Movimiento N°3 Glorieta a nivel	71
Imagen 24 Movimiento N°4 Glorieta a desnivel con deprimido	72
Imagen 25 Movimiento N°4 Intersección actual	72
Imagen 26 Movimiento N°4 Glorieta a nivel	73
Imagen 27 Movimiento N°4 Glorieta a desnivel con deprimido	73

Imagen 28 Movimiento N°5 Glorieta a nivel	74
Imagen 29 Movimiento N°4 Glorieta a desnivel con deprimido	74
Imagen 30 Movimiento N°6 Intersección actual	75
Imagen 31 Movimiento N°6 Glorieta a nivel	75
Imagen 32 Movimiento N°6 Glorieta a desnivel con deprimido	76
Imagen 33 Movimiento N°7 Intersección actual	76
Imagen 34 Movimiento N°7 Glorieta a nivel	77
Imagen 35 Movimiento N°7 Glorieta a desnivel con deprimido	77
Imagen 36 Movimiento N°8 Intersección actual	78
Imagen 37 Movimiento N°8 Glorieta a nivel	78
Imagen 38 Movimiento N°8 Glorieta a desnivel con deprimido	79
Imagen 39 Movimiento N°9 Intersección actual	79
Imagen 40 Movimiento N°9 Glorieta a nivel	80
Imagen 41 Movimiento N°9 Glorieta a desnivel con deprimido	80
Imagen 42 Movimiento N°10 Glorieta a desnivel con deprimido	81
Imagen 43 Movimiento N°10 Glorieta a nivel	81
Imagen 44 Movimiento N°10 Glorieta a desnivel con deprimido	82
Imagen 45 Movimiento N°11 Intersección actual	82
Imagen 46 Movimiento N°11 Glorieta a nivel	83
Imagen 47 Movimiento N°11 Glorieta a desnivel con deprimido	83
Imagen 48 Movimiento N° 12 Glorieta a nivel	84
Imagen 49 Movimiento N°12 Glorieta a desnivel con deprimido	84
Imagen 50 Movimiento N°13 Intersección actual	85
Imagen 51 Movimiento N°13 Glorieta a nivel	85
Imagen 52 Movimiento N°13 Glorieta a desnivel con deprimido	86
Imagen 53 Movimiento N°14 Intersección actual	86
Imagen 54 Movimiento N°14 Glorieta a nivel	87
Imagen 55 Movimiento N°14 Glorieta a desnivel con deprimido	87
Imagen 56 Movimiento N°15 Glorieta a nivel	88
Imagen 57 Movimiento N°15 Glorieta a desnivel con deprimido	88
Imagen 58 Movimiento N°16 Glorieta a nivel	89

Imagen 59 Movimiento N°16 Glorieta a desnivel con deprimido	89
Imagen 60 Modelación Actual de la Intersección	90
Imagen 61 Áreas de Reducción de Velocidad.....	91
Imagen 62 Modelación de la Glorieta opción (1).....	109
Imagen 63 Vías de Acceso glorieta opción (1).....	109
Imagen 64 Áreas de conflicto trafico actual diseño glorieta opción (1).....	110
Imagen 65 Modelación Glorieta con Deprimido.....	121
Imagen 66 Vías de Acceso	122
Imagen 67 Áreas de Conflicto trafico actual diseño glorieta opción (2).....	123
Imagen 68 Intersección peatonal actual	140
Imagen 69 Diseño de puente peatonal	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Jerarquización vial.....	31
Tabla 2 Jerarquización vial.....	32
Tabla 3 velocidad promedio de instalaciones peatonales.....	34
Tabla 4 Fases de la Investigación.....	58
Tabla 5 Proyección de tráfico a futuro por año.....	65
Tabla 6 Proyección de tráfico a 5 y 10 años.....	66
Tabla 7 Movimientos analizados.....	67
Tabla 8 Nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos	92
Tabla 9 Niveles de servicio en glorietas	134
Tabla 10 Intersección actual peatonal	141
Tabla 11 Resultados intersección con puente peatonal.....	142

LISTA DE GRÁFICAS

Grafica 1 Longitud de cola máxima trafico actual.....	92
Grafica 2 Longitud de cola trafico actual.....	93
Grafica 3 Numero vehículos que pasan trafico actual.....	93
Grafica 4 Media retraso de vehículos tráfico actual	94
Grafica 5 Media retraso detenido tráfico actual.....	94
Grafica 6 Emisiones Co2 trafico actual.....	95
Grafica 7 Emisiones de NOx trafico actual	95
Grafica 8 Consumo de Combustible trafico actual	96
Grafica 9 Tiempo de viaje a tráfico actual.....	96
Grafica 10 Velocidad promedio (km/h) trafico actual.....	97
Grafica 12 Longitud de cola trafico proyectado a 5 Años.....	98
Grafica 13 Longitud de cola máxima tráfico proyectado a 5 Años.....	98
Grafica 14 Numero vehículos que pasan trafico proyectado a 5 Años.....	99
Grafica 15 Media Retraso de vehículos tráfico proyectado a 5 Años	99
Grafica 16 Media retraso detenido tráfico proyectado a 5 Años.....	100
Grafica 17 Emisiones Co2 tráfico proyectado a 5 Años.....	100
Grafica 18 Emisiones de NOx trafico proyectado a 5 Años	101
Grafica 19 Consumo de Combustible tráfico proyectado a 5 Años	101
Grafica 20 Tiempo de viaje tráfico proyectado a 5 Años.....	102
Grafica 21 Velocidad Promedio (km/h) tráfico proyectado a 5 Años	102
Grafica 22 Longitud de Cola trafico proyectado a 10 Años.....	103
Grafica 23 Longitud de cola máxima trafico proyectado a 10 Años.....	104
Grafica 24 Numero vehículos que pasan trafico proyectado a 10 Años.....	104
Grafica 25 Media retraso de vehículos tráfico proyectado a 10 Años	105
Grafica 26 Media retraso detenido tráfico proyectado a 10 Años.....	105
Grafica 27 Emisiones Co2 trafico proyectado a 10 Años.....	106
Grafica 28 Emisiones de NOx trafico proyectado a 10 Años	106
Grafica 29 Consumo de combustible trafico proyectado a 10 Años	107
Grafica 30 Tiempo de viaje trafico proyectado a 10 Años.....	107

Grafica 31 Velocidad Promedio (km/h) trafico proyectado a 10 Años	108
Grafica 32 Longitud de cola trafico actual diseño glorieta opción (1)	111
Grafica 33 Longitud de cola máxima trafico actual diseño glorieta opción (1)	111
Grafica 34 Numero vehículos que pasan trafico actual diseño glorieta opción (1).....	112
Grafica 35 Media retraso de vehículos trafico actual diseño glorieta opción (1)	112
Grafica 36 Media de retraso detenido trafico actual diseño glorieta opción (1).....	113
Grafica 37 Emisiones Co2 trafico actual diseño glorieta opción (1).....	113
Grafica 38 Emisiones de NOx trafico actual diseño glorieta opción (1).....	114
Grafica 39 Consumo de combustible trafico actual diseño glorieta opción (1).....	114
Grafica 40 Tiempo de viaje trafico actual diseño glorieta opción (1)	115
Grafica 41 Velocidad promedio (km/h) trafico actual diseño glorieta opción (1)	115
Grafica 43 Longitud de cola trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)	116
Grafica 44 Longitud de cola máxima trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)	116
Grafica 45 Numero vehículos que pasan trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)	117
Grafica 46 Media retraso de vehículos tráfico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)	117
Grafica 47 Media retraso detenido tráfico proyectado a 10 Años glorieta opción (1).....	118
Grafica 48 Emisiones Co2 trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1).....	118
Grafica 49 Emisiones de NOx trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1).....	119
Grafica 50 Consumo de combustible trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1).....	119
Grafica 51 Tiempo de viaje trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)	120
Grafica 52 Velocidad Promedio (km/h) trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)	120
Grafica 53 Longitud de Cola trafico actual diseño glorieta opción (2).....	124
Grafica 54 Longitud de cola máxima trafico actual diseño glorieta opción (2)	124
Grafica 55 Numero vehículos que pasan trafico actual diseño glorieta opción (2).....	125
Grafica 56 Media de retraso de vehículos trafico actual diseño glorieta opción (2)	125
Grafica 57 Media retraso detenido trafico actual diseño glorieta opción (2).....	126
Grafica 58 Emisiones Co2 trafico actual diseño glorieta opción (2).....	126
Grafica 59 Emisiones de NOx trafico actual diseño glorieta opción (2).....	127
Grafica 60 Consumo de combustible trafico actual diseño glorieta opción (2).....	127
Grafica 61 Tiempo de viaje trafico actual diseño glorieta opción (2)	128
Grafica 62 Velocidad Promedio (km/h) trafico actual diseño glorieta opción (2)	128

Grafica 63 Longitud de cola tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2).....	129
Grafica 64 Longitud de máxima tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2).....	130
Grafica 65 Numero vehículos que pasan tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)	130
Grafica 66 Media retraso de vehículos tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2).....	131
Grafica 67 Media retraso detenido tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)	131
Grafica 68 Emisiones CO2 tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)	132
Grafica 69 Emisiones de NOx tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2).....	132
Grafica 70 Consumo de Combustible tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2).....	133
Grafica 71 Velocidad Promedio (km/h) tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2).....	133
Grafica 72 Comparación Emisiones de CO2.....	135
Grafica 73 Comparación Emisiones de NOx	135
Grafica 74 Comparación Consumo de Combustible	136
Grafica 75 Comparación Longitud de Cola.....	136
Grafica 76 Comparación Longitud de Cola Máxima.....	137
Grafica 77 Comparación Número de Vehículos en Circulación	137
Grafica 78 Comparación Media de Retraso de Vehículos	138
Grafica 79 Comparación Media de Retraso Detenidos.....	138
Grafica 80 Comparación Velocidad Promedio.....	139

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Tráfico Futuro	66
---------------------------------	----

LISTA DE FOTOS

Foto 1 Panorámica de la intersección	Foto 2 Congestión vehicular calle72 E-W	62
Foto 3 Congestión vehicular calle72 W-E	Foto 4 Congestión vehicular calle72 W-E	
.....	63
Foto 5 Congestión av. ciudad de Cali N-S	Foto 6 Congestión vehicular calle72 W-E ...	63
Foto 7 Congestión av. ciudad de Cali S-N	Foto 8 Congestión av. ciudad de Cali S-N	64

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A:** Archivo digital localización general
- ANEXO B:** Archivo digital mapa geología regional sabana de Bogotá
- ANEXO C:** Archivo digital plano red de acueducto
- ANEXO D:** Archivo digital plano red de alcantarillado
- ANEXO E:** Archivo digital mapa de estratificación
- ANEXO F:** Archivo digital límite de intervención vial
- ANEXO G:** Archivo digital Volumen de tránsito
- ANEXO H:** Archivo digital modelación movimiento N°1
- ANEXO I:** Archivo digital modelación movimiento N°2
- ANEXO J:** Archivo digital modelación movimiento N°3
- ANEXO K:** Archivo digital modelación movimiento N°4
- ANEXO L:** Archivo digital modelación Movimiento N°5
- ANEXO M:** Archivo digital modelación Movimiento N°6
- ANEXO N:** Archivo digital modelación movimiento N°7
- ANEXO Ñ:** Archivo digital modelación movimiento N°8
- ANEXO O:** Archivo digital modelación movimiento N°9
- ANEXO P:** Archivo digital modelación movimiento N°10
- ANEXO Q:** Archivo digital modelación movimiento N°11

ANEXO R: Archivo digital modelación movimiento N°12

ANEXO S: Archivo digital modelación movimiento N°13

ANEXO T: Archivo digital modelación movimiento N°14

ANEXO U: Archivo digital modelación Movimiento N°15

ANEXO V: Archivo digital modelación Movimiento N°16

ANEXO W: Archivo digital modelación intersección actual trafico actual

ANEXO X: Archivo digital modelación intersección actual proyectado a 5 años

ANEXO Y: Archivo digital modelación Intersección actual proyectado a 10 años

ANEXO Z: Archivo digital modelación glorieta a nivel trafico actual

ANEXO AA: Archivo digital modelación glorieta a nivel trafico proyectado a 10 años

ANEXO AB: Archivo digital modelación glorieta a desnivel trafico actual

ANEXO AC: Archivo digital modelación glorieta a desnivel con deprimido trafico
Proyectado a 10 años

ANEXO AD: Archivo digital diseño geométrico glorieta con deprimido

ANEXO AE: Archivo digital carteras diseño vertical, horizontal y replanteo

GENERALIDADES

TITULO DE TRABAJO

ANÁLISIS DE MICRO SIMULACIÓN VEHICULAR Y DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA CALLE 72 POR AVENIDA CIUDAD DE CALI.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Vías y transporte

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Transporte

AUTOR

MILTON LADINO

LEONARDO SANTOS

ASESORES DEL PROYECTO

Mg. Ing. DARÍO NARANJO

Msc. BIBIANA CAROLINA GÓMEZ SALGADO

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN

Vías y transportes (vitra)

LUGAR DE ORIGEN DEL TRABAJO

Bogotá DC, Departamento de Cundinamarca

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente estudio se plantea desde la necesidad de analizar el impacto generado por el alto nivel de tráfico vehicular y peatonal, que se presenta en la intersección de la avenida ciudad de Cali por avenida calle 72, en la localidad de Engativá de la ciudad de Bogotá

El principal problema que se presenta en la ciudad es los constantes embotellamientos de vehículos en esta intersección debido a que los ciclos semafóricos son muy cortos para abastecer toda la demanda presentada. Adicional a esto los sábados cuando no hay restricción para los vehículos particulares los tiempos de cada viaje se pueden retardar hasta 40 minutos afectando progresivamente la calidad del aire, la salud y el tiempo de todos los habitantes de esta localidad puesto que por la calle 72 es la vía de acceso hacia el norte de la ciudad desde el noroccidente, conectando barrios como Álamos, Villas de Granada, La Clarita, Tabora y Las Ferias con Chapinero y Barrios Unidos no obstante, los daños en la vía y los accidentes de tránsito, hacen que se vuelva inmanejable transitar por estas vías

Por tanto la pregunta que se plantea en el presente trabajo es:

¿Cuál es el diseño más óptimo para cumplir con la demanda de alto flujo vehicular en la intersección de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar y diseñar soluciones viales para la intersección de la Avenida Ciudad de Cali por Avenida Calle 72 en la ciudad de Bogotá, con el fin de tener elementos de juicio para determinar la viabilidad en su ejecución.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los problemas viales presentados en la intersección de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali.
- Diagnosticar el diseño de una glorieta, con el fin de mejorar el tráfico vehicular de la intersección
- Modelar en el software de transito los resultados obtenidos en estudio presentado en la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali.

3 JUSTIFICACIÓN

En las grandes ciudades de Colombia y principalmente en la ciudad de Bogotá D.C se viven a diario los efectos de la oferta insuficiente de infraestructura vial, reflejados en la congestión, la accesibilidad y los tiempos de viaje, principalmente. Por otra parte, en la infraestructura existente, la regulación y control de las intersecciones se ha basado en el uso de cruces viales convencionales, a nivel y desnivel; cada una con ventajas y desventajas en términos de afectación urbanística, composición vehicular de la demanda esperada, capacidad, nivel de servicio, seguridad vial, requerimientos de supervisión y mantenimiento.

El sistema de transporte urbano de la ciudad se estructura mediante la unión de tres componentes: los vehículos, la infraestructura vial por donde circulan y un sitio a donde llegan al finalizar el viaje, denominado estación terminal ya sea que se trate de vehículos particulares, de transporte público o de carga debido al alto nivel de servicio vehicular y peatonal que se evidencia en la zona de estudio, a través de aforos históricos presentados por la Secretaria de Movilidad desde el año 2014, se plantea la necesidad de modificar la intersección de la avenida ciudad de Cali por calle 72, con obras de infraestructura vial y peatonal, que ayuden al mejoramiento del tráfico vehicular y de seguridad vial de la zona, con la ejecución del proyecto se pretende mejorar la calidad de vida de alrededor de 100.000 personas que se verán beneficiadas con este proyecto en la localidad de Engativá, y de la ciudad en general. Con este diseño pretendamos mitigar el alto flujo vehicular y que los usuarios de esta intersección semaforizada se beneficien en sus tiempos de viaje.

Cabe resaltar que los estudios y diseños son pensados teniendo en cuenta a las personas discapacitadas y a la tercera edad, que son población vulnerable y que muchas veces se les margina o se les desconoce por su condición, por tal motivo es vital que el proyecto sea incluyente ante todos los actores de la comunidad.

Por tal motivo es de vital importancia para la comunidad y para el desarrollo de la ciudad, proponer estudios y diseños de obras de infraestructura vial, que le permita a la comunidad acceder a una mejor calidad de vida.

4 ANTECEDENTES

Para esta investigación se realizó una revisión sobre algunos estudios previamente desarrollados en el tema de diseño de infraestructura vial a nivel internacional, nacional y local que permite fundamentar el presente estudio.

A nivel internacional nos basamos en el caso de en China, en la ciudad de Sanghai, una de las principales ventajas de las rotondas es que disminuyen la congestión del tráfico vehicular y peatonal al mantener los vehículos en movimiento, pero pierden su eficiencia si la intersección está ocupada tanto por los peatones como por los coches.

Por eso esta rotonda peatonal y vehicular diseñada y construida en el corazón de la zona de, el distrito financiero más importante en China, en la ciudad de Sanghai, resulta una solución eficaz para ambos colectivos, pues sigue a la perfección el descongestionamiento vehicular. El paseo elevado está configurado para conectarse tanto a las calles adyacentes como a la estación de metro y a los rascacielos cercanos, así como otros edificios históricos visitados por turistas.

La rotonda circular se inauguró para la Expo de Sanghai de 2010, esta ayuda desde entonces a los peatones a moverse por la zona con mayor rapidez y seguridad, mientras que ofrece a los turistas vistas singulares de los edificios cercanos y del panorama de la ciudad.¹ Así como se pueden apreciar en la Imagen 1 y Imagen 2.

¹ [En línea]. Disponible en internet: <<http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2012/10/08/rotonda-lujiazui/>> Citado el 25 de septiembre de 2015]

Imagen 1 Rotonda peatonal y vehicular Lujiazui, Sanghai



Fuente En línea <http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2012/10/08/rotonda-lujiazui/> 28/092015

Imagen 2 Rotonda peatonal y vehicular Lujiazui, Sanghai



Fuente En línea <http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2012/10/08/rotonda-lujiazui/> 28/092015

A nivel nacional nos centramos en la ciudad de Medellín con el intercambiador vial la Aguacatala está situado al sur de la ciudad en la calle 12 sur con carrea 48 (avenida las vegas) ver Imagen 3. Con esta rotonda vial se consiguió descongestionar y disminuir el tiempo de recorrido de vías alternas a la comuna 14 (el poblado) que es una de las zonas a donde concurre mayor tráfico vehicular. También se logró agilizar el acceso a los municipios al sur del área metropolitana. Adicionalmente se incentivó el comercio del lugar con la implementación de restaurantes, bares, servicio de lavado de vehículos y se contribuyó positivamente al amoblamiento urbano².

Imagen 3 Rotonda vial la Aguacatala



Fuente: En línea <http://k30.kn3.net/taringa/1/D/E/5/A/C/DaniloEcheverry/6D7.jpg> 28/09/2015

² [En línea]. Disponible en internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10546/8/79271054.2008.Parte3.pdf> > Citado el 25 de septiembre de 2015]

A nivel local se desarrolló el diseño y el cruce de la Avenida Carrera 68 por Calle 63, ver Imagen 4. Esta intersección presentaba el problema de convergencia de altos volúmenes de tránsito en las dos direcciones por la Carrera 68 y por la Calle 63, y el que se originaba por los giros a la izquierda. El cruce estaba gobernado por un semáforo que generaba colas de vehículos que no alcanzan a pasar a tiempo de verde, ocasionando demoras en los usuarios. Para resolver este problema se planteó el estudio de una intersección a diferente nivel que sea en lo posible armónica con el Plan Maestro Parque Metropolitano Simón Bolívar.

Imagen 4 Rotonda Avenida Carrera 68 por Avenida Calle 63 Bogotá D.C



Fuente: En línea www.paronamio.com 25/03/2015

Los trabajos realizados comprendieron un análisis de la información básica existente, primordialmente los diseños arquitectónicos que contempla el Plan Maestro Parque Metropolitano en el entorno de la intersección, y cartografía elaborada por el Plan Maestro del Parque, por las oficinas de Catastro y del Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

Se evaluaron los flujos de tráfico que convergen en la intersección según los registros suministrados por la oficina de Semaforización Electrónica. El flujo en la Carrera 68, en los dos sentidos alcanzó un valor de 7517 vehículos equivalentes y de 3678 en la Calle 63, también en las dos direcciones. El ofrecer un paso directo al flujo de la Carrera 68, 65% del total, aliviaría de manera importante el conflicto en la intersección se plantearon y discutieron varios esquemas de solución, que concluyeron en dos soluciones: la primera de ellas consistía en elevar las dos calzadas de la calle 63 y construir en forma deprimida los giros Av. 68 al sur hacia la calle 63 al oriente y Av. 68 al norte hacia la Calle 63 al occidente. Los demás giros se harían a nivel y una segunda solución que fue la que finalmente se seleccionó³.

Imagen 5 Rotonda Carrera 68 por Avenida Calle 63 Bogotá D.C



Fuente: En línea

<http://static.elespectador.com/especiales/2011/02/0163512592ec5edaa4d761bd2c5a1024/images/24.jpg>
27/09/2015

³ [En línea]. Disponible en internet:

< <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/107699/5/60001234-01.pdf>> Citado el 25 de mayo de 2015]

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO HISTÓRICO

Las primeras rotondas aparecieron antes de la generalización del automóvil. En las grandes ciudades europeas de finales del siglo XIX ya existían problemas de saturación del tráfico debidos a la enorme cantidad de vehículos que circulaban, estos problemas se iniciaban generalmente en las intersecciones como consecuencia de la falta de regulación en la circulación, de un accidente, o bien sencillamente porque la intersección llegaba al límite de su capacidad. Los atascos se trasmitían al resto de las vías afluentes a la intersección provocando nuevos problemas. La organización de la circulación comienza a preocupar a las autoridades de las grandes ciudades europeas de principios del siglo XX, que muestran un interés creciente por hallar soluciones al problema de la saturación de las principales vías urbanas⁴.

La organización de la circulación comienza a preocupar a las autoridades de las grandes ciudades europeas de principios del siglo XX, que muestran un interés creciente por hallar soluciones al problema de la saturación de las principales vías urbana. Si bien éstas medidas funcionaron en la mayoría de intersecciones sencillas, no resultaron demasiado útiles en aquellas en las que desembocaban cinco o más calles. Ello se debe al aumento considerable del número de itinerarios posibles y el consecuente aumento de los puntos de conflicto entre trayectorias. Históricamente se atribuye a los ingenieros ingleses la concepción por primera vez de una solución en forma de intersección giratoria para resolver los problemas que se han citado.

⁴ [En línea]. Disponible en internet:
<<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3375/36814-5.pdf;jsessionid=7734A2CA50B6259835DD12FE2570E7FC?sequence=5>> [citado el 25 de agosto de 2015]

5.2 MARCO GEOGRÁFICO

La presente investigación se localizó, en el área de la localidad de Engativá, (ver Imagen 6) ubicada en la zona occidental de la ciudad, limita, al norte, con el río Juan Amarillo que la separa de la localidad de Suba; al sur, con la avenida El dorado y el antiguo camino de Engativá que la separan de la localidad de Fontibón; al oriente, con la Avenida calle 68 y las localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo, y al occidente, con el río Bogotá y el municipio de Cota.⁵

Imagen 6 Ubicación geográfica localidad Engativá



Fuente Ortofoto Bogotá D.C IDECA

⁵ [En línea]. Disponible en internet: <<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%2010%20Engativ%E1/Monografia/10%20Engativa%20monografia%202011.pdf>> Citado el 25 de septiembre de 2015]

5.2.1 Localización geográfica del proyecto

La zona de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. en localidad de Engativá con un área efectiva de intervención de 25000 m². La zona de estudio puede ser localizada mediante los siguientes sistemas de coordenadas:

- a) WGS84: Latitud: 4°41' 45.58" Longitud: 74°06' 20.33"
- b) Bogotá Planas Cartesianas: E: 96860.55 N: 111020.3727

Como se observa en la Imagen 7.

Imagen 7 Georreferenciación sitio de estudio – Avenida Calle 72 por Avenida Ciudad de Cali



Fuente: Orto foto Bogotá 2009 – Ideca

5.3 MARCO CONCEPTUAL

5.3.1 Tránsito y transporte

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTE el tránsito se define como, la movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada abierta al público y el transporte se define como el traslado de personas, animales o cosas de un punto a otro a través de un medio físico.⁶

El Plan de Ordenamiento Territorial vigente en Bogotá propuso una estrategia de ordenamiento territorial basada en la superposición de tres estructuras básicas: la protección del medio ambiente y los recursos naturales a través de una Estructura Ecológica Principal (EEP); el perfeccionamiento y racionalización de la infraestructura para la movilidad y la prestación de los servicios públicos y sociales mediante una Estructura Funcional y de Servicios (EFS) y, la integración socio económica y espacial de su territorio urbano, rural, regional y nacional con una Estructura Socio Económica y Espacial (ESE).

Es evidente la vulnerabilidad de la Estructura Ecológica Principal (EEP) cuando se plantean y desarrollan proyectos de movilidad; por ello, se recomienda la articulación con las otras estructuras del ordenamiento garantizando así la sostenibilidad a futuro con miras a lograr la integración con el mínimo de afectaciones nocivas al medio ambiente.⁷

El desarrollo de la infraestructura vial de transporte en zonas urbanas consolidadas afectará la Estructura Socio Económica y Espacial (ESE) principalmente; caso contrario ocurre cuando el desarrollo se proyecta en suelo no urbanizado o en proceso de urbanización dado que la mayor afectación recae sobre la Estructura Ecológica

⁶ Ministerio de transporte. Código nacional de tránsito y transporte.

⁷[En línea]. Disponible en internet:

<http://www.idu.gov.co/html/ftp/idu/dte/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf> [citado el 29 de mayo de 2015]

Principal (EEP). Para el análisis del desarrollo del sistema vial, se organizan dos grandes grupos, los cuales se abordarán en capítulos posteriores con ejemplos explicativos y que por ahora apenas se nombran:

- Las zonas urbanas consolidadas.
- Las zonas en proceso de urbanización.

5.3.2 Clasificación funcional de las vías

La clasificación funcional de las vías atiende a una agrupación según las características del servicio que ofrecen en el marco de una red vial, es decir, si su configuración aporta a la movilidad, a la conectividad y/o a la accesibilidad local. Este tipo de clasificación se ha constituido como una importante herramienta en términos de planificación territorial y de formulación de planes viales y de movilidad, especialmente porque el concepto de funcionalidad de la vía permite generar vínculos respecto a otras variables tales como: las actividades predominantes, los niveles de tráfico, las restricciones de circulación por tipo de vehículo y velocidad, entre otros factores.⁸

Entonces, la clasificación funcional de las vías se define como un proceso de la planificación territorial, cuya función principal es señalar la vocación de las vías existentes y proyectadas para determinar principalmente los tipos de movimientos de personas y bienes que se permiten sobre las vías, por ejemplo, tráfico de paso interurbano, de conéctate de centros urbanos y suburbanos distantes, de transporte público, de acceso local.

⁸[En línea]. Disponible en internet:

< http://www.idu.gov.co/html/ftpidu/dte/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf> [citado el 29 de mayo de 2015]

➤ **Malla Vial Arterial Principal:**

Es la red de vías que actúa como soporte de la movilidad y la accesibilidad urbana y regional. Esta malla soporta el subsistema de transporte en su componente de transporte masivo” alcaldía mayor de Bogotá y secretaría de planeación, 2012. Este sistema sirve a los principales centros de actividad de las áreas urbanas; se constituyen como corredores con volúmenes de tránsito altos y los recorridos de viaje de larga distancia, dentro de la escala urbana. Al igual que en el caso anterior, este tipo de vías deberían estar configurados de manera tal que eviten el paso por el centro de la ciudad y que simplemente se encarguen de conectar con las vías de menor jerarquía que se integran a las zonas con los niveles más altos de atracción de viajes, tales como centros de negocios y grandes centros. En teoría, este tipo de vías deberían presentar control total de accesos y manejo de intersecciones a desnivel; además deben considerar la integración con flujos peatonales y de ciclo usuarios. De la manera más segura y eficiente posible, con segregación de niveles, especialmente, debido a que esta red soporta el subsistema de transporte en su componente de transporte masivo, según lo menciona el documento técnico de soporte del proyecto.

5.3.3 Jerarquización vial

Normalmente, los Planes de Ordenamiento Territorial, en los contenidos destinados a los subsistemas viales, definen una jerarquía vial y unos perfiles determinados que además de orientar y definir la conformación de zonas de reserva, permiten relacionar las características de la red vial, de manera agrupada y según parámetros como la sección transversal, el tipo de viajes y tráfico que albergan, el tratamiento peatonal, de cruces viales y de control de accesos, las velocidades de operación reglamentadas, entre otros aspectos.

Por tal motivo, a continuación se presenta un que complementa el sistema de jerarquización vial urbano propuesto por el Plan de Ordenamiento Territorial y los requerimientos normativos establecidos en el Código Nacional de Tránsito Terrestre y el

Plan Maestro de Movilidad, con el fin de ofrecer una herramienta al diseñador que otorgue un marco de referencia y clarifique los condicionantes a tener en cuenta en el diseño vial.⁹

Tabla 1 Jerarquización vial

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	JERARQUÍA	ANCHURAS. SECCIÓN TRANSVERSAL (m)	FUNCIONES	TIPOS DE VIAJES	TIPO DE TRÁFICO	CONTROL DE ACCESOS	CRUCES CON OTRAS VIAS	MANEJO PEATONAL	PARADAS DE BUSES	ESTACIONAMIENTO EN VÍA	VEL. DE OPERACIÓN (km/h)*
Malla Vial Arterial Regional y Principal	V0	100	Movilidad	De larga distancia	V. livianos V. pesados V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Masivo	Total	A desnivel	Segregación vertical entre vehículos y peatones	Con exclusividad en estaciones y terminales debidamente diseñados	Prohibido	60-100
	V1	60	Movilidad	De larga distancia	V. livianos V. pesados V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Masivo	Total	A desnivel	Segregación vertical entre vehículos y peatones	Con exclusividad y en estaciones y terminales debidamente diseñados	Prohibido	60-100
Malla vial Arterial Complementaria	V2	40	Movilidad y Conectividad	De media distancia	V. livianos V. pesados con restricciones V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Masivo Tpte Público	Total o Parcial	Según estudios	Según análisis de tránsito y seguridad	Con exclusividad y en estaciones y terminales debidamente diseñados o mediante bahías y/o zonas de parada si el ascenso y descenso de pasajeros es sobre el andén.	Prohibido	40-60
	V3	25-30	Conectividad	De media distancia	V. livianos V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Público	Parcial	Según estudios	Según análisis de tránsito y seguridad	Sobre carril de circulación o con bahía, según estudios de tránsito y seguridad vial.	Prohibido	40-60

Fuente: Alcaldía mayor de Bogotá d.c.2004 y ministerio de transporte

⁹ [En línea]. Disponible en internet:

<http://file:///C:/Users/win7/Downloads/Caracterizacion_Transporte_Colombia.pdf> [citado el 2 de julio de 2015]

Tabla 2 Jerarquización vial

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	JERARQUÍA	ANCHO MÍN. SECCIÓN TRANSVERSAL (m)	FUNCIÓN	TIPOS DE VIAJES	TIPO DE TRÁFICO	CONTROL DE ACCESOS	CRUCES CON OTRAS VÍAS	MANEJO PEATONAL	PARADAS DE BUSES	ESTACIONAMIENTO EN VÍA	VEL. DE OPERACIÓN (Km/h)*
Malla vial Arterial Intermedia	V4	22	Conectividad y Permeabilidad	De paso y local	V. livianos V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Público	Según análisis	Según estudios	Según análisis de tránsito y seguridad	Sobre carril de circulación o con bahía, según estudios de tránsito y seguridad vial.	Considerables si no se proveen facilidades fuera de la vía	30-60
	V5	18	Permeabilidad	De paso y local	V. livianos V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Público	Según análisis	Según estudios	Cruces controlados con canalización	Sobre carril de circulación o con bahía, según estudios de tránsito y seguridad vial.	Considerables si no se proveen facilidades fuera de la vía	30-60
	V6	16	Permeabilidad y Acceso predios	De paso y local	V. livianos V. emergencia V. proveedores y servicios Tpte Público	Ninguno	Según estudios	Cruces controlados con canalización	Sobre carril de circulación o con bahía, según estudios de tránsito y seguridad vial.	Considerables si no se proveen facilidades fuera de la vía	30-60
Malla vial Local	V7	13	Acceso a predios	Local	V. livianos V. emergencia V. proveedores y servicios	NA	A nivel	Considerable libertad con cruces aleatorios	Sujeto a consulta con la comunidad**	Aceptable excepto si se prohíbe expresamente por seguridad vial o tránsito.	<30
	V8	10	Acceso a predios	Local	V. livianos V. especiales	NA	A nivel	Considerable libertad con cruces aleatorios	Sujeto a consulta con la comunidad**	Aceptable excepto si se prohíbe expresamente por seguridad vial o tránsito.	<30
Vías Peatonales y Alamedas	V9	8	Acceso a predios, encuentro y recreación	De paso	Peatones	NA	NA	Completa libertad	Prohibido	NA	NA

* Se hace referencia a la velocidad de operación de las vías, sin embargo no se compromete la definición de la velocidad máxima de circulación, la cual debe ser acordar con la normatividad nacional y distrital que esté vigente

** Según la Ley 769 de 2002 el uso de vías locales por el servicio de transporte público está supeditado a la aprobación de la comunidad, por intermedio de las juntas administradoras

Fuente: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. y MINISTERIO DE TRANSPORTE

➤ **Usuarios**

El análisis de la demanda de los proyectos de infraestructura vial es un tema que recae directamente sobre el componente de tránsito. En este sentido, se reconoce la importancia de identificar los diferentes actores o usuarios de la infraestructura ofertada y generar metodologías para el análisis y caracterización de tal demanda, como insumo principal para el pre dimensionamiento y dimensionamiento de los elementos geométricos, en lo referente al diagnóstico, así como parte del análisis multicriterio que se debe dar para una solución integral.

➤ **El peatón**

Cualquier persona puede formar parte de los peatones sin restricción alguna, siendo ésta la forma de transportarse más común e inmediata que se tiene para emprender un desplazamiento. Incluso, si caminar no es el medio principal que se usa para viajar, sí hace parte del itinerario de viaje para acceder a otros modos como el transporte público.

Es así como dentro de la normatividad distrital se ha orientado la política de movilidad con el peatón como centro de la misma, consecuentemente el Plan Maestro de Movilidad adoptado por el Decreto 319 de 2006 dispone en su Artículo 7 que la prioridad del peatón debe tener el primer nivel de prevalencia dentro del sistema de movilidad.¹⁰

Son varias las condiciones determinantes para emprender la caminata como modo de viaje, según la AASHTO esta decisión involucra aspectos tales como: la distancia de viaje, densidad y diversidad de los usos del suelo, percepción de seguridad en la ruta y la comodidad que pueda ofrecer la misma.

¹⁰ En línea]. Disponible en internet:

< http://www.idu.gov.co/documents/20181/362981/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf/07dd825f-795f-49e0-b07a-4c497afa6ba4 > [citado el 2 de julio de 2015]

Además de los aspectos anteriormente señalados, el responsable del diseño geométrico debe considerar las características de velocidad y espacio ocupado por el peatón.

- La velocidad comúnmente utilizada en el diseño de instalaciones peatonales es de 1.2 m/s), sin embargo, ésta varía en un rango de 0.8 m/s a 1.8 m/s. A nivel de Bogotá, se han obtenido distintos rangos de variación según sea la instalación en que se desplazan los peatones, al promediar estos se alcanza un registro mínimo de 0.92 m/s y un máximo de 2.05 m/s.¹¹

Tabla 3 velocidad promedio de instalaciones peatonales

VELOCIDAD (M/S)	CRUCE PEATONAL	ESCALERAS	PUENTES	RAMPAS-ANDENES	PROMEDIO
Media	1,43	1,86	1,38	1,15	1,46
Percentil	1,57	2,12	1,52	1,46	1,67
Mínima	0,95	1,35	0,99	0,39	0,92
Máxima	2,46	2,54	1,60	1,60	2,05

Fuente: Alcaldía mayor de Bogotá D.C.; secretaría de tránsito y transporte

➤ El conductor

Existe una relación estrecha entre el proyecto de diseño geométrico y el conductor, este usuario se convierte en el articulador entre el vehículo y la vía y por tanto, está sujeto a las diferentes condicionantes que presenta el ser humano.

¹¹ En línea]. Disponible en internet:

<<http://www.academia.edu/11131678/Manual-diseno-infraestructura-peatonal-urbana>> [citado el 25 de julio de 2015]

➤ **El ciclista**

El uso de la bicicleta para trasladarse es en la actualidad ampliamente promocionada como un medio de transporte sustentable y saludable; así, los ciclistas cobran más importancia dentro de los planes y programas de orden distrital.

En general, el espacio ocupado por un ciclista es consistente, más no así, las habilidades, preferencias o necesidades de los distintos usuarios de estos vehículos. De esta forma, las características de los usuarios pueden encontrar diferencias según sea el propósito de viaje, la edad e incluso el tipo de bicicleta utilizada.

➤ **Pasajero**

Dentro de este grupo de usuarios se encuentran aquellos que hacen uso del transporte público para su desplazamiento, en particular, el pasajero orienta las medidas relacionadas con las terminales del transporte público, diseño y distribución de paraderos en las rutas.¹²

Respecto a los pasajeros, es necesario considerar aspectos tales como los tiempos de ascenso y descenso y los volúmenes estimados de pasajeros en espera. Estos aspectos varían dependiendo del diseño mismo del sistema de transporte público, tipo de paradas, tipo de bus, forma de pago entre otros.

➤ **Caracterización de la demanda**

Antes de emprender el proceso de diseño geométrico, el responsable del mismo debe contar con un conocimiento claro de las demandas a las cuales se verá sometida la

¹² En línea]. Disponible en internet:

<<http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>> [citado el 29 de julio de 2015]

infraestructura a diseñar. Para esto, ha de implementarse un estudio detallado del tránsito existente en la zona de influencia del proyecto, que debe determinarse según la escala de intervención del mismo y del sector en que se proyecte.¹³

En el entorno urbano, los estudios de tránsito presentan una mayor complejidad por la estrecha relación “ciudad-transporte”. Así, los flujos del tránsito están determinados por los usos de suelo, en donde las vías se comportan como un eje articulador de los usos colindantes. De lo anterior, es necesario considerar características de las vías urbanas, de las que se resaltan entre otras

- a) Los volúmenes de tránsito están determinados por los usos del suelo.
- b) Las vías urbanas operan con altos flujos vehiculares y velocidades menores a las que se esperarían en una vía rural; esto se debe a una mayor interrupción del flujo por la necesidad de articular la red y garantizar la conectividad y accesibilidad.
- c) Se presenta una mayor participación de buses dentro de los volúmenes de tránsito, con las condiciones propias de este tipo de vehículos como son la existencia de paradas e iteración con pasajeros.
- d) Existencia de varias opciones de ruta entre un mismo par origen destino, lo que determina que un cambio de las condiciones de la infraestructura vial lleva a una redistribución de los flujos de tránsito y por tanto se deba atender a un análisis espacial de las soluciones planteadas.
- e) Presencia de polos generadores y atractores de viajes que pueden condicionar el tipo de solución geométrica o de control del tráfico que se plantee.

¹³ [En línea]. Disponible en internet:

<http://www.idu.gov.co/html/ftp/idu/dte/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf> [citado el 29 de mayo de 2015]

➤ **Demanda vehicular**

En primer lugar, es necesario hacer una distinción entre los términos “Volumen” y “Demanda”. El término Volumen se refiere a los vehículos que efectivamente cruzan por el punto de aforo; en presencia de congestión la demanda se refiere al volumen, más los vehículos remanentes en cola. Por lo anterior, debe tenerse especial cuidado en verificar que la información de tránsito que se utilice como insumo para el diseño geométrico corresponda a la Demanda. Esto cobra importancia en el caso de que en la infraestructura vial se haya alcanzado la capacidad de la misma y por tanto el volumen será inferior a la capacidad.

Para el área urbana, es común tomar la hora de máxima demanda para un día típico; sin embargo, la selección de la hora de máxima demanda debe ser el producto de un estudio detallado del tránsito.

Así mismo, es necesario conocer el origen y destino de las demandas vehiculares, toda vez que la infraestructura propuesta puede modificar las rutas usadas por los conductores y así determinar el aumento o disminución de las mismas.¹⁴

5.3.4 Volúmenes de tránsito:

Se llama volumen de tránsito al número de vehículos que pasan por un punto de la vía o de cualquiera de sus partes en la unidad de tiempo. Se puede llamar flujo al volumen en general, al volumen cuando se mide en períodos de menos de una hora, al tránsito, a una corriente vehicular, a grupos de vehículos que realizan movimientos en una dirección determinada, etc. Los volúmenes diarios se utilizan principalmente en trabajos de planeación y como medida de utilización vial para racionalizar la asignación de fondos viales. Los volúmenes horarios se utilizan para diseñar los detalles geométricos de las vías, establecer criterios para el uso de dispositivos de la regulación del tránsito y

¹⁴ [En línea]. Disponible en internet:

<file:///C:/Users/win7/Downloads/Modelo_Observatorio_Transporte_Carga.pdf > [citado el 29 de mayo de 2015]

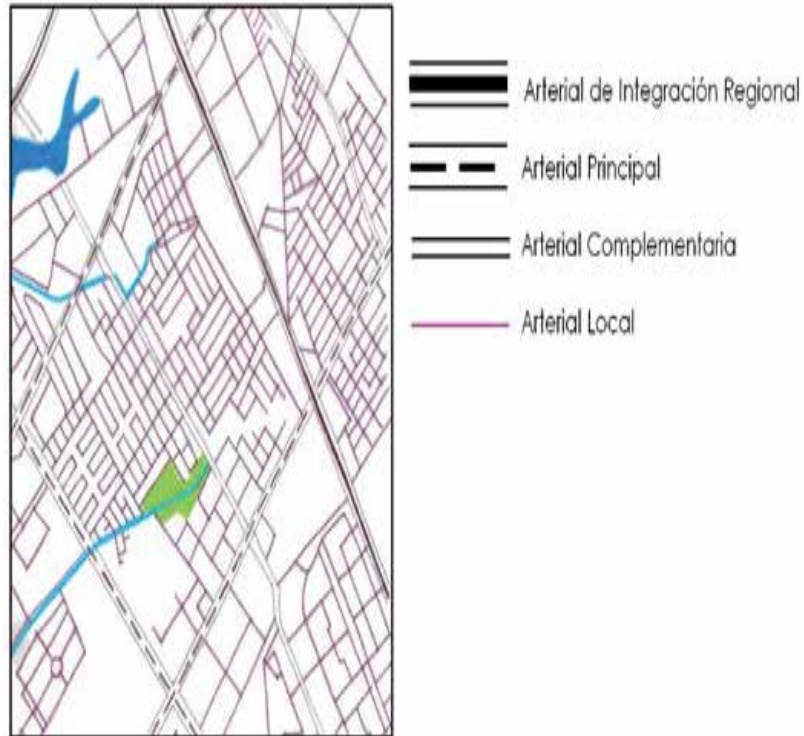
determinar si una vía, calzada o carril puede satisfacer la demanda del tránsito en la hora de máxima afluencia. Los volúmenes de tránsito pueden ser entendidos como la utilización de la vialidad por la demanda de transporte. Esta información es importante en la calibración de los modelos de transporte o para su utilización directa en estudios de corto plazo con la aplicación de factores de crecimiento por tramos. Hay también metodología para su utilización como variable para actualizar matrices origen-destino ya existente.

5.3.5 Diseño geométrico de vías urbanas

Las redes viales surgen de la conjugación de múltiples líneas de deseo de viaje que conectan orígenes con destinos. Tales líneas están asociadas a diferentes niveles de demanda y a zonas a tractoras y generadoras de viajes. Así las redes están configuradas básicamente en función de dos aspectos; por una parte, del modelo de movilidad y la oferta requerida para suplir los viajes de corta, media y larga distancia, y por otra, del modelo de ciudad y el ordenamiento de la estructura territorial, coligada a la distribución de los usos del suelo y las actividades económicas.¹⁵

¹⁵ ¹⁵ [En línea]. Disponible en internet:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/2469/1/8105491.2009_1.pdf pdf > [citado el 30 de Septiembre de 2015]

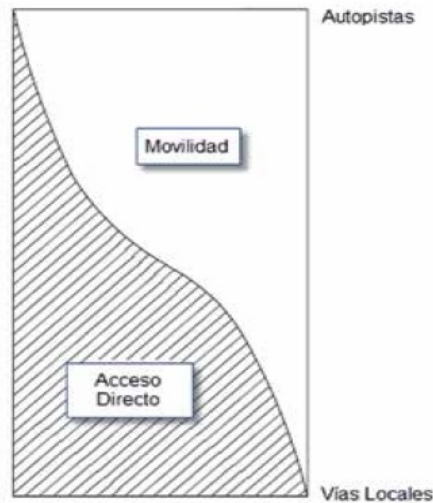
Imagen 8 Tipo de red urbana



Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas Bogotá D.C.

Es así como, en temas asociados a la configuración de la red vial, existen dos consideraciones esenciales a tener en cuenta: la movilidad y la accesibilidad. Teóricamente deberían existir vías que aporten de manera exclusiva a la movilidad, con un control de accesos total, que permitan viajes de larga distancia y a altas velocidades, y otras locales, de tráfico calmado, que posibiliten el acceso directo a las viviendas pero que no generan aporte alguno a la fluidez de la red vial. Complementariamente, en el nivel intermedio existirán algunas que cumpliendo parcialmente ambas funciones, otorguen permeabilidad y conectividad a la red.

Imagen 9 Relación entre la vocación de movilidad y la de acceso local en los sistemas de clasificación funcional



Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets

5.3.6 Usos de la clotoide como curva de transición y tipos de concatenaciones con elementos curvos.

Las curvas clotoides permiten enlazar alineamientos rectos con circulares o en sentido contrario, también enlazar dos alineamientos rectos o dos alineamientos circulares de igual o sentido contrario.

En el primer caso cuando se une un alineamiento recto con uno curvo por medio de una clotoide, ésta recibe el nombre de clotoide simple, ahora, si la curva circular entre la clotoide de entrada y la clotoide de salida se elimina, se obtendría una clotoide de vértice o una concatenación E-E.¹⁶

Las concatenaciones más utilizadas y seguras para realizar el empalme de dos tangentes en medios urbanos son las siguientes:

¹⁶ [En línea]. Disponible en internet:

<<http://viasunefa.blogspot.com.co/2009/10/elementos-geometricos-de-la-espiral.html> pdf > [citado el 30 de Junio de 2015]

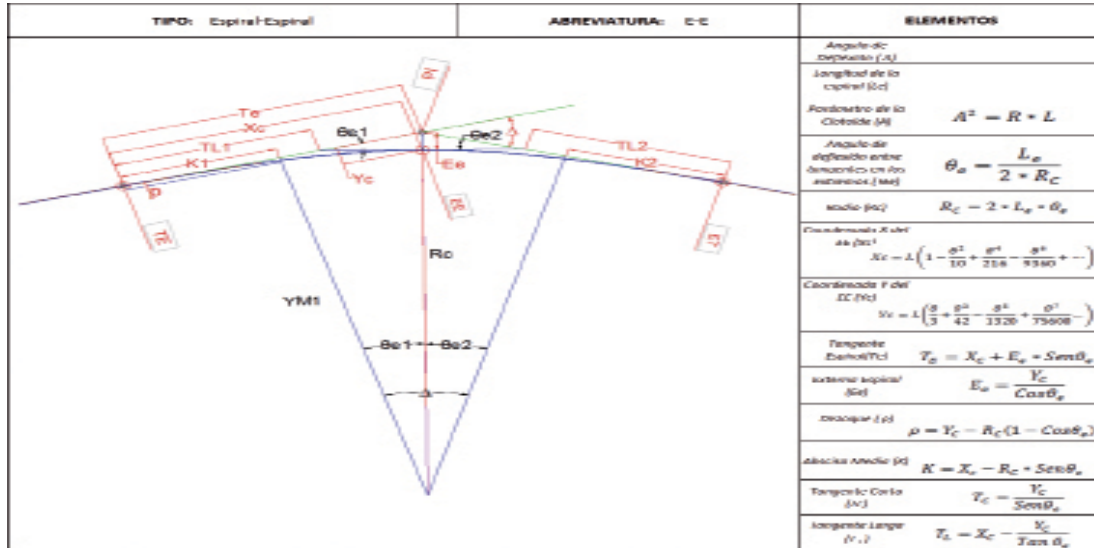
- Concatenación Circular C.
- Concatenación Circular compuesta CC.
- Concatenación Espiral-Circular-Espiral. Simétrica ECE.
- Concatenación Espiral-Espiral simétrica E-E.
- Concatenación Espiral-Circular compuesta Espiral ECCE.
- Concatenación Espiral Circular Tangente ECT.
- Concatenación Tangente circular espiral TCE.

Imagen 10 Elementos de Curvatura circular

TIPO: CIRCULAR	ABREVIATURA: C	ELEMENTOS	
		Ángulo de Deflexión (Δ)	
		Radio (R)	
		Longitud Circular (L_c)	$L_c = R \cdot \Delta$ $L_c = \frac{R \cdot \pi \cdot \Delta}{180}$
		Cuerda Larga (CL)	$CL = 2R \cdot \text{Sen} \frac{\Delta}{2}$
		Externa (E)	$E = R \left(\text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$
		Tangente (T)	$T = R \cdot \text{Tan} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$
		Grado Curvatura (G_c)	$G_c = 2 \cdot \text{Sen}^{-1} \frac{CC}{2R}$
		Radio utilizando Grado Curvatura (G_c)	$R = \frac{180 \cdot a_b}{\pi \cdot G_c}$ $R = \frac{C_b}{2 \cdot \text{sen} \left(\frac{G_c}{2} \right)}$

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas

Imagen 11 Elementos de concatenación espiral – espiral



Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas

5.3.7 Consideraciones de diseño:

Para lograr un diseño de una vía urbana, el diseñador deberá chequear cada una de las limitantes encontradas antes, durante y después de la elaboración de su eje de diseño, para ello deberá seguir un procedimiento que facilite la elaboración de su eje y le permita cumplir con todos los requerimientos necesarios.¹⁷

5.3.8 Diagnóstico y restricciones al diseño:

En este paso se deben revisar las características físicas, operacionales y restrictivas de la vía a diseñar de acuerdo con la jerarquía vial establecida, que lleven a tener un diagnóstico completo de aspectos como los controles primarios, la topografía, el tránsito (vehicular, peatonal, ciclístico, de carga, de buses), el transporte (corredores exclusivos, paraderos, estaciones, portales y patios), la seguridad vial y otros.

¹⁷ [En línea]. Disponible en internet:

<http://www.idu.gov.co/html/ftp/idu/dte/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf> [citado el 30 de Junio de 2015]

5.3.9 Intersección vial:

A nivel local y más específicamente en una intersección urbana, el problema de tránsito problema se debe analizar de una manera secuencial, la solución como intersección no semaforizada, posteriormente como glorieta, luego como intersección semaforizada y finalmente como intersección a desnivel. La planta y alzado de una intersección está condicionada por los siguientes factores: Prima la importancia de los giros; en especial, de los giros a la izquierda, cuya prohibición o resolución es determinante, la velocidad e intensidad de tráfico de las vías principales y por último las intensidades peatonales que cruzan la intersección y la existencia de itinerarios ciclistas y paradas de transporte colectivo.

Se recomienda que el movimiento principal de cruce en un enlace se resuelva en el nivel inferior ya que de esta manera disminuye el impacto visual y sonoro del tráfico más importante, además da lugar a menores dimensiones y menores costos de las estructuras elevadas que son necesarios realizar.¹⁸

5.3.10 Elementos de una Intersección Vial

- Datos Funcionales: Clasificación, tipo de control de accesos, velocidad, preferencia de paso, etc.
- Datos Físicos: Se refiere a la topografía, así como a las restricciones existentes para extender las superficies, tales como usos del suelo, características geológicas y geotécnicas, edificaciones, plantaciones, tipos de drenajes, etc.

¹⁸ En línea]. Disponible en internet:

<http://www.academia.edu/3262697/Manual_de_dise%C3%B1o_geom%C3%A9trico_para_v%C3%ADas_e_intersecciones_urbanas> [citado el 30 de septiembre de 2015]

- **Datos de Tránsito:** Incluye los volúmenes de tránsito, análisis de cada movimiento en la hora pico, la capacidad, vehículo tipo para el que se proyecta la intersección, velocidad en los accesos, el flujo peatonal.
- **Movimientos Peatonales:** Los movimientos peatonales se deben tener presentes ante todo en las intersecciones que hacen parte o son afectadas por la zona de influencia de centros comerciales, hospitales, escuelas, universidades, etc. Se deben tener en cuenta si existen puentes peatonales o zonas como los pasos “cebra”, que faciliten el flujo peatonal.
- **Relación con otras intersecciones:** La uniformidad y sincronización de las intersecciones son muy importantes para no desorientar al usuario.

Es importante saber el número y tipo de conflictos que se presentan en la intersección, así como la frecuencia con que ocurren, ya que éste depende del volumen de tránsito que se encuentre en cada trayectoria de flujo. En las intersecciones debe existir una visibilidad continua a lo largo de los caminos que se cruzan para permitir a los conductores que se acercan simultáneamente, verse entre sí con la anticipación necesaria.

5.3.11 Tipos de intersecciones:

➤ **Glorietas:**

La glorieta es una la solución a nivel de una intersección vial, que se caracteriza por que las vías a las cuales da fluidez se comunican mediante un anillo en el que la circulación se efectúa en un solo sentido y alrededor de una isla central. La operación de las glorietas se basa en respetar el derecho a la vía que tienen los vehículos que están dentro de ella.

Los vehículos que van a ingresar deben esperar. Las numerosas ventajas que ofrecen las glorietas, tales como permitir un movimiento continuo y ordenado del tránsito, disminuir conflictos entre vehículos al eliminar los cruces, sobre todo en cuanto a seguridad, han llevado a los ingenieros a multiplicar este tipo de planificación en área urbana y suburbana. Algunas glorietas se construyen sin tener en cuenta que, muchas veces, otro tipo de intersección puede adaptarse mejor al problema en cuestión.

Cuándo los volúmenes de las vías no están cercanos a su capacidad y además se dispone de espacio, las glorietas constituyen una buena solución a nivel. En Latinoamérica se utilizan dos tipos de glorietas generalmente: La Glorieta convencional y la glorieta pequeña: La glorieta convencional tiene una isla central con un diámetro igual o mayor a 25 metros con tres, cuatro o más accesos, generalmente son a nivel, pero en ocasiones se utilizan a desnivel. Maneja de 3 a 5 vías y de 3000 a 5000 vehículos por hora contando con todos los accesos; La Glorieta pequeña consta de una calzada circulatoria alrededor de una isla central de menos de 25 metros de diámetro y con accesos amplios para permitir la entrada de varios usuarios. Maneja hasta 5500 vehículos por hora.

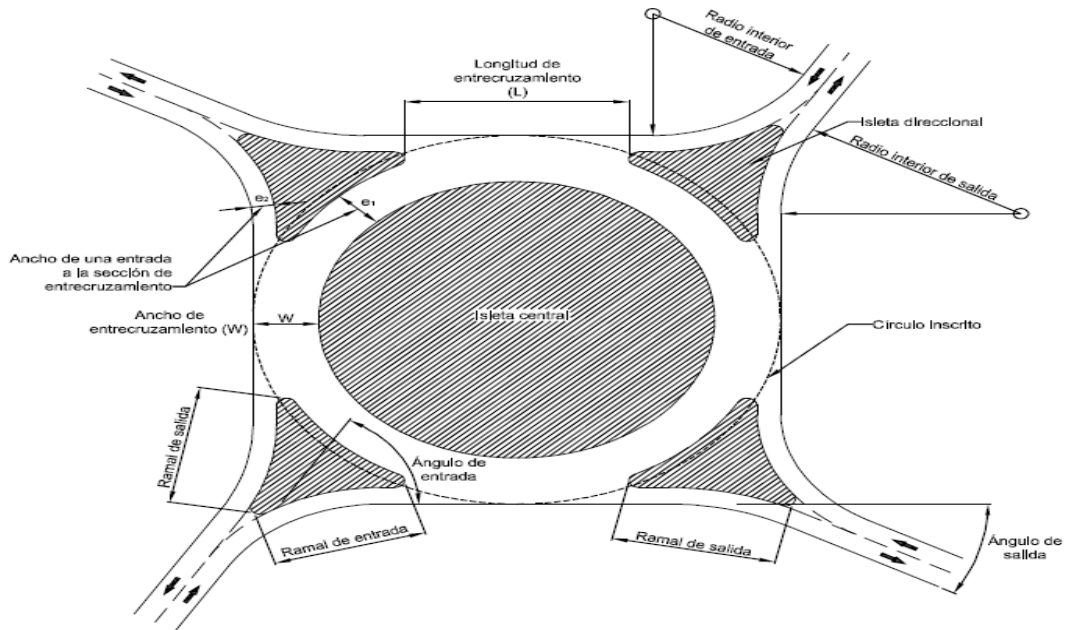
➤ **Ventajas de una glorieta:**

Una glorieta, normalmente cuesta menos que un cruce a desnivel semaforizado, que pudiera construirse en la misma área. La circulación en un solo sentido dentro de la glorieta ofrece un movimiento continuo y ordenado cuando se opera a bajos volúmenes de tránsito; Los entrecruzamientos reemplazan los cruces oblicuos de los cruces a nivel, Todas las vueltas pueden efectuarse con facilidad. Al eliminar los movimientos perpendiculares, los accidentes tienden a ser menos graves, las glorietas son especialmente adecuadas para intersecciones se 5 o más accesos.¹⁹

¹⁹ En línea]. Disponible en internet:

<http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01010502.pdf> [citado el 15 de septiembre de 2015]

Imagen 12 Esquema básico de una intersección tipo glorieta



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - INVIAS

➤ **Desventajas de una glorieta:**

Requiere áreas muy grandes en su desarrollo. Su uso se restringe a una topografía plana. Las glorietas no pueden adaptarse a la construcción por etapas; Si dos o más brazos de la glorieta se aproximan a su capacidad, esta no funcionara adecuadamente; La glorieta requiere de un buen número de señales y de un adecuado control en los enlaces de entradas y salidas para su correcto funcionamiento; La capacidad de una glorieta es inferior a la de una intersección correctamente canalizada. Algunas veces, cuando el flujo vehicular es demasiado grande y requiere mucho espacio, resultan más costosas que otras intersecciones a nivel; En algunos casos, en zonas urbanas, las glorietas operan mediante semáforos, lo que anula el principio básico de las glorietas

que es la circulación continua; Debido a que el área requerida por una glorieta, debe ser relativamente plana, el uso de ésta se ve restringido a zonas con esta topografía.

Una glorieta se debe construir cuando se cuente con el área suficiente para su construcción, en la intersección intervengan cinco o más vías, Cuando las velocidades de proyecto de las vías que se interceptan, sea del orden de 25 a 40 Kph; Las glorietas pueden ser empleadas efectivamente cuando su velocidad de proyecto se aproxima a la velocidad de marcha de los vehículos que transitan por las vías que se interceptan.

Inicialmente se debe fijar la velocidad de la glorieta y a ella ceñirse los demás parámetros de diseño. Los vehículos deben transitar a una velocidad uniforme para poder incorporarse, entrecruzarse y salir de la corriente de tránsito, desde y hacia las ramas de la intersección.

5.3.12 Clases de glorietas

Según su geometría Hay tres tipos principales de glorieta: normal, mini glorieta y doble. Las demás son variantes de estos tipos básicos: intersección anular, glorieta a distinto nivel y glorieta con semáforos.²⁰

➤ GLORIETA NORMAL

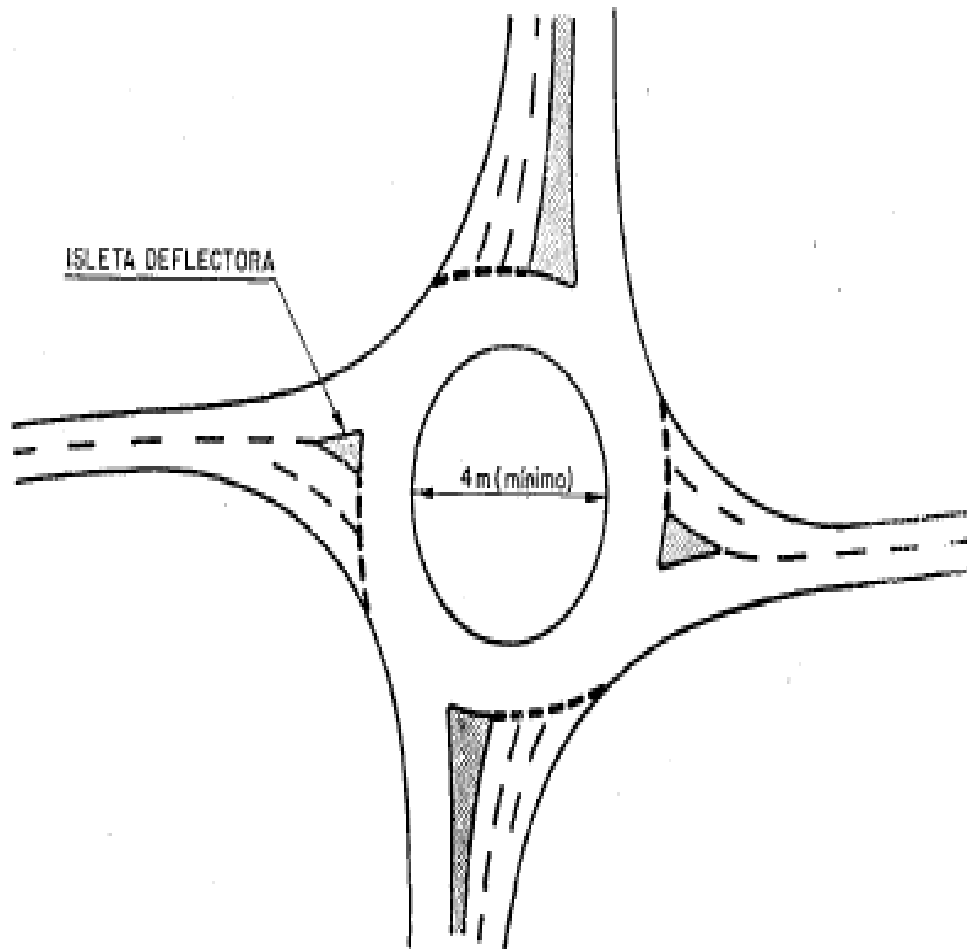
Una glorieta normal tiene una isleta central está dotada de bordillos de 4 m o más de diámetro, y generalmente entradas “abocinadas” que permiten una entrada múltiple de vehículos, el número recomendado de tramos es tres o cuatro. Las glorietas normales funcionan especialmente bien con tres tramos mejor que las intersecciones reguladas por semáforos, siempre que la intensidad de la circulación esté bien equilibrada entre los accesos. Si el número de tramos es mayor de cuatro, su comprensión por el conductor se ve afectada y la glorieta ha de ser mayor, con lo que las velocidades

²⁰ [En línea]. Disponible en internet:

<http://www.construmatica.com/construpedia/Tipos_de_Glorietas > [citado el 29 de agosto de 2015]

resultan mayores: en estas circunstancias pueden resultar más convenientes las glorietas doble.

Imagen 13 Esquema básico de una glorieta normal

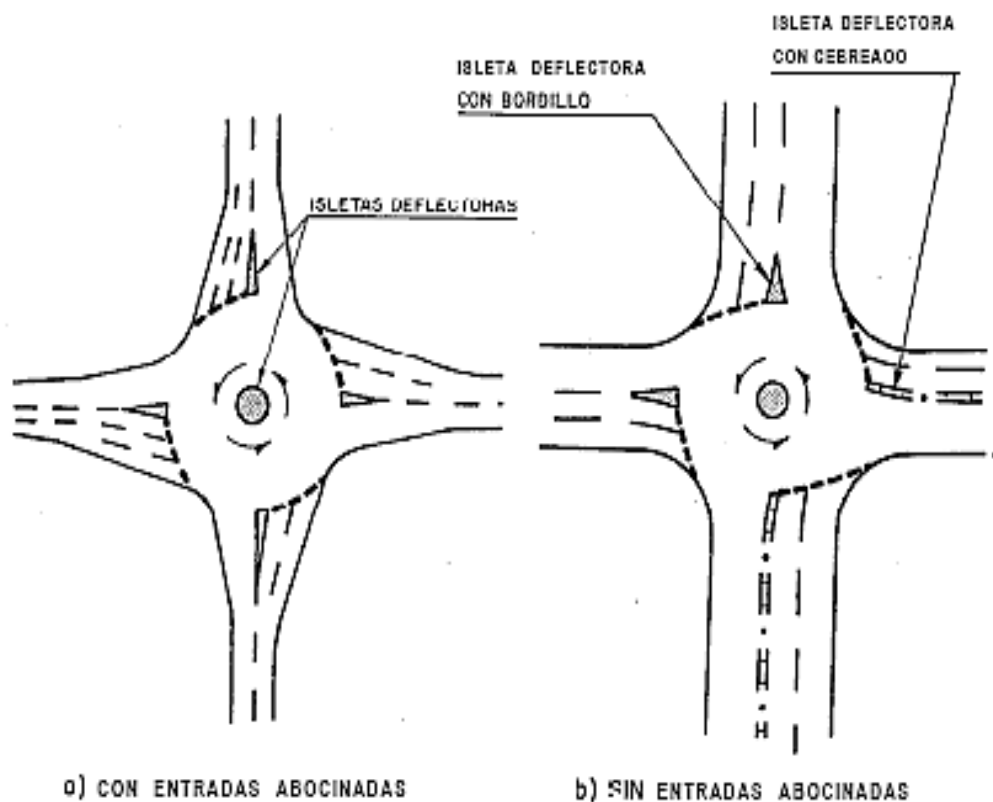


Fuente: <http://www.construmatica.com/construpedia/images/2/2f/Tiglo1.png>
Consultado 25/08/2015

➤ **Mini glorieta**

Una mini glorieta tiene una isleta circular-a nivel o ligeramente abombada- de menos de 4 m de diámetro, y entradas abocinadas o sin abocinar

Imagen 14 Esquema básico de una glorieta minio glorieta



Fuente: <http://www.construmatica.com/construpedia/images/2/2f/Tiglo1.png>
consultado 25/08/2015

Las mini glorietas pueden ser muy efectivas para mejorar intersecciones urbanas existentes con problemas de capacidad y seguridad. Sólo deben usarse si todos los accesos tienen su velocidad limitada a 50 Km/h. Donde no sea posible la inflexión de la trayectoria a la entrada por su trazado, puede lograrse, en cierto grado, mediante

marcas viales y pequeñas isletas deflectoras. Estas isletas deben liberarse de todo mobiliario excepto las señales imprescindibles.²¹

Debido a la poca distancia entre sus entradas, las mini glorietas exigen que los conductores que pretenden entrar estén muy pendientes de la presencia de otros vehículos dentro de ella, y que reaccionen rápidamente cuando se presente un hueco. En tales circunstancias los ciclistas pueden no ser percibidos, por lo que si su número es elevado la mini glorieta puede no resultar adecuada: los semáforos probablemente son una solución más conveniente desde el punto de vista de la seguridad vial.

➤ **GLORIETA DOBLE**

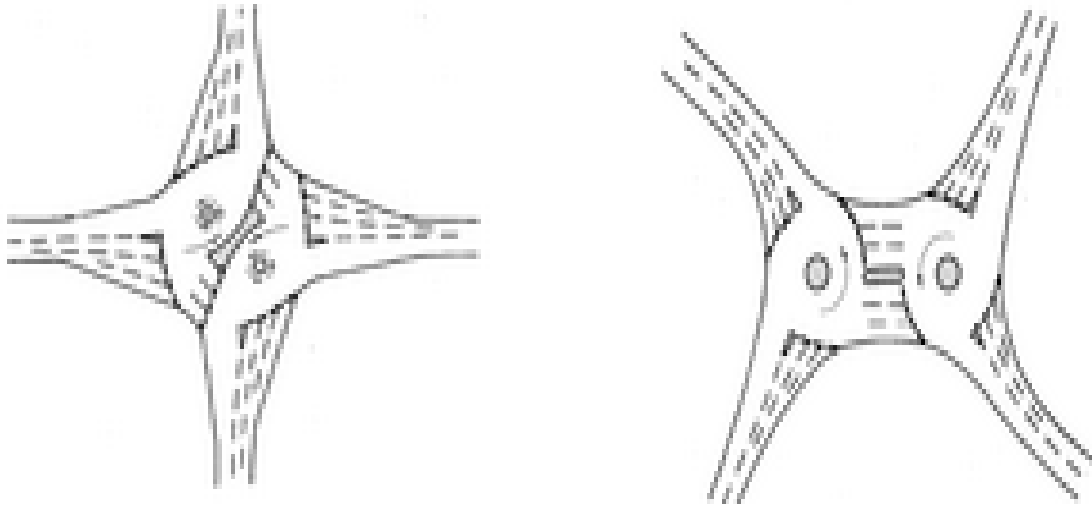
Una glorieta doble es una intersección compuesta por dos glorietas normales o mini glorietas, contiguas o conectadas por un tramo de unión o por una isleta alargada materializada por un bordillo. Las glorietas dobles pueden ser especialmente útiles.

- Para unir dos carreteras paralelas separadas por un obstáculo lineal tal como un río, un ferrocarril o una autopista.
- Para acondicionar intersecciones existentes separando giros a la izquierda opuestos con una ordenación de "giro a la indonesia".
- En intersecciones asimétricas o de planta muy enviada, en las que una intersección convencional requeriría un amplio desvío de los accesos, y una glorieta normal una excesiva ocupación.
- En glorietas normales congestionadas, porque se incrementa su capacidad al reducir la intensidad más allá de las entradas críticas.

²¹ [En línea]. Disponible en internet:

<http://www.construmatica.com/construpedia/Tipos_de_Glorietas> [citado el 29 de agosto de 2015]

Imagen 15 Esquema básico de una glorieta minio glorieta



Fuente: <http://www.construmatica.com/construpedia/images/2/2f/Tiglo1.png> 25/08/2015

5.3.13 Caracterización operacional

Dentro de la caracterización operacional de las glorietas convencionales es importante identificar dos momentos que diferencian las glorietas antiguas de las modernas; en el primer caso, dentro del que se encuentran la mayoría de glorietas en Colombia, se presentan las siguientes situaciones.

- Entrecruzamientos en la zona giratoria que ocurren en tramos muy cortos y que conllevan a múltiples puntos de conflicto.
- La zona giratoria se congestiona rápidamente; este problema se corrigió al construir glorietas con mayor diámetro, lo que provoca que los conductores desarrollen mayores velocidades, requiriendo obras e intervenciones mucho más costosas.

- La gravedad de los accidentes ocurridos es alta, debido a las velocidades que se pueden desarrollar. En el segundo caso, en las glorietas modernas (glorietas tipo espiral y turbo glorietas) se presentan las siguientes situaciones²².
- Los puntos de conflicto se localizan en puntos específicos de la intersección al empalmar los ramales a, prácticamente, 90° de la glorieta, favoreciendo la visibilidad.
- Se establece un derecho de vía que da la prelación a los vehículos que circulan por la calzada circular (elíptica en algunos casos) y, adicionalmente, los vehículos van a ingresar a la zona giratoria deben tomar previamente el carril que los llevará a su destino, sin posibilidad de cambiar dicho carril dentro de la glorieta.

Estas dos condiciones de operación conllevan a:

- Glorietas más pequeñas con mayor capacidad.
- Bajas velocidades y menos accidentes graves.

5.3.14 Metodologías y softwares existentes para la evaluación técnica y operativa

Actualmente, se cuenta con varias metodologías para el análisis de capacidad y nivel de servicio en glorietas, cada una asociada a parámetros geométricos, características y composición de los vehículos que conforman la demanda, velocidad de operación, número de carriles por ramal y de la calzada circular, brecha mínima y tiempo de seguimiento, entre otras variables. Algunas de estas metodologías cuentan con un software asociado; también algunos programas permiten la simulación de la operación de las glorietas mediante la configuración de la geometría y el ingreso de las variables y parámetros ya mencionados. La gama de programas de computador, disponibles en el

²² Ibid., p. 40

presente, que permiten modelar glorietas o sus variaciones es amplia; una revisión preliminar permite mencionar los siguiente²³.

5.4 MARCO LEGAL

De acuerdo con el mandato establecido en el artículo 4, parágrafo 1 de la Ley 769 de 2002 el Ministerio de Transporte, como órgano rector del tránsito y transporte a nivel nacional, asume la labor tanto de formular el Plan Nacional de Seguridad Vial para el período comprendido entre 2013 a 2021, como de liderar todo el proceso de implementación de las acciones en el contenidas²⁴.

Al respecto, es necesario indicar que este Plan Nacional responde a un proceso de ajuste del Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016, dadas las debilidades encontradas y comentadas por diversos actores y agentes públicos y privados en la vigencia 2012, durante su fase de implementación. Por esta razón, el Ministerio de Transporte decide, en el primer semestre de 2013, adelantar diversas actividades para ajustar dicho Plan.

Uno de los aspectos relevantes a ajustar era el período de referencia, dado que este se había propuesto a muy corto plazo, hasta el 2016, y varias de las acciones tienen una vigencia mayor para su realización. Por esta razón, el PNSV se acoge al período estipulado en el Plan Decenal de Salud 2012 – 2021, dado que este último ha incluido la seguridad vial dentro de su agenda, priorizándolo como un problema de salud pública que debe ser abordado de forma holística, en coherencia con los objetivos e intereses que ha trazado el Plan Nacional de Seguridad Vial. De esta forma, el PNSV 2013-2021

²³ [En línea]. Disponible en internet:

<<http://www.bdigital.unal.edu.co/3966/1/02300078.2010.pdf>> [citado el 29 de septiembre de 2015]

²⁴ En línea]. Disponible en internet:

<<http://file:///C:/Users/win7/Downloads/RESOLUCION%200002273-2014.pdf>> [citado el 15 de mayo de 2015]

se presenta como un plan a mediano plazo, que compromete más de un periodo de gobierno, y que permite hacer propuestas estratégicas de mayor alcance, para el cumplimiento de sus objetivos²⁵.

En la ley 336 de 1996 en el capítulo octavo especifica el tema de seguridad, relacionando la operación del sistema de transporte con el tránsito, trazando lineamientos claros y concisos con varios aspectos que coinciden directamente con la seguridad en la movilidad de las personas.

- Resolución 1375 del 26 de mayo de 2014
- Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014
- Resolución 001049 del 11 de abril de 2013
- Resolución 2566-2567 del 16 de julio de 2010.
- Decreto 323 de 1992. Por el cual se reglamentan las zonas viales de uso público en lo referente a las áreas para el sistema vial general y para el transporte masivo, la red vial local de las urbanizaciones y el equipamiento vial.
- Ley 361 de 1997. Por el cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1504 de 1998. Por el cual se reglamenta el manejo del espacio público en los planes de ordenamiento territorial.
- Decretos 1003 de 2000, 379 de 2002 y 602 de 2007, por los cuales se reglamenta la Cartilla de Andenes.
- Ley 769 de 2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre.

²⁵ [En línea]. Disponible en internet:

< <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=346>> [citado el 30 de mayo de 2015

- Decreto 279 de 2003. Por el cual se reglamentan los puentes peatonales en el Distrito Capital.
- Decreto 1660 de 2003. Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte de la población en general y en especial de las personas con discapacidad.
- Decreto 327 de 2004. Por el cual se reglamenta el Tratamiento de Desarrollo Urbanístico en el Distrito Capital.
- Resolución 1050 de 2004. Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Cicloramas de Colombia, de conformidad con los artículos 5°, 113, 115 y el parágrafo del artículo 101 de la Ley 769 del 6 de agosto de 2002.
- Decreto 215 de 2005. Por el cual se adopta el Plan Maestro de Espacio Público para Bogotá Distrito Capital, y se dictan otras disposiciones.²⁶
- Decreto 1538 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 361 de 1997.
- Decreto 319 de 2006. Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 470 de 2007. Por el cual se adopta la Política de Discapacidad para el Distrito Capital.

²⁶ [En línea]. Disponible en internet:

< http://www.idu.gov.co/documents/20181/362981/guia_diseno_vias_urbanas_bogota.pdf/07dd825f-795f-49e0-b07a-4c497afa6ba4> [citado el 30 de mayo de 2015

- Decreto 603 de 2007. Por el cual se actualiza la “Cartilla de Mobiliario Urbano de Bogotá D.C.”, adoptada mediante Decreto Distrital 170 de 1999, y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 596 de 2007. Por el cual se señalan las reglas para la exigencia, realización y presentación de estudios de movilidad, de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos en el Distrito Capital.
- Decreto 470 de 2007. Por el cual se adopta la política de discapacidad para el distrito capital. NTC 4279, 4695, 4774, 4902, 4904: Accesibilidad al medio físico.
- Ley 1239 de 2008. Por medio de la cual se modifican los artículos 106 y 107 de la Ley 769 del 2 de agosto de 2002 y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 000744 de 2009. Por la cual se actualiza el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia.
- Resolución 4374 de 2010: Por la cual se adopta el Manual de Gestión Integral de Proyectos de infraestructura vial y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 798 de 2010. Por medio del cual se reglamenta parcialmente la Ley 1083 de 2006.
- Decreto 397 de 2010. Por el cual se adopta el Plan Distrital de Seguridad Vial para Bogotá, Distrito Capital.
- NTC 4279, 4695, 4774, 4902, 4904. Accesibilidad al medio físico.²⁷

²⁷ Ibid., p. 45

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo experimental, puesto que la investigación contiene variables numéricas, se realizaron aforos de tránsito vehicular, se modeló la intersección por medio de un software de micro simulación, de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali, y se obtuvo como resultado el diseño de la glorieta en este cruce, comparando el antes y el después del diseño y se comprobó la viabilidad del proyecto de investigación

6.2 ENFOQUE METODOLÓGICO

La investigación realizada es de enfoque mixto, se utilizaron variables cuantitativas y cualitativas sobre el diseño de infraestructura vial y peatonal para la intersección de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali, en el cual se recolecta la información necesaria y a través de ella buscar que nuestro diseño sea óptimo en todas las condiciones del flujo vehicular y peatonal de nuestra zona de estudio.

6.3 FASES

Tabla 4 Fases de la Investigación

FASE 1	FASE2	FASE 3
<p>En esta fase se identificó toda la problemática vial que se presenta en la intersección de la Av. calle 72 por Av. ciudad de Cali por medio de aforos vehiculares obtenidos en la Unidad de Mantenimiento Vial (UMV).</p> <p>Se recopilo toda la información preliminar por medio de los esquemas de ordenamiento territorial, normatividad, recolección de datos en entidades distritales o privadas.</p> <p>Se elaboraron diferentes mapas como: Mapa límite de reserva vial, Mapa geología regional sabana de Bogotá y Mapa de estratificación.</p>	<p>En esta fase se realizó el análisis de la información recolectada para modelar el tráfico vehicular en el software Vissim 7.0 en el escenario actual trafico actual, escenario actual con trafico futuro proyectado a 5 años (2020) y escenario actual con trafico futuro proyectado a 10 años (2025), además se plantearon 2 opciones de 2 glorietas para la intersección con trafico actual y trafico futuro proyectado a 10 años (2025), con el que se obtuvieron los resultados del análisis para escoger la mejor alternativa que mitigue los problemas de las intersección.</p>	<p>En esta fase se consolido toda la información y se realizó el diseño geométrico de la glorieta con deprimido en Auto Cad Civil 3D (2015).</p>

Fuente: Propia

6.4 INSTRUMENTOS

Una vez finalizado el proyecto toda la información recolectada como aforos de vehículos, encuestas de socialización y diseños propuestos, podrán ser utilizadas por cualquier entidad del distrito o del estado, para que sea tenida en cuenta como posible solución de la zona en estudio, más aun cuando se plantea el paso del Transmilenio y del sistema integrado de transporte, por la intersección.

Para la ejecución de nuestro proyecto utilizamos los siguientes software.

- **Software Word 2010**
- **Software Excel 2010**
- **Software AutoCAD Civil 2015**

CivilCAD, creado por ARQCOM, es el software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de AutoCAD® Full, BricsCAD PRO/Platinum y ZWCAD+, cubriendo diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana; utilizado por dependencias de gobierno, constructoras y universidades.

Con CivilCAD, puede obtener rápidamente perfiles, secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en plataformas y vialidades, cuadros de construcción, subdivisión de polígonos, entre otras más de 100 rutinas útiles²⁸.

- **Software vissim 7.0**

Con PTV Vissim, puede simularse la situación del tráfico a la perfección, tanto la comparación de operar con distintos tipos de intersecciones como el análisis de

²⁸ [En línea]. Disponible en internet:
<<http://civilcad.com.mx/civilcad/>> [citado el 15 de Octubre de 2015]

implementar medidas de prioridad al transporte público o el impacto de un distinto plan de semaforización. PTV Vissim, como software líder mundial para la simulación microscópica del tráfico, en un solo modelo permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional. Para ello, los modelos de comportamiento vehicular, científicamente desarrollados y validados, proporcionan una simulación realista de todos los agentes.

El software ofrece una gran flexibilidad en múltiples aspectos: el concepto de arcos y conectores permite que los usuarios modelen geometrías de cualquier tipo, por muy complejas que sean. Las características de conductores y vehículos permiten una parametrización individual. Además, gracias a la gran variedad de interfaces se pueden integrar sin dificultades otros sistemas de control semafórico, gestión del tráfico, o modelos de emisiones²⁹.

²⁹ [En línea]. Disponible en internet:
<http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/citado el 15 de Octubre de 2015]

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La investigación formula una metodología donde se evaluó operativamente la intersección semaforizada de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali y se implementó una glorieta, como solución a los altos volúmenes de flujo vehicular.

Para lograr este objetivo se realizó un estudio que involucra variables geométricas, indicadores operacionales y técnicas de toma de información primaria y secundaria, regulada por un cruce clásico y en la que se propone implementar una glorieta, en concordancia con los resultados obtenidos.

7.1 SELECCIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO

Los criterios de selección del punto en donde se realizó el estudio, parten de las especificaciones generadas por estudios previos, en cuanto a volúmenes vehiculares máximos y puntos de alto congestionamiento vial y es el caso de la intersección de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali, donde se vive a diario largas filas de vehículos en los 4 accesos de este cruce. Por esta razón en este punto fue viable aplicar el estudio y diseño de infraestructura vial. Tal como se ilustra en la imagen 16

Imagen 16 Punto de Estudio



Fuente: Google earth

7.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO

Este registro fotográfico se realizó el 10 de agosto del 2015 entre las 7:30 a 9:30 am en la intersección de la avenida calle 72 por avenida ciudad de Cali, antes y después de la restricción de pico y placa, de esta manera se evaluó y se evidencio el impacto negativo actual de dicha intersección debido a que su diseño no abastece la necesidades y la demanda que actualmente se tiene en este cruce. También se hizo una inspección de señalización horizontal y se encontró muy deteriorada debido a que en tramos de la intersección no se ve el encarrilamiento de las señales, esto también influye para que en este punto de estudio no sea eficiente y se presente mucha congestión. Como se evidencia en la fotografías

Foto 1 Panorámica de la intersección



Fuente: Propia

Foto 2 Congestión vehicular calle72 E-W



Fuente: Propia

Foto 3 Congestión vehicular calle72 W-E



Fuente: Propia

Foto 4 Congestión vehicular calle72 W-E



Fuente: Propia

Foto 5 Congestión av. ciudad de Cali N-S



Fuente: Propia

Foto 6 Congestión vehicular calle72 W-E



Fuente: Propia

Foto 7 Congestión av. ciudad de Cali S-N



Fuente: Propia

Foto 8 Congestión av. ciudad de Cali S-N



Fuente: Propia

7.3 ESTUDIOS PRELIMINARES

En este capítulo se reconoció todos los trabajos preliminares, que son todos aquellos estudios, exploraciones, faenas o trabajos de reconocimiento de terreno que deben realizarse para obtener todos los datos o antecedentes necesarios, ya sea para confeccionar el proyecto y los diseños para el estudio del programa de trabajo, a continuación se hace una descripción de todos los trabajos preliminares que necesitamos para el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

- Localización general (ver archivo digital anexo A)
- Mapa geología regional sabana de Bogotá (ver archivo digital anexo B)
- Plano red de acueducto (ver archivo digital anexo C)

- Plano red de alcantarillado (ver archivo digital anexo D)
- Mapa de estratificación (ver archivo digital anexo E)
- Límite de intervención vial (ver archivo digital anexo F)
- Volumen de tránsito (ver archivo digital anexo G)

7.4 PROYECCIÓN VEHICULAR

Para la proyección del tráfico vehicular (TF) que pasa por la intersección de la Avenida Calle 72 por Avenida Ciudad de Cali, se tuvo en cuenta el porcentaje de la proyección de vehículos por año (Tabla 5) y el tráfico actual (TA), tomado de los aforos hechos por UMV y UNAL.

Tabla 5 Proyección de tráfico a futuro por año

Año	Escenario Bajo Básico	Año	Escenario Bajo Básico
2009	2.1%	2018	1.0%
2010	2.1%	2019	1.0%
2011	1.9%	2020	1.0%
2012	1.8%	2021	0.8%
2013	1.8%	2022	0.8%
2014	1.7%	2023	0.8%
2015	1.7%	2024	0.6%
2016	1.6%	2029	0.6%
2017	1.2%	2030	0.6%

Fuente: Información extraída del Estudio para la definición de estrategias y zonas de reserva para las Intersecciones del Plan Vial del POT de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados S.C. 2006. Tomo I, Capítulo II, Pág. 2-1.

En donde i es el porcentaje de crecimiento por año y (n) el número de años a determinar, como se expresa en la siguiente fórmula.

Ecuación 1 Tráfico Futuro

$$TF = TA(1+i)^n$$

Fuente: Propia

A partir de dicho cálculo numérico se obtuvieron las proyecciones de tráfico por acceso a la intersección para 5 años (2020) y 10 años (2025), como se demuestra en la siguiente **Tabla 6**:

Tabla 6 Proyección de tráfico a 5 y 10 años

ACCESO NORTE		
MIXTOS ACTUAL	MIXTOS 5 AÑOS (2020)	MIXTOS 10 AÑOS (2025)
2083	2990	5968

ACCESO SUR		
MIXTOS ACTUAL	MIXTOS 5 AÑOS (2020)	MIXTOS 10 AÑOS (2025)
2186	3138	6263

ACCESO OCCIDENTE		
MIXTOS ACTUAL	MIXTOS 5 AÑOS (2020)	MIXTOS 10 AÑOS (2025)
1278	1835	3662

ACCESO ORIENTE		
MIXTOS ACTUAL	MIXTOS 5 AÑOS (2020)	MIXTOS 10 AÑOS (2025)
2144	3078	6143

Fuente: Propia

7.5 MODELACIÓN POR MOVIMIENTO

Tabla 7 Movimientos analizados

N° MOVIMIENTO	MOVIMIENTO	ANEXOS
1	AV. CALLE 72 O-W @ AV. CALI N-S	Ver archivo digital modelación movimiento N°1 ANEXO H
2	AV. CALLE 72 O-W @ AV. CALLE 72 W-O	Ver archivo digital modelación movimiento N°2 ANEXO I
3	AV. CALLE 72 O-W @ AV. CALLE 72 O-W	Ver archivo digital modelación movimiento N°3 ANEXO J
4	AV. CALLE 72 O-W @ AV. CALI S-N	Ver archivo digital modelación movimiento N°4 ANEXO K
5	AV CALI S-N @ AV CALI N-S	Ver archivo digital modelación movimiento N°5 ANEXO L
6	AV. CALI S-N @ AV. CALLE 72 W-O	Ver archivo digital modelación movimiento N°6 ANEXO M
7	AV. CALI S-N @ AV. CALLE 72 O-W	Ver archivo digital modelación movimiento N°7 ANEXO N
8	AV CALI S-N @ AV CALI S-N	Ver archivo digital modelación movimiento N°8 ANEXO Ñ
9	AV CALI N-S @ AV CALI N-S	Ver archivo digital modelación movimiento N°9 ANEXO O
10	AV. CALI N-S @ AV. CALLE 72 W-O	Ver archivo digital modelación movimiento N°10 ANEXO P
11	AV. CALI N-S @ AV. CALLE 72 O-W	Ver archivo digital modelación movimiento N°11 ANEXO Q
12	AV CALI N-S @ AV CALI S-N	Ver archivo digital modelación movimiento N°12 ANEXO R
13	AV. CALLE 72 W-O @ AV. CALI N-S	Ver archivo digital modelación movimiento N°13 ANEXO S
14	AV. CALLE 72 W-O @ AV. CALLE 72 W-O	Ver archivo digital modelación movimiento N°14 ANEXO T
15	AV. CALLE 72 W-O @ AV. CALLE 72 O-W	Ver archivo digital modelación movimiento N°15 ANEXO U
16	AV. CALLE 72 W-O @ AV. CALI S-N	Ver archivo digital modelación movimiento N°16 ANEXO V

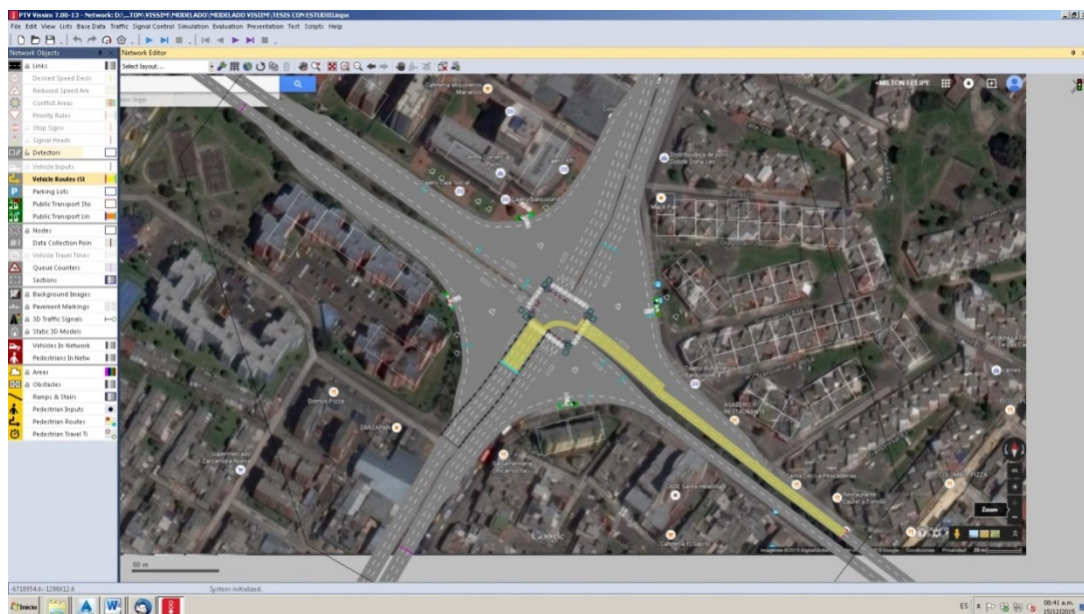
Fuente: Propia

Para cada uno de los movimientos planteados en las propuestas de diseño e intersección actual, se realizaron análisis para cada uno de los movimientos nuevos y existentes que permitieron tener una visión lo más acertada a la realidad, para determinar la opción más viable en temas como:

- Longitud de cola
- Longitud de cola máxima
- Emisiones de CO2
- Emisiones de NOx
- Velocidad promedio
- Número de Vehículos en circulación
- Media de retraso detenido
- Media de retraso de vehículos

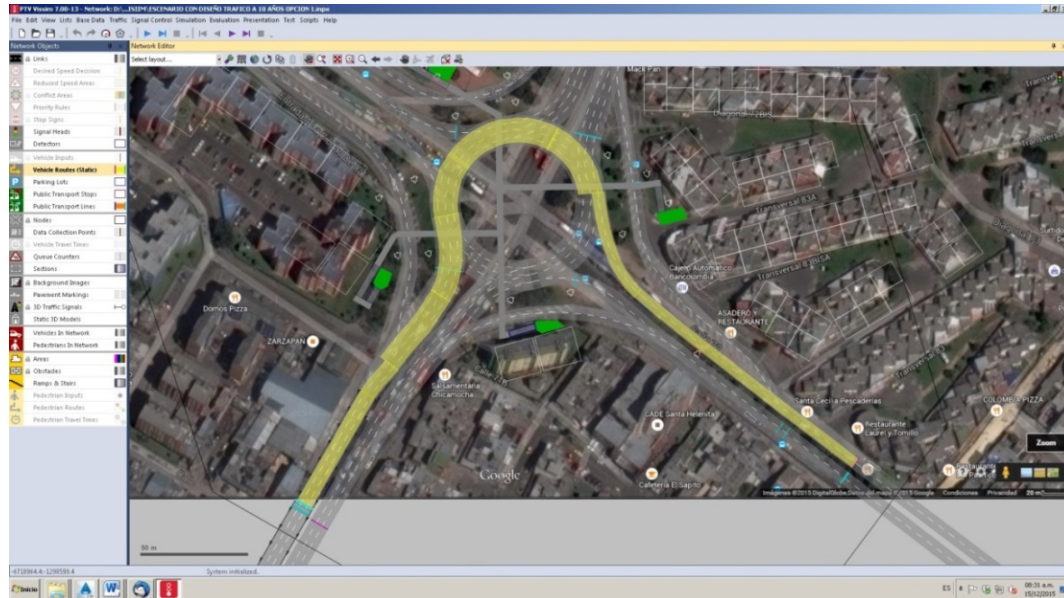
7.5.1 Movimiento N°1 Av. Calle 72 O-W @ Av. Cali N-S

Imagen 17 Movimiento N°1 intersección actual



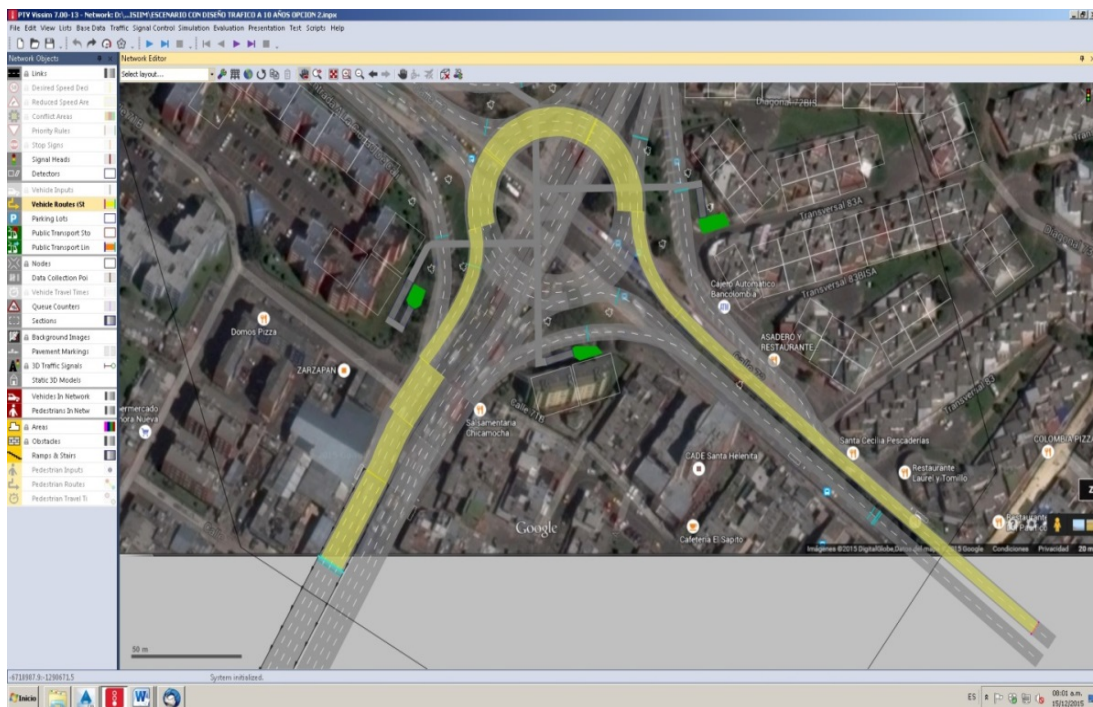
Fuente: Propia

Imagen 18 Movimiento N°1 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

Imagen 19 Movimiento N°1 Glorieta a desnivel con deprimido

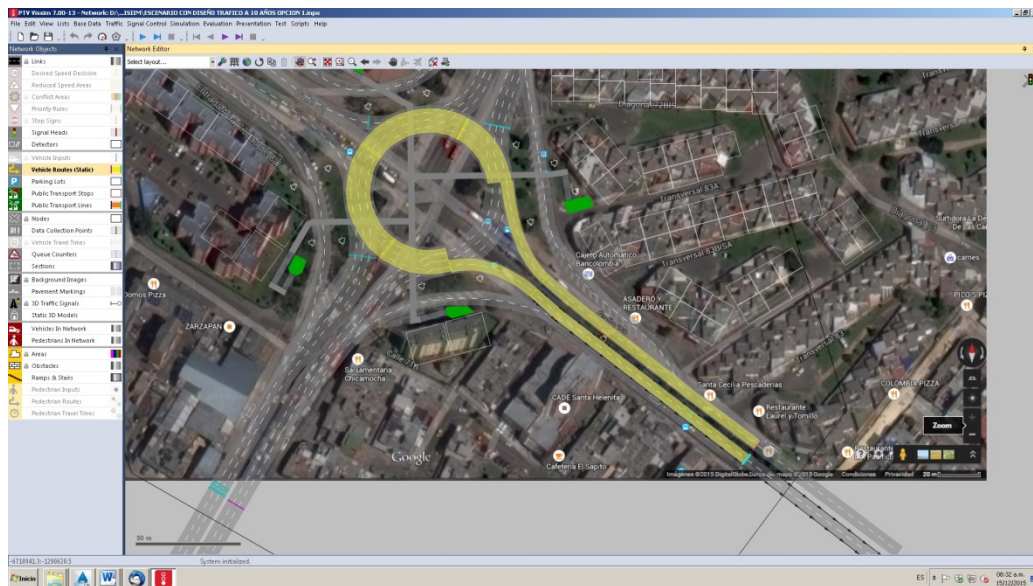


Fuente: Propia

7.5.2 Movimiento N°2 Av. Calle 72 O-W @ Av. Calle 72 W-O

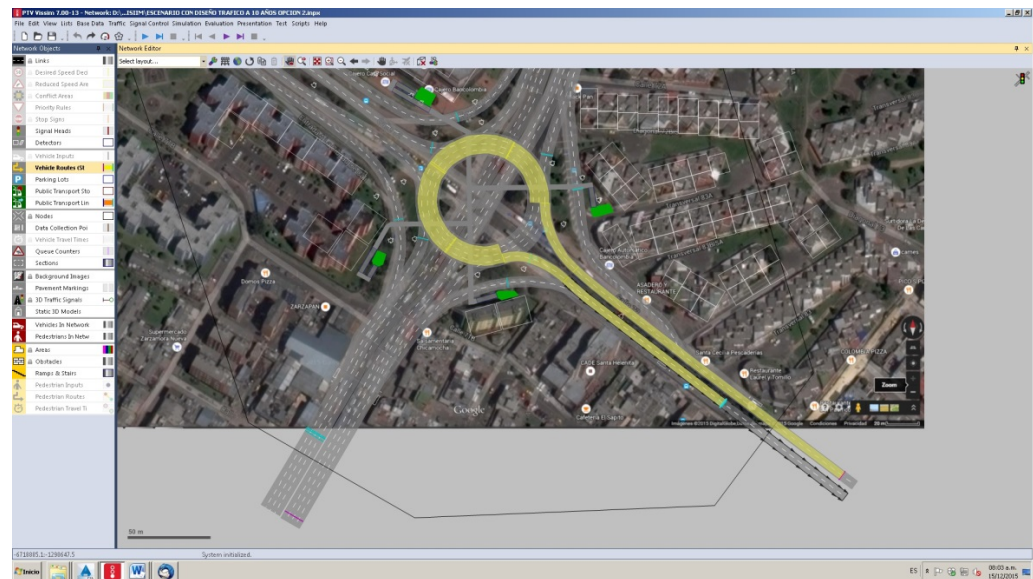
En la intersección actual no se tiene contemplado este movimiento por tal motivo no fue tenido en cuenta dentro de los resultados.

Imagen 20 Movimiento N°2 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

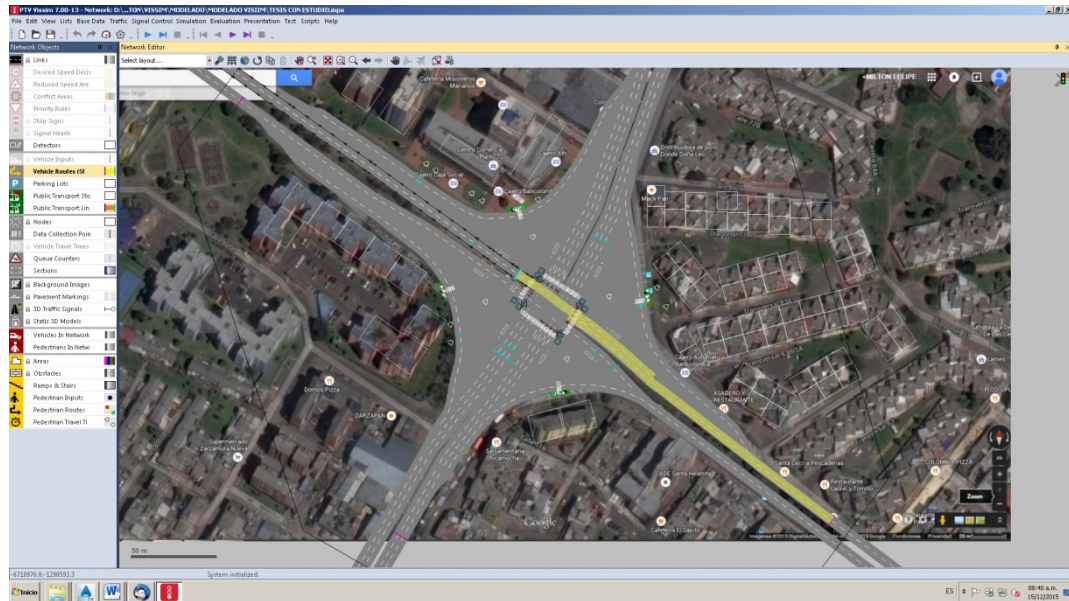
Imagen 21 Movimiento N°2 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

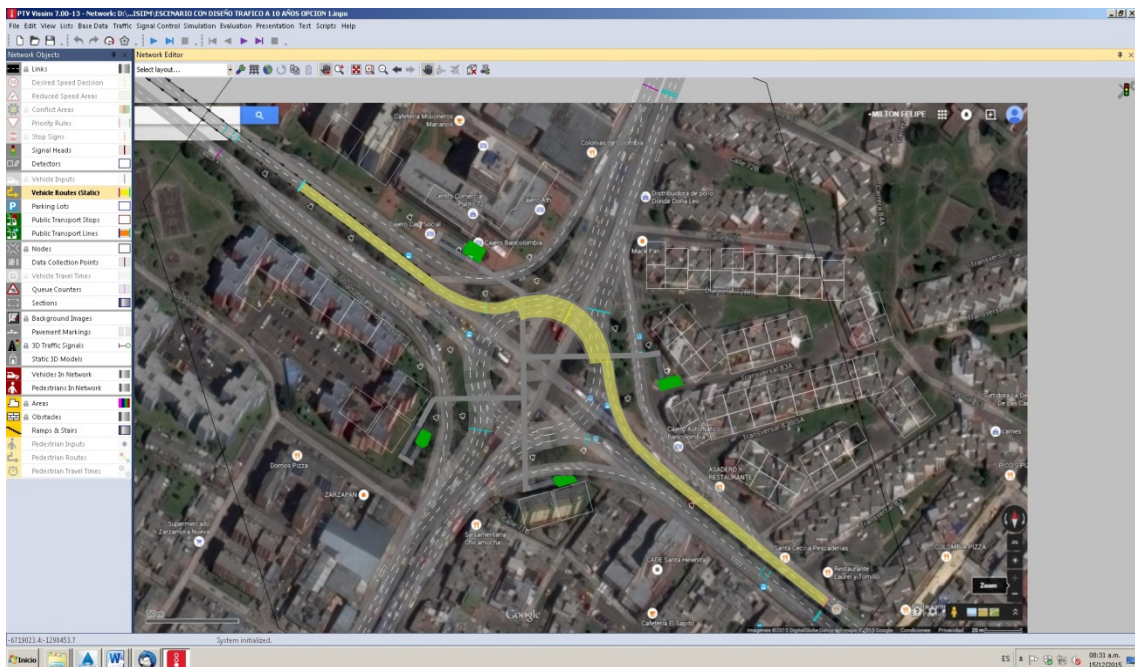
7.5.3 Movimiento N°3 Av. Calle 72 O-W @ Av. Calle 72 O-W

Imagen 22 Movimiento N°3 Intersección actual



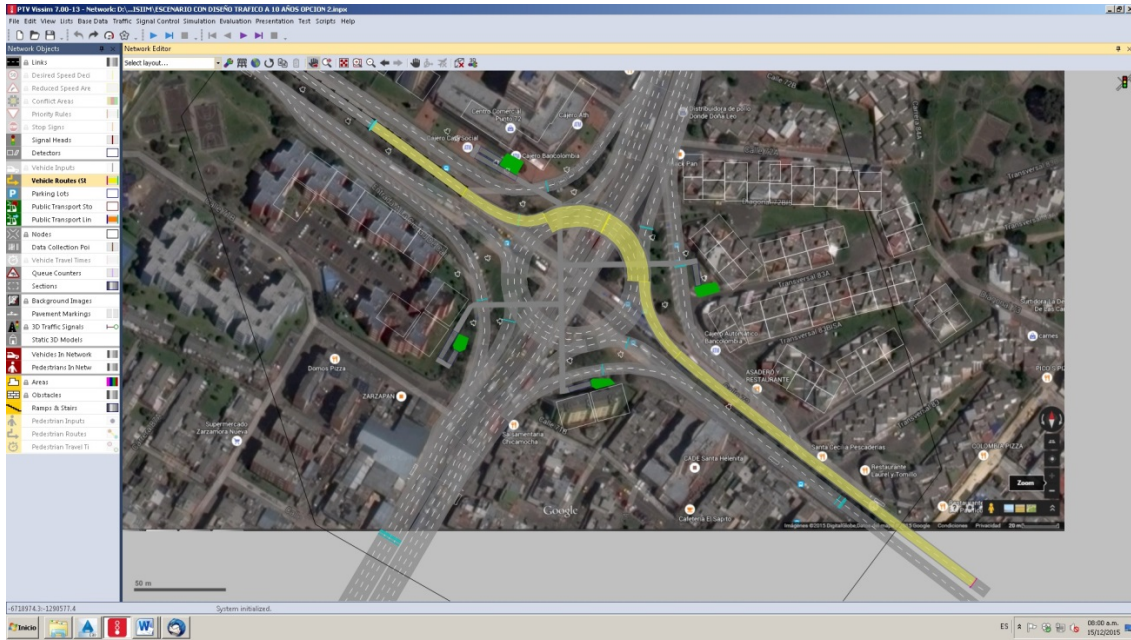
Fuente: Propia

Imagen 23 Movimiento N°3 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

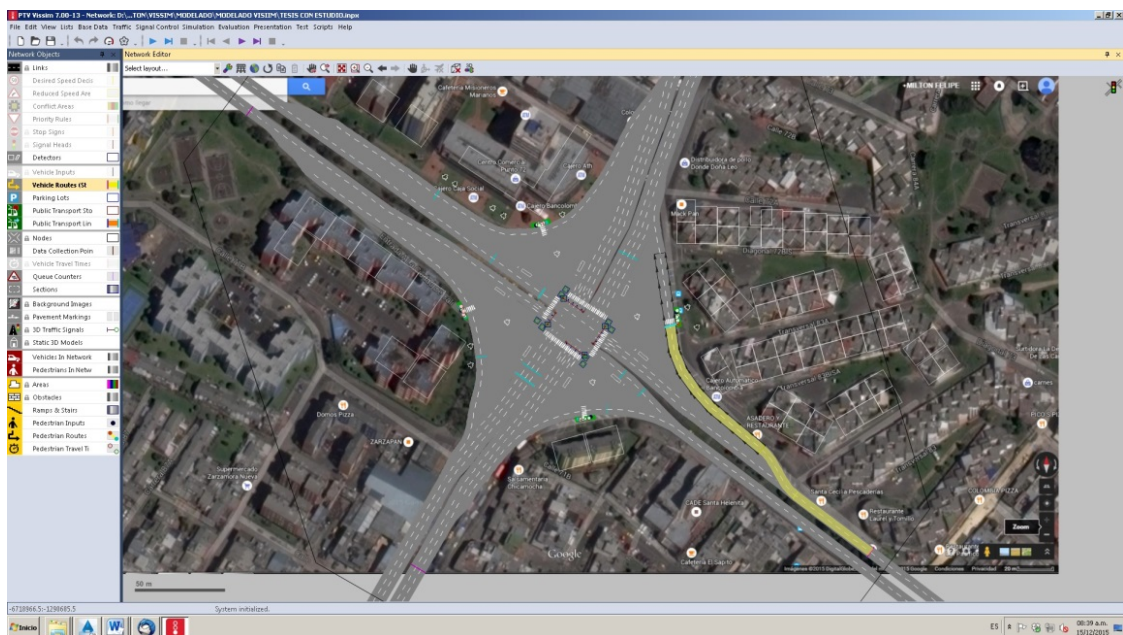
Imagen 24 Movimiento N°4 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: propia

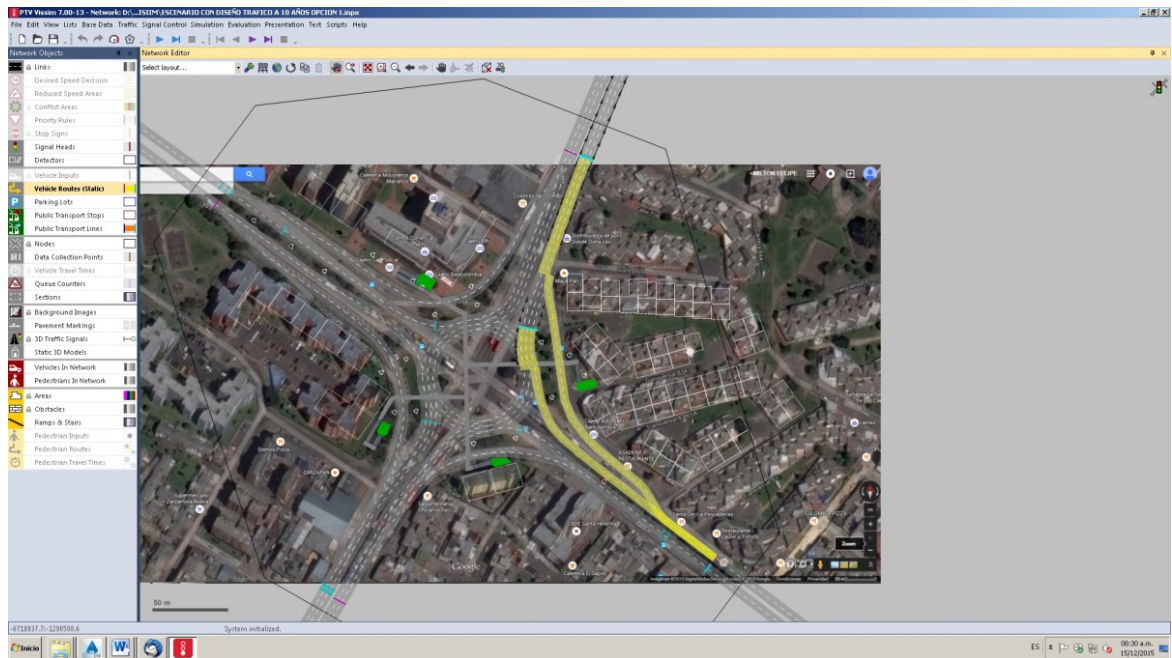
7.5.4 Movimiento N°4 Av. Calle 72 O-W @ Av. Calif S-N

Imagen 25 Movimiento N°4 Intersección actual



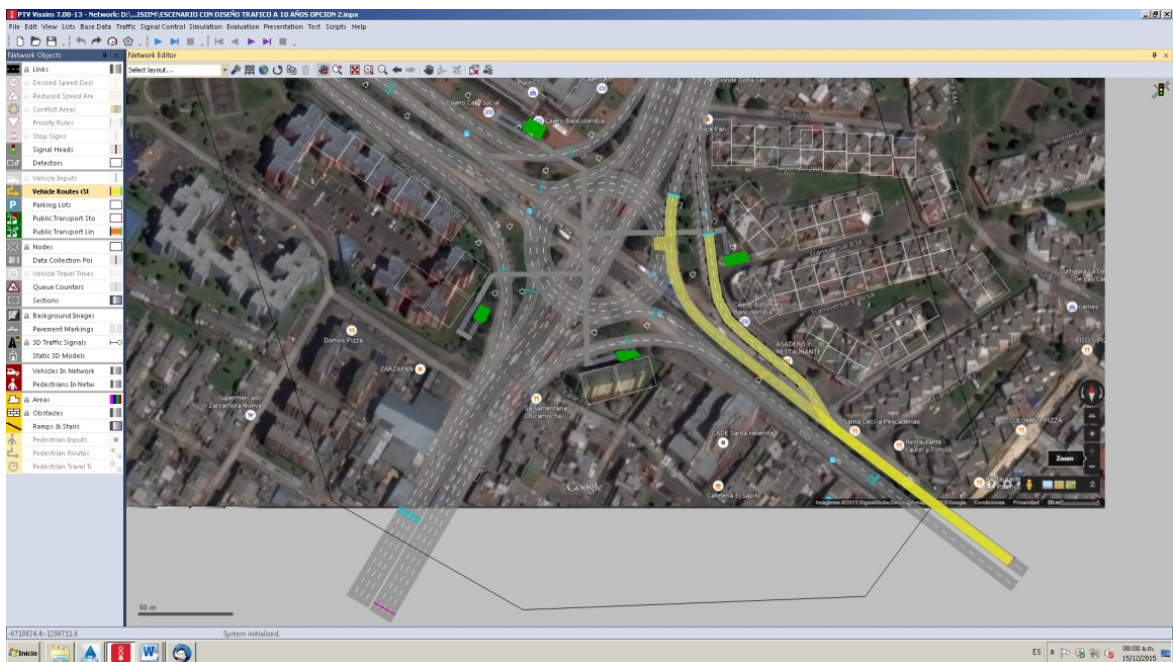
Fuente: Propia

Imagen 26 Movimiento N°4 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

Imagen 27 Movimiento N°4 Glorieta a desnivel con deprimido

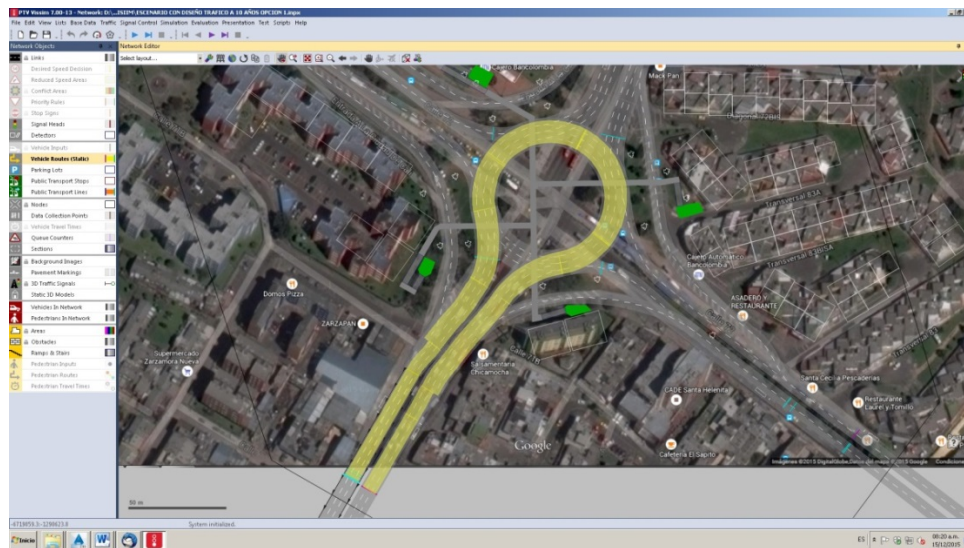


Fuente: Propia

7.5.5 Movimiento N°5 Av. Cali S-N @ AV Cali N-S

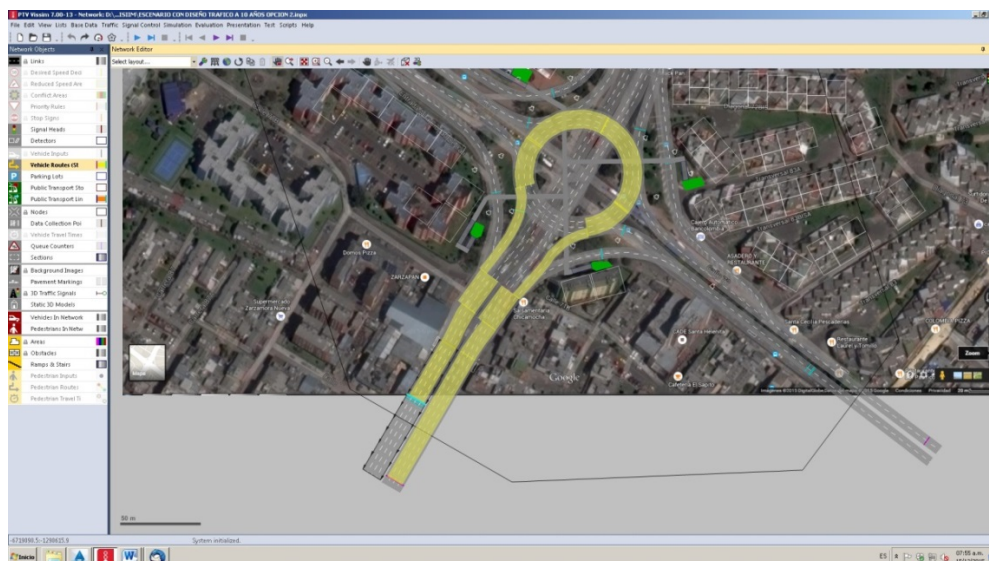
En la intersección actual no se tiene contemplado este movimiento por tal motivo no fue tenido en cuenta dentro de los resultados.

Imagen 28 Movimiento N°5 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

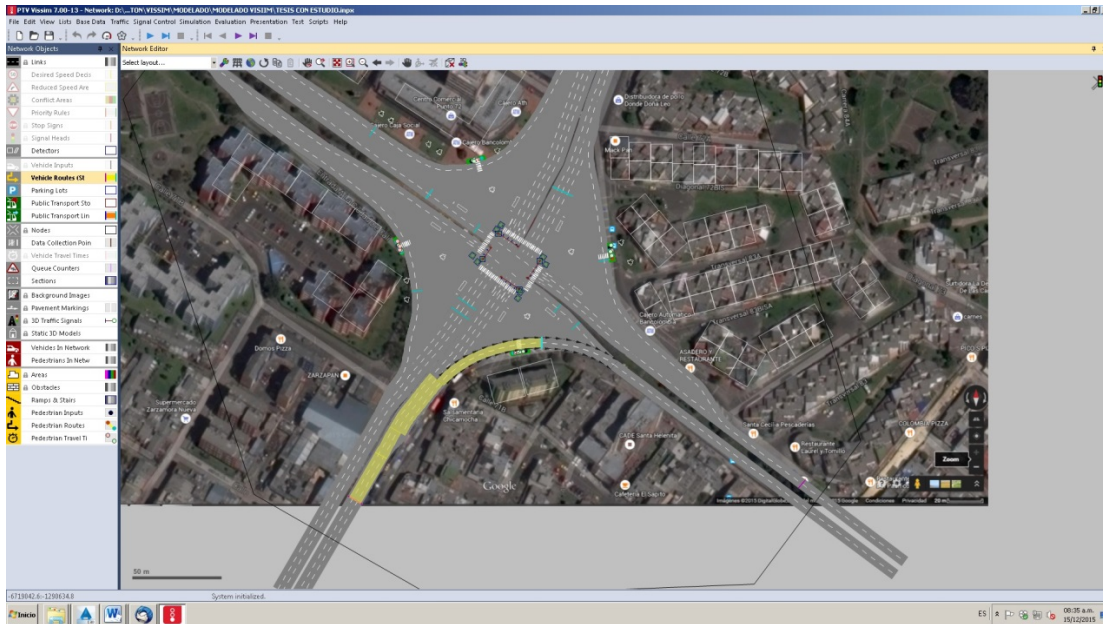
Imagen 29 Movimiento N°4 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

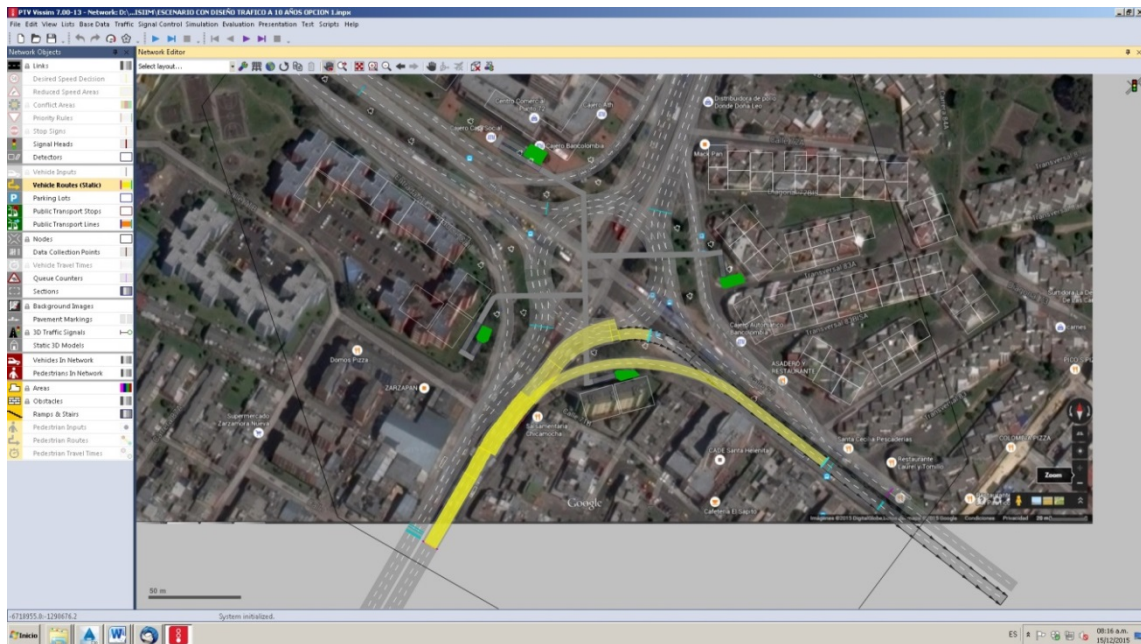
7.5.6 Movimiento N°6 Av. Cali S-N @ Av. Calle 72 W-O

Imagen 30 Movimiento N°6 Intersección actual



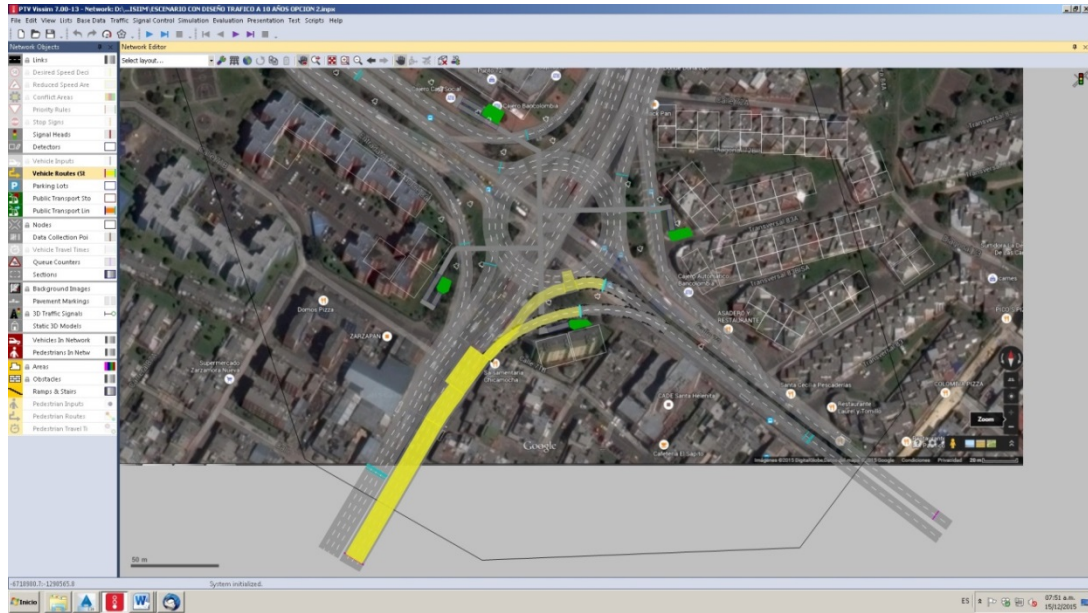
Fuente: Propia

Imagen 31 Movimiento N°6 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

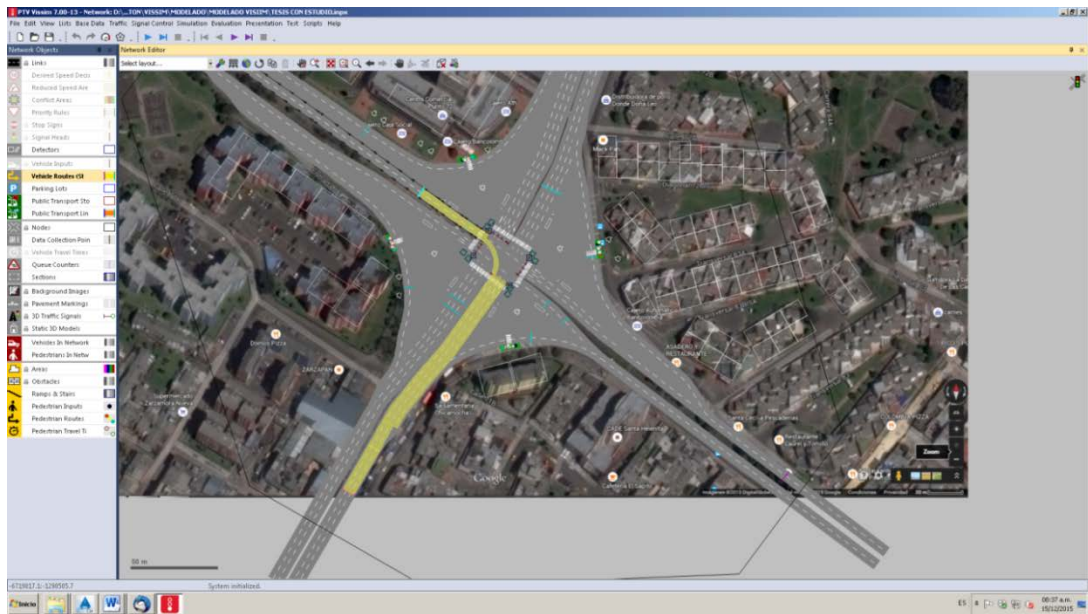
Imagen 32 Movimiento N°6 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

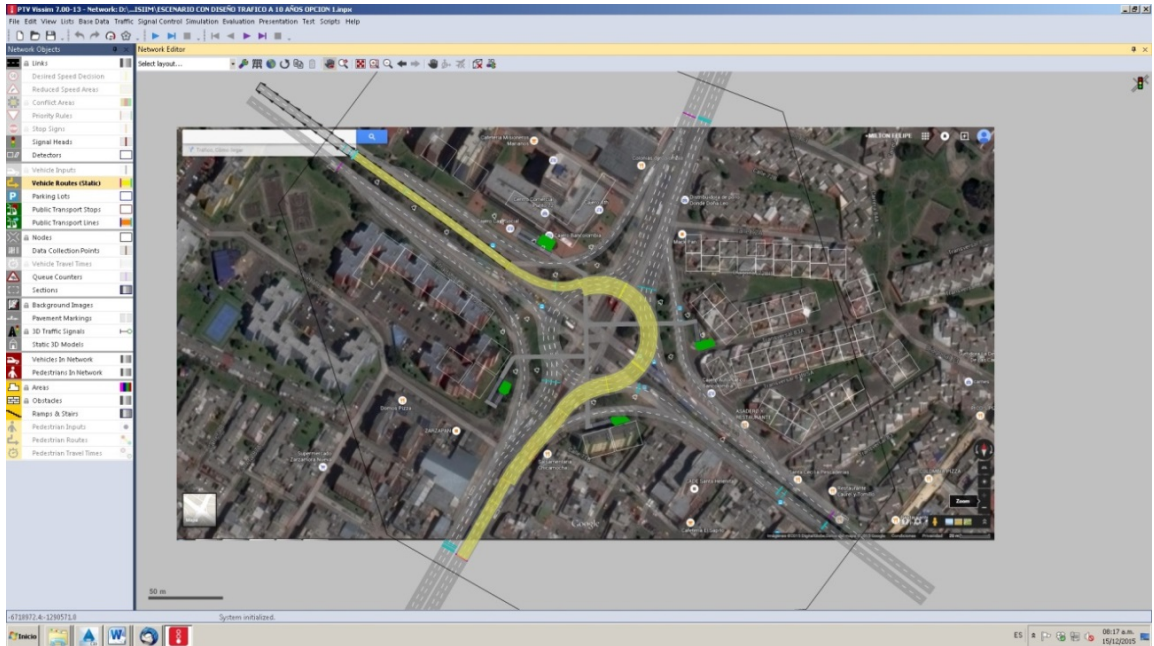
7.5.7 Movimiento N°7 Av. Cali S-N @ Av. Calle 72 O-W

Imagen 33 Movimiento N°7 Intersección actual



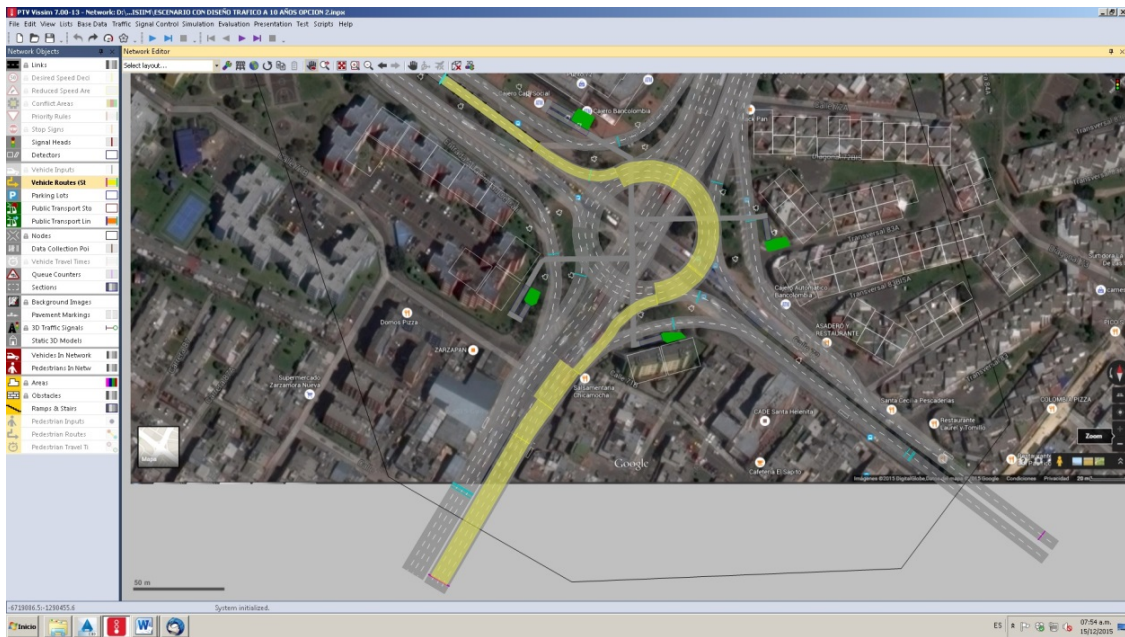
Fuente: Propia

Imagen 34 Movimiento N°7 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

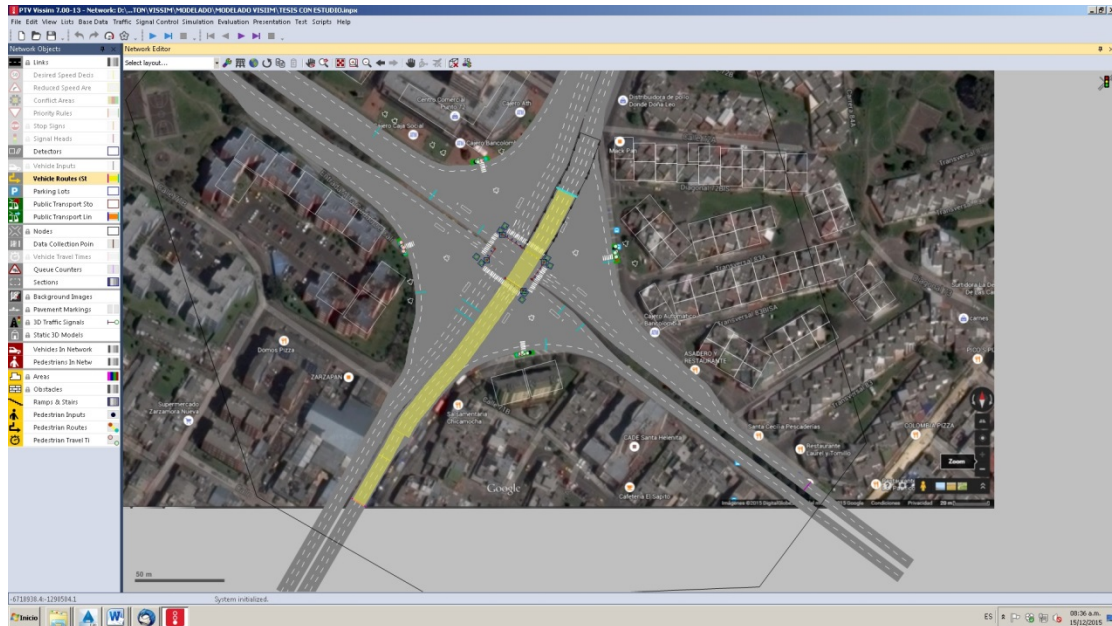
Imagen 35 Movimiento N°7 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

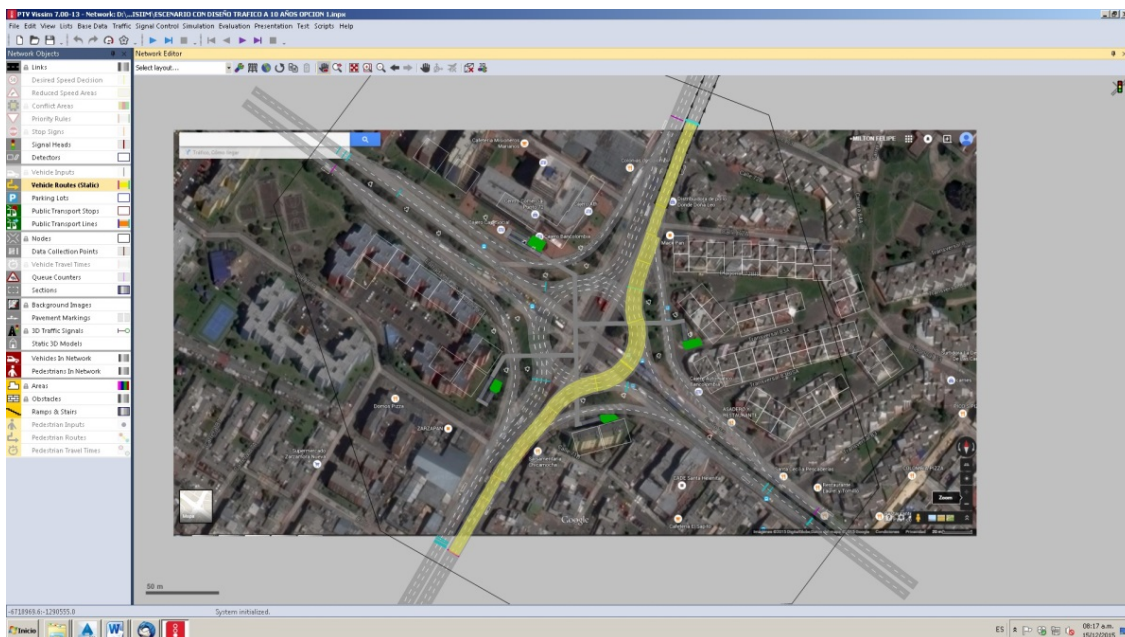
7.5.8 Movimiento N°8 Av. Cali S-N @ Av Cali S-N

Imagen 36 Movimiento N°8 Intersección actual



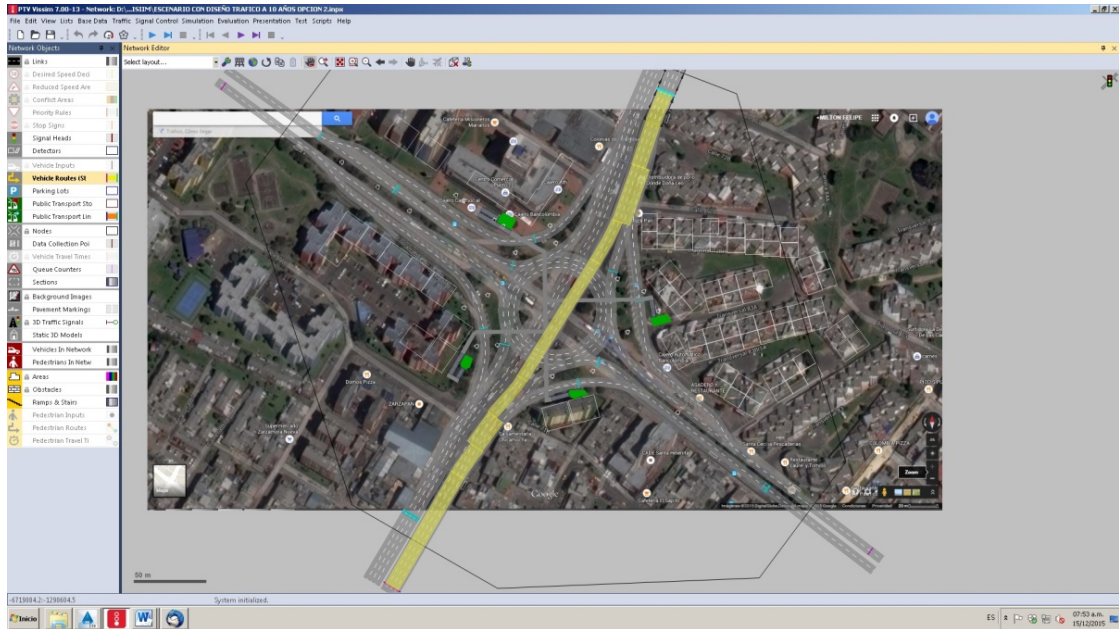
Fuente: Propia

Imagen 37 Movimiento N°8 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

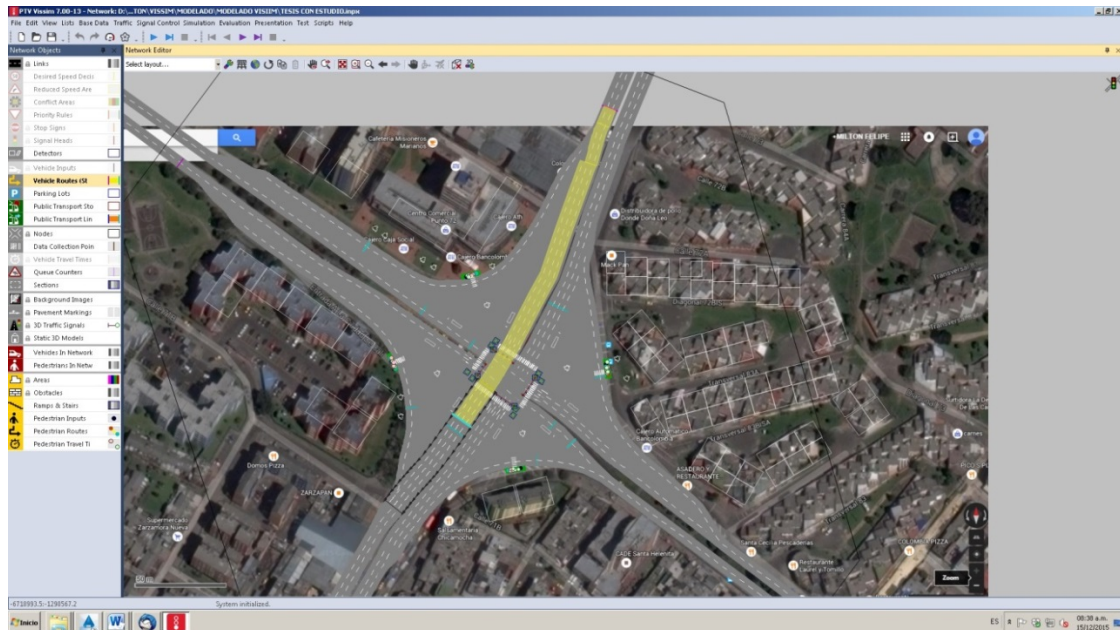
Imagen 38 Movimiento N°8 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

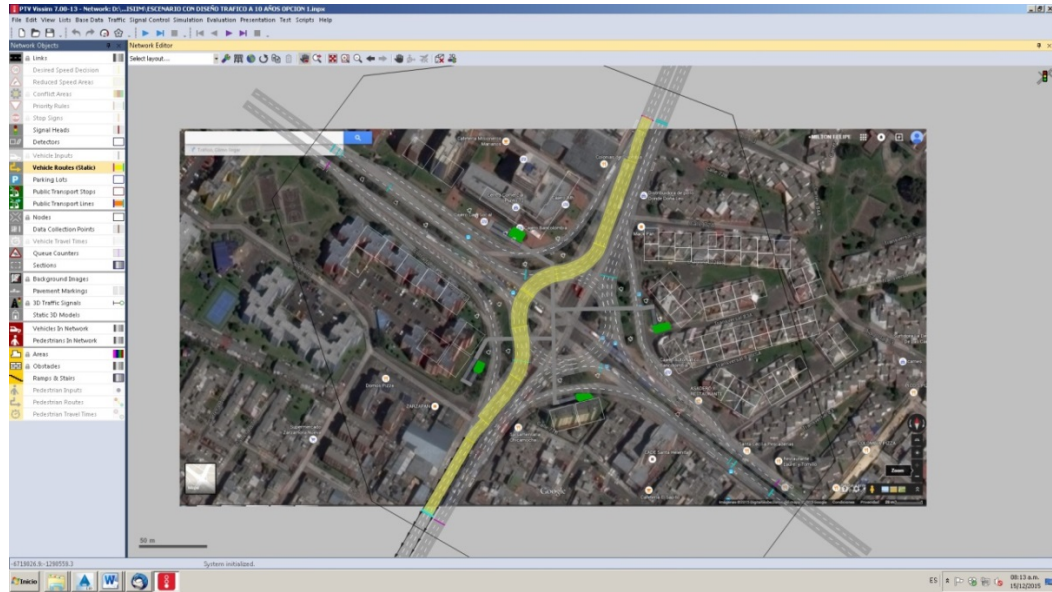
7.5.9 Movimiento N°9 Av. Cali N-S @ AV Cali N-S

Imagen 39 Movimiento N°9 Intersección actual



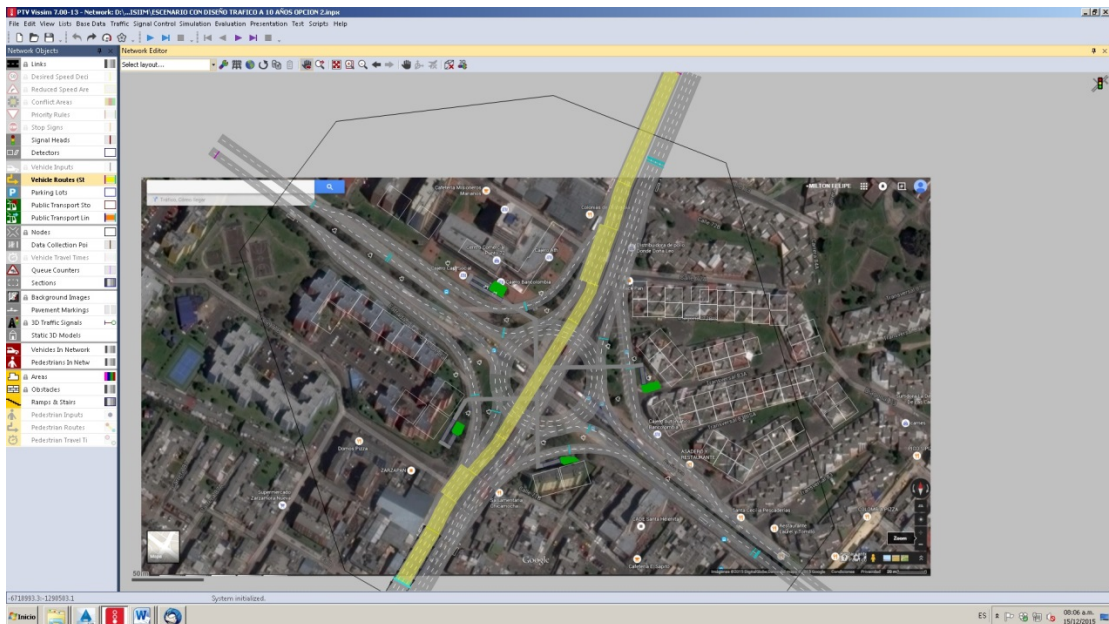
Fuente: Propia

Imagen 40 Movimiento N°9 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

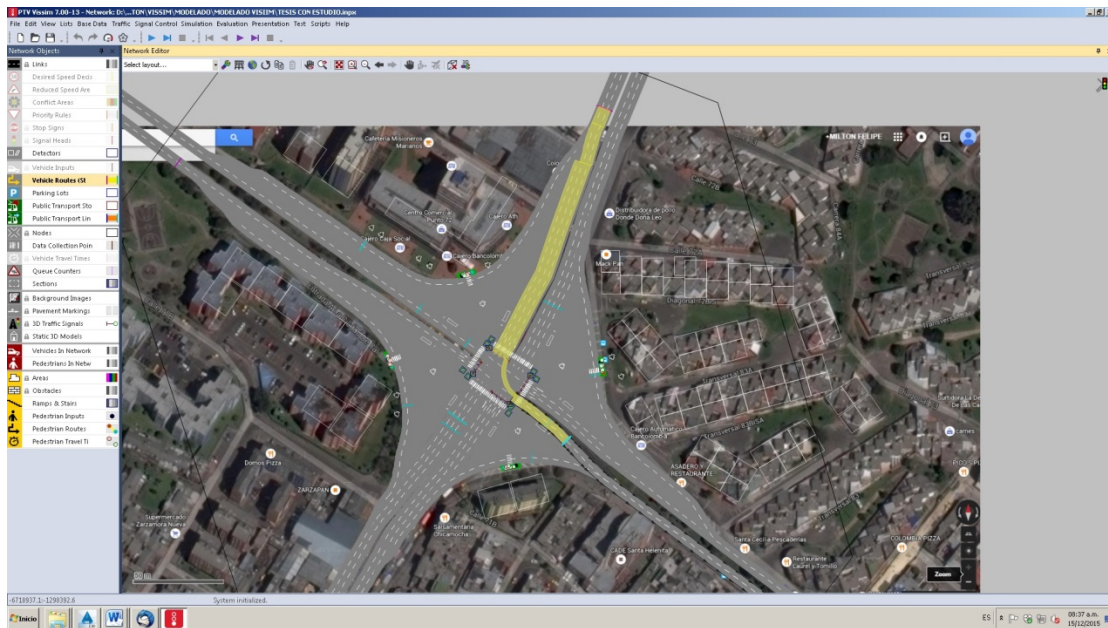
Imagen 41 Movimiento N°9 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

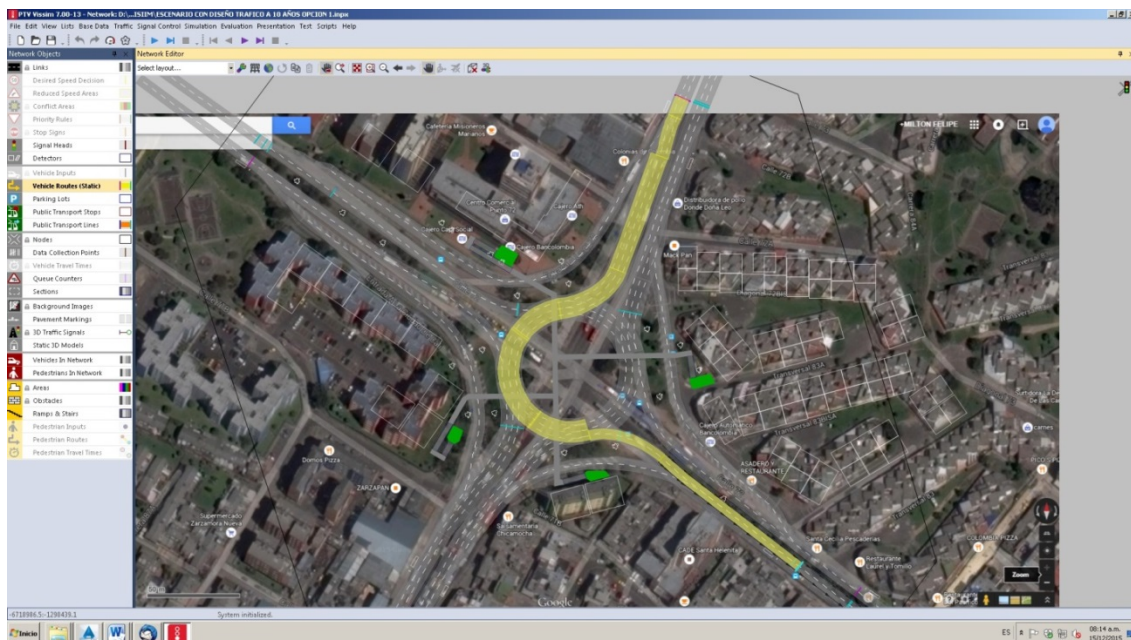
7.5.10 Movimiento N°10 Av. Cali N-S @ Av. Calle 72 W-O

Imagen 42 Movimiento N°10 Glorieta a desnivel con deprimido



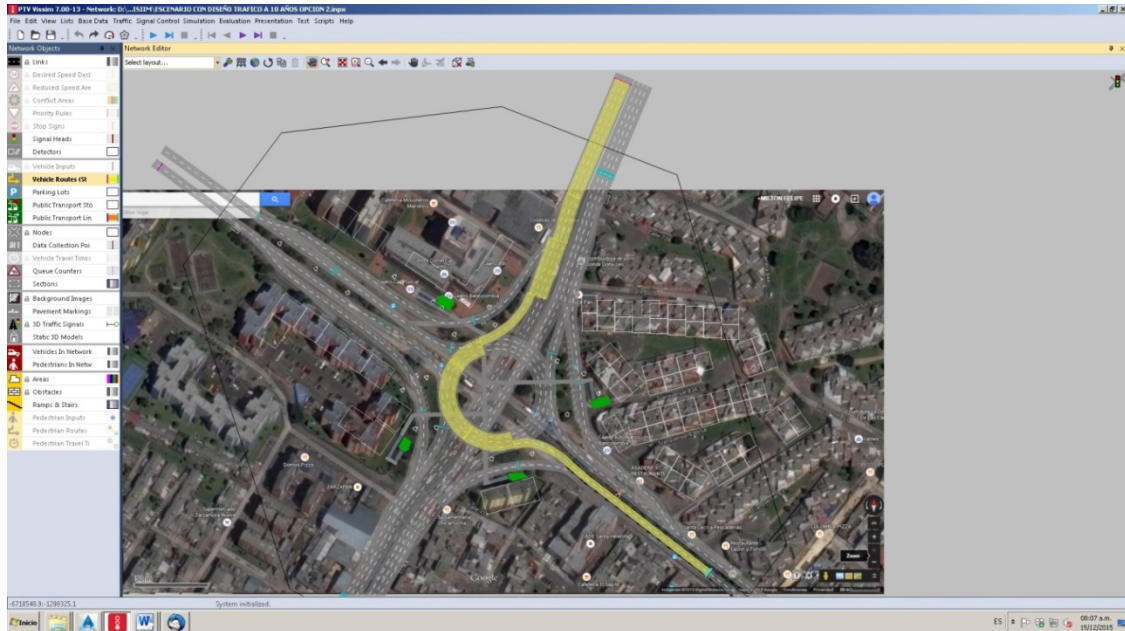
Fuente: Propia

Imagen 43 Movimiento N°10 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

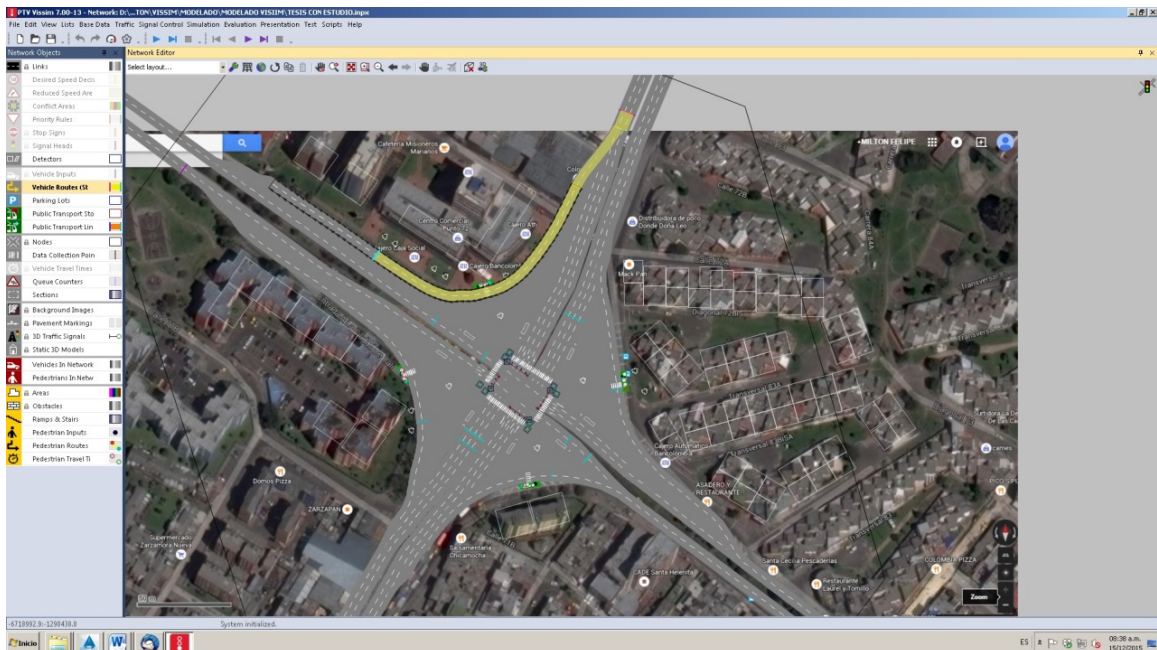
Imagen 44 Movimiento N°10 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

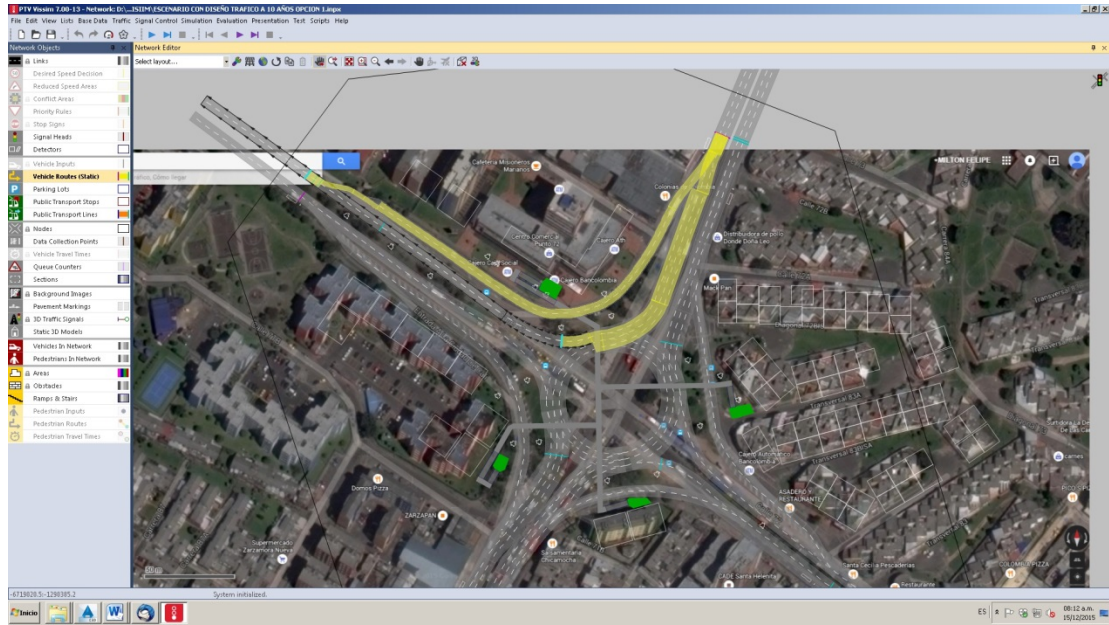
7.5.11 Movimiento N°11 Av. Cali N-S @ Av. Calle 72 O-W

Imagen 45 Movimiento N°11 Intersección actual



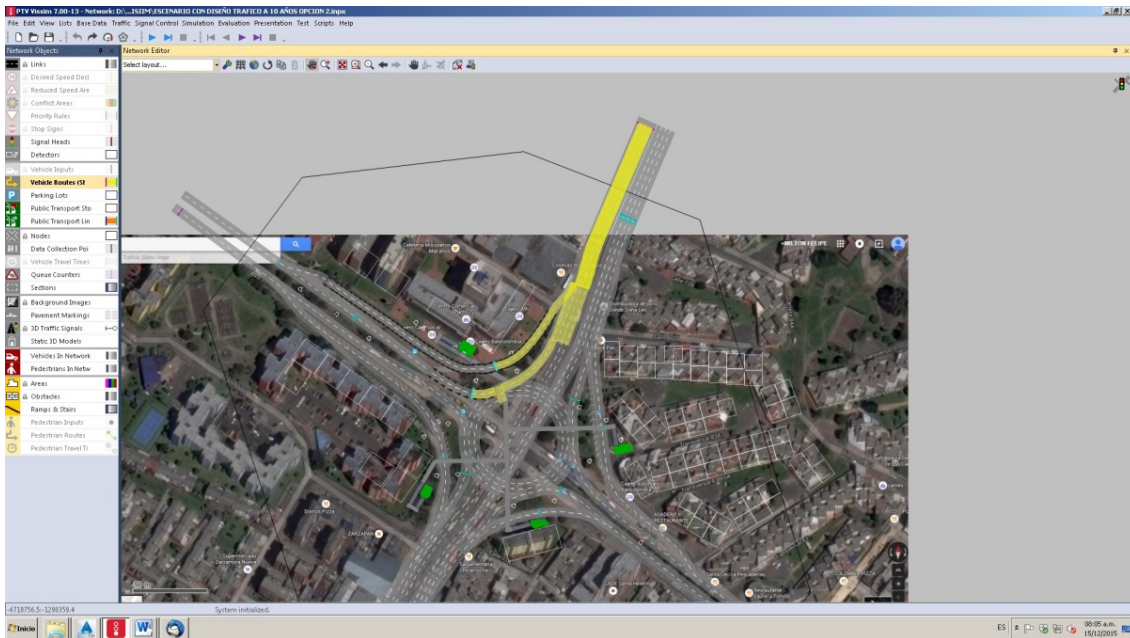
Fuente: Propia

Imagen 46 Movimiento N°11 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

Imagen 47 Movimiento N°11 Glorieta a desnivel con deprimido

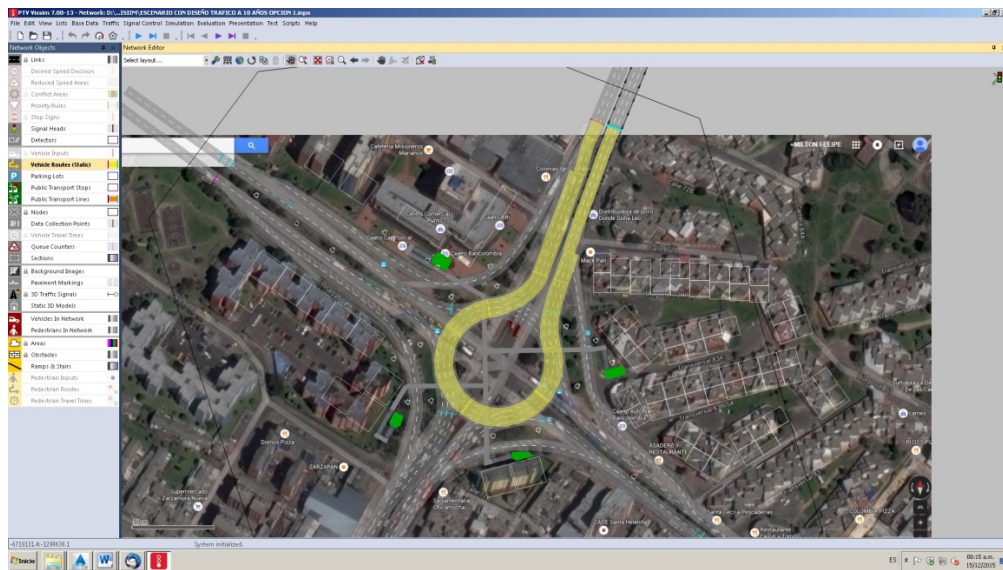


Fuente: Propia

7.5.12 Movimiento N°12 Av. Cali N-S @ Av. Cali S-N

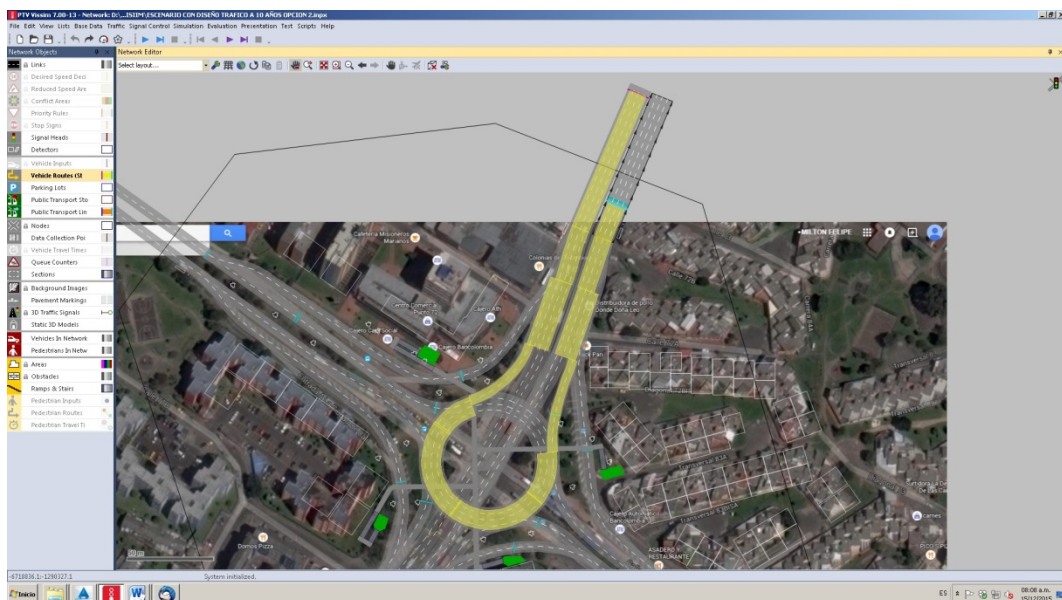
En la intersección actual no se tiene contemplado este movimiento por tal motivo no fue tenido en cuenta dentro de los resultados.

Imagen 48 Movimiento N° 12 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

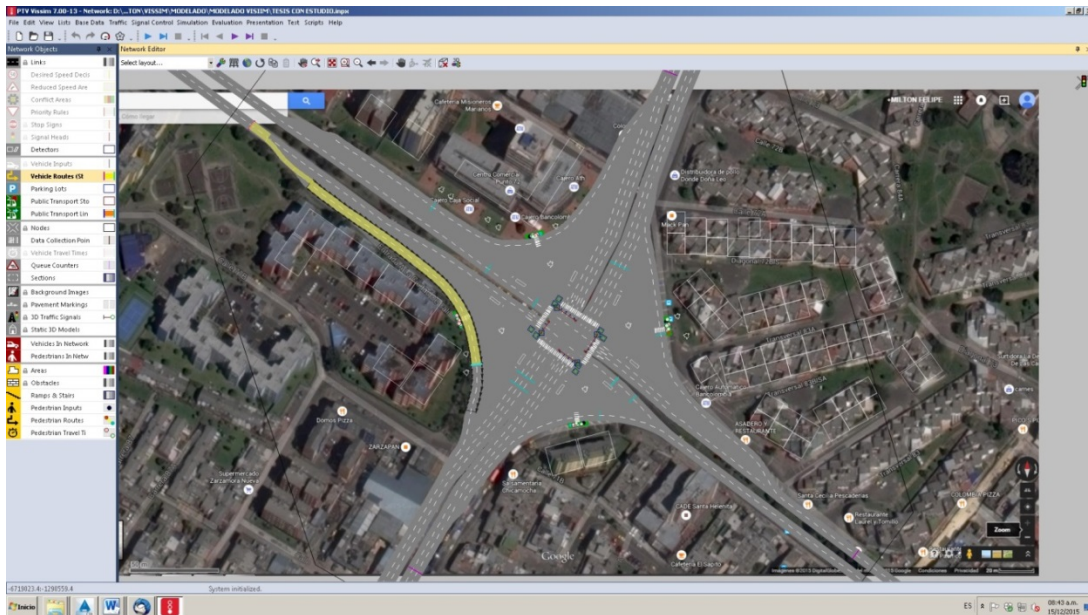
Imagen 49 Movimiento N°12 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

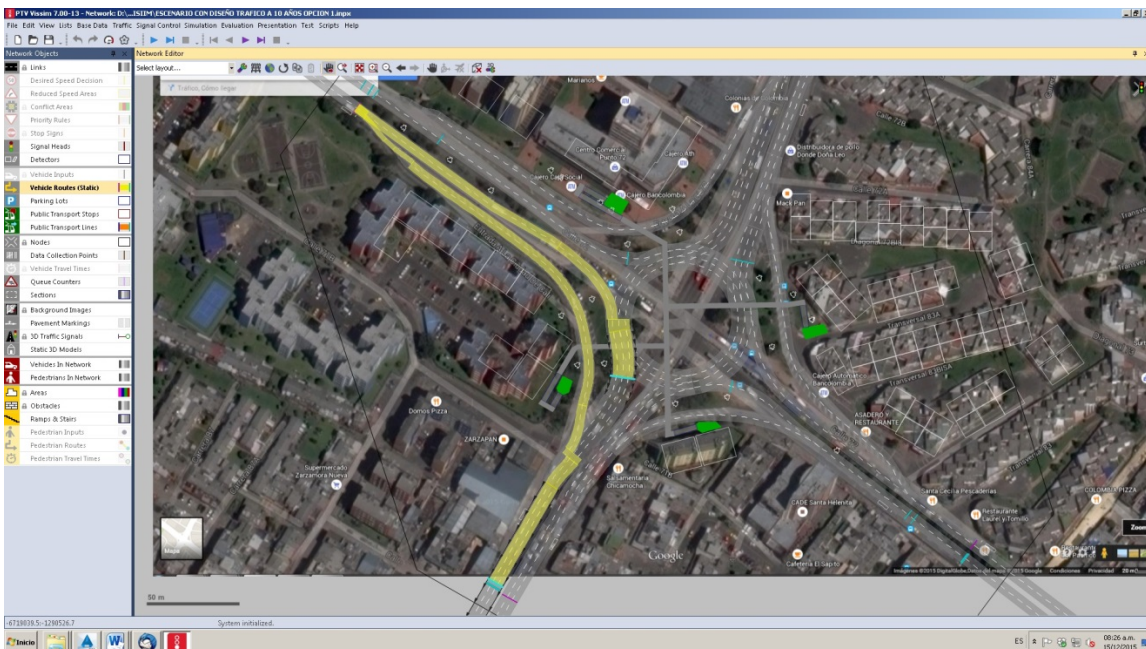
7.5.13 Movimiento N°13 Av. Calle 72 W-O @ AV. Cali N-S

Imagen 50 Movimiento N°13 Intersección actual



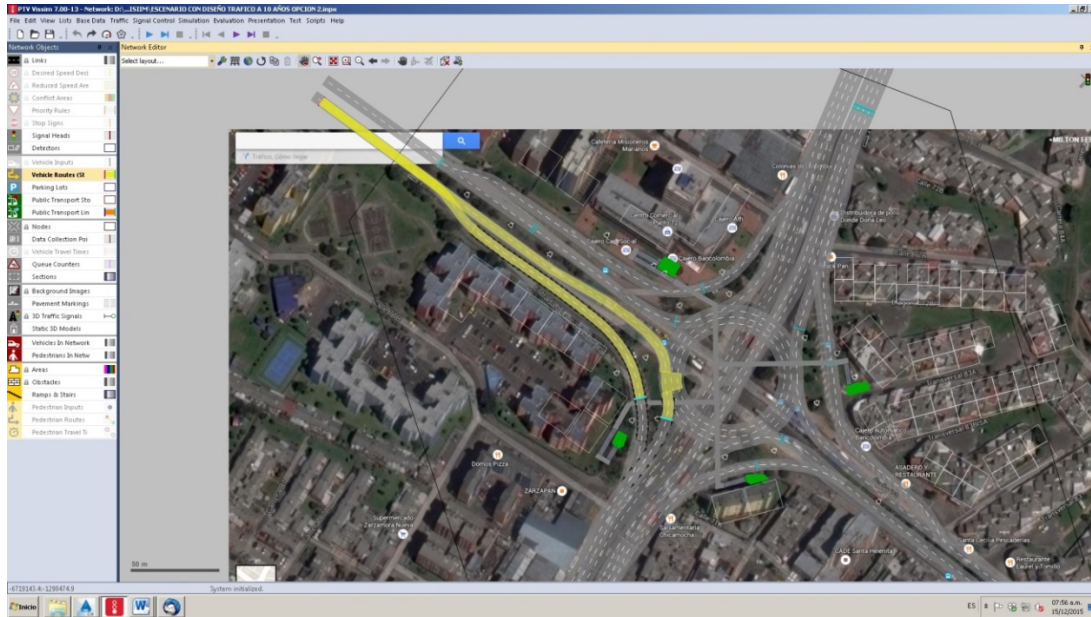
Fuente: Propia

Imagen 51 Movimiento N°13 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

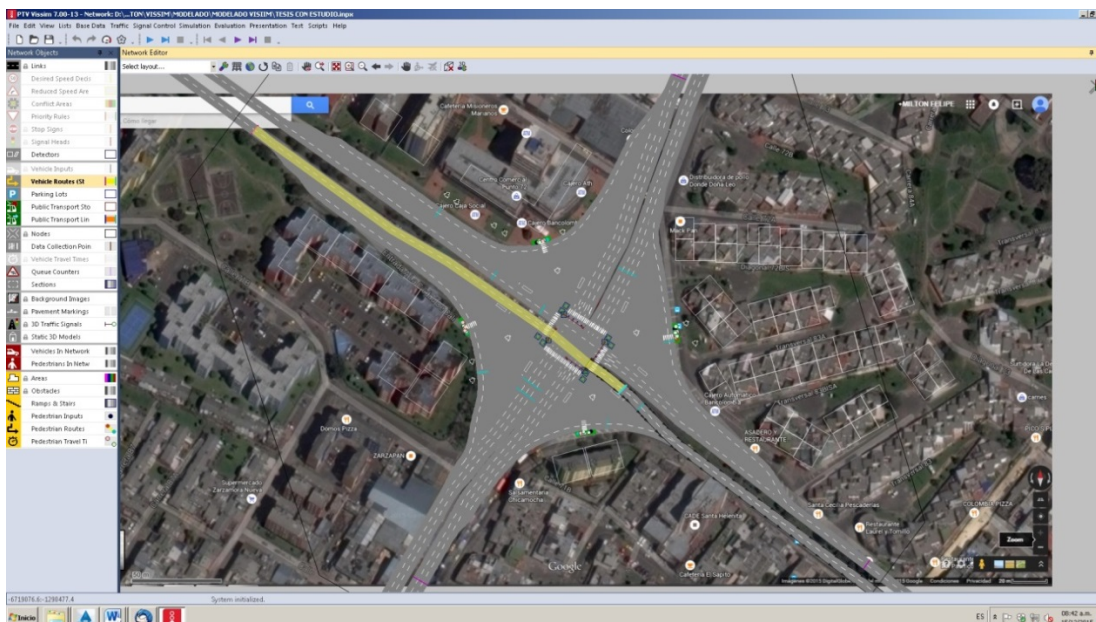
Imagen 52 Movimiento N°13 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

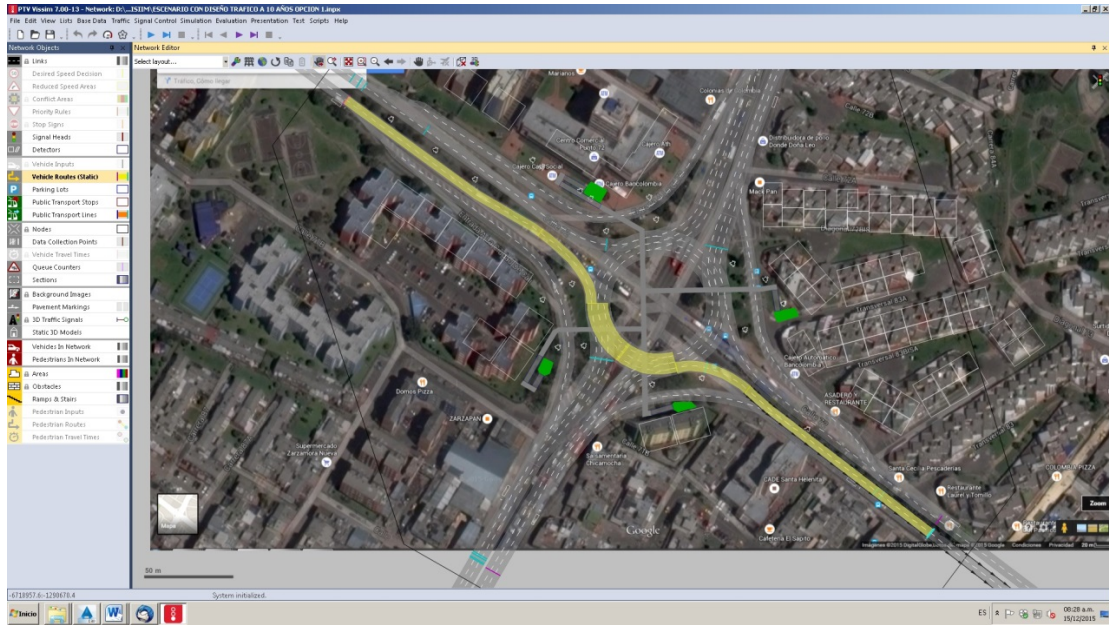
7.5.14 Movimiento N°14 Av. Calle 72 W-O @ Av. Calle 72 W-O

Imagen 53 Movimiento N°14 Intersección actual



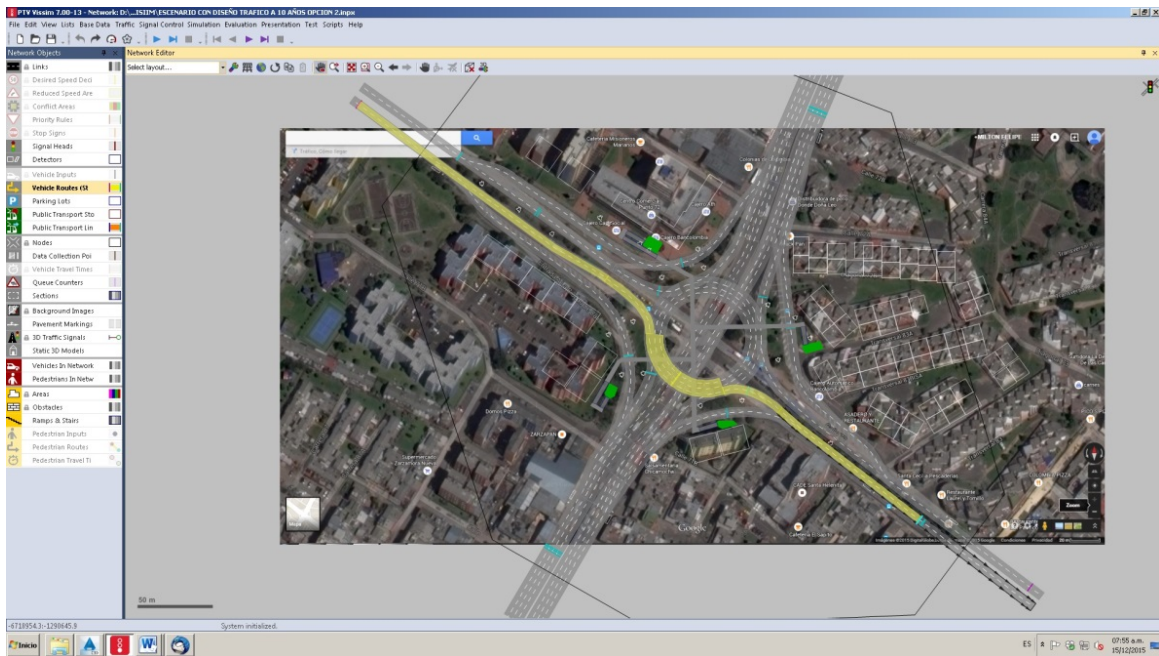
Fuente: Propia

Imagen 54 Movimiento N°14 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

Imagen 55 Movimiento N°14 Glorieta a desnivel con deprimido

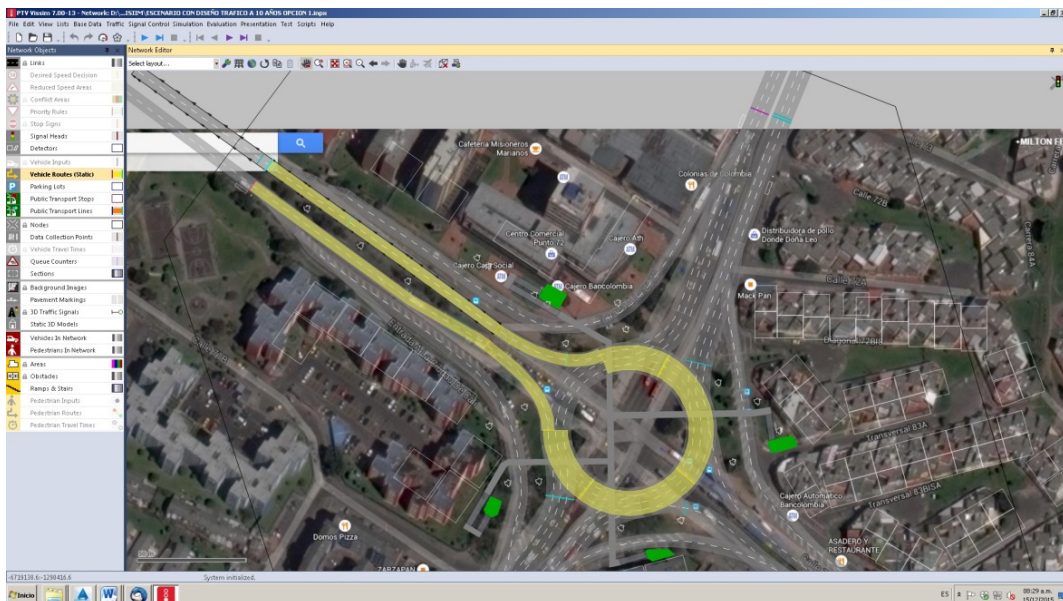


Fuente: Propia

7.5.15 Movimiento N°15 Av. Calle 72 W-O @ Av. Calle 72 O-W

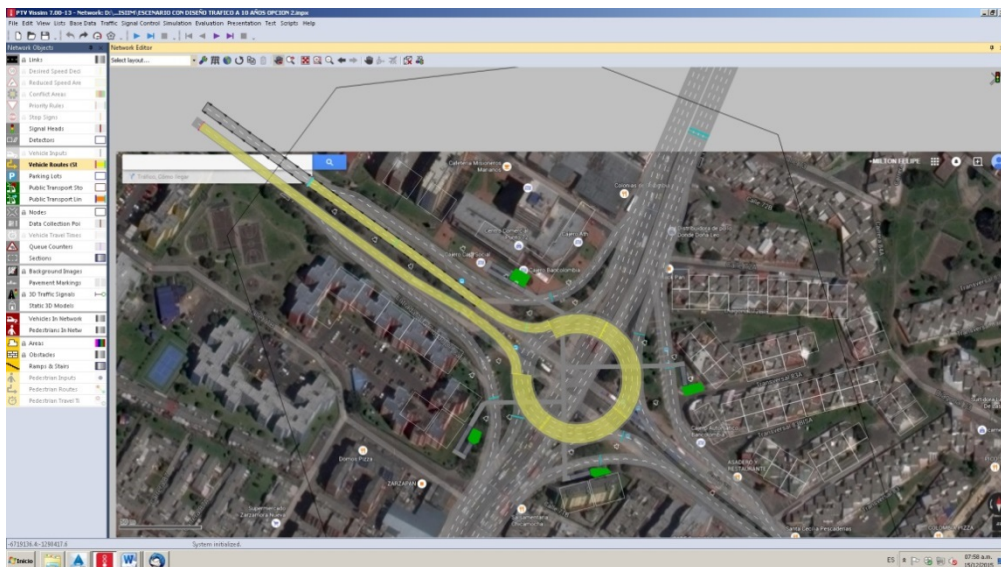
En la intersección actual no se tiene contemplado este movimiento por tal motivo no fue tenido en cuenta dentro de los resultados.

Imagen 56 Movimiento N°15 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

Imagen 57 Movimiento N°15 Glorieta a desnivel con deprimido

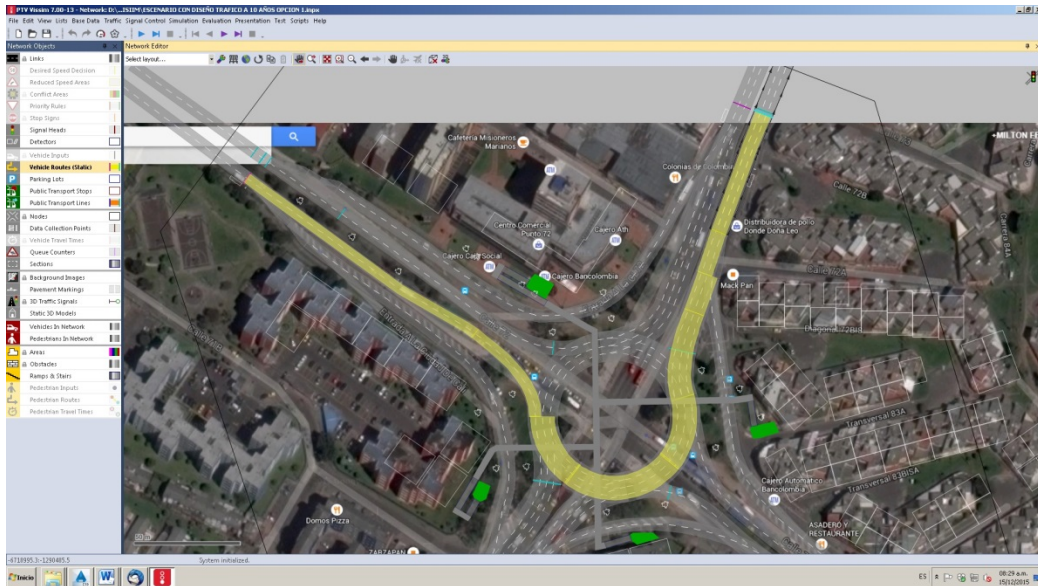


Fuente: Propia

7.5.16 Movimiento N°16 Av. Calle 72 W-O @ AV. Cali S-N

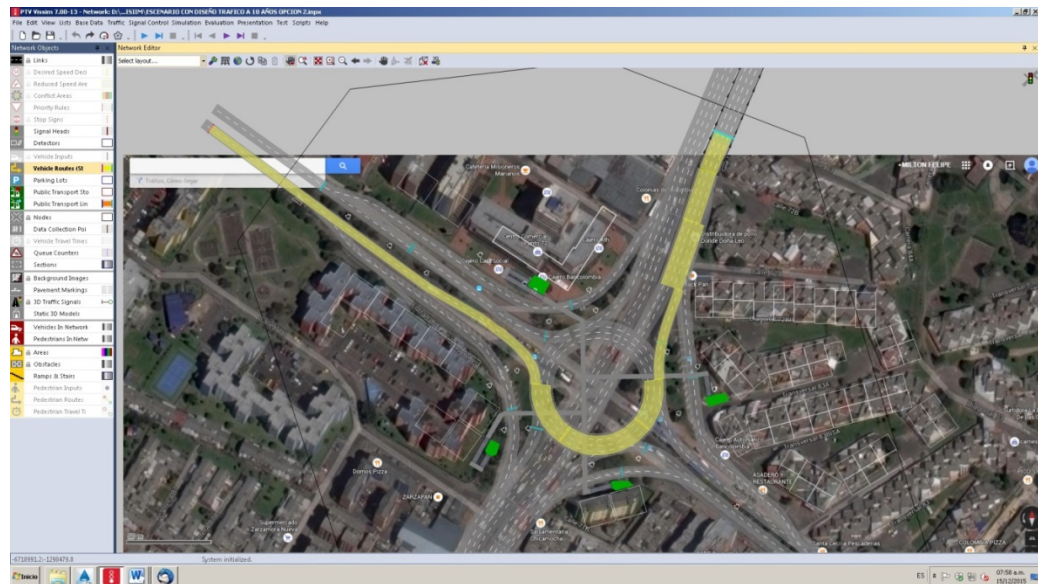
En la intersección actual no se tiene contemplado este movimiento por tal motivo no fue tenido en cuenta dentro de los resultados.

Imagen 58 Movimiento N°16 Glorieta a nivel



Fuente: Propia

Imagen 59 Movimiento N°16 Glorieta a desnivel con deprimido



Fuente: Propia

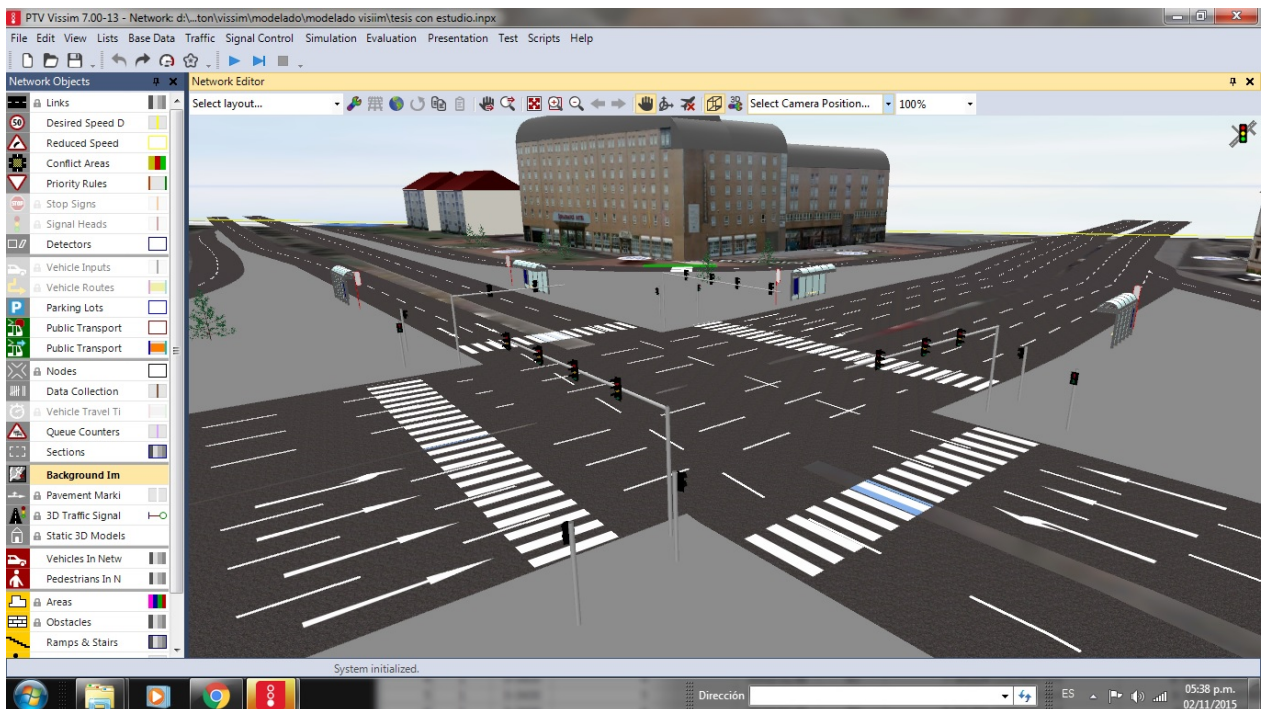
7.6 MODELACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ACTUAL

7.6.1 Modelación intersección actual trafico actual

En el software de micro simulación VISSIM 7.0 se procedió a hacer la modelación en base a los datos de los aforos y geometría de la zona con el fin de obtener la mejor exactitud y confiabilidad en los resultados arrojados por el programa que más se ajusten a la realidad.

Para esta modelación se tuvieron en cuenta los volúmenes mixtos por acceso, porcentaje de vehículos que pasan por tipo, rutas estáticas, ciclos semafóricos, señalización vial, peatones e inventario de predios y edificaciones como se puede observar en la Imagen 60.

Imagen 60 Modelación Actual de la Intersección

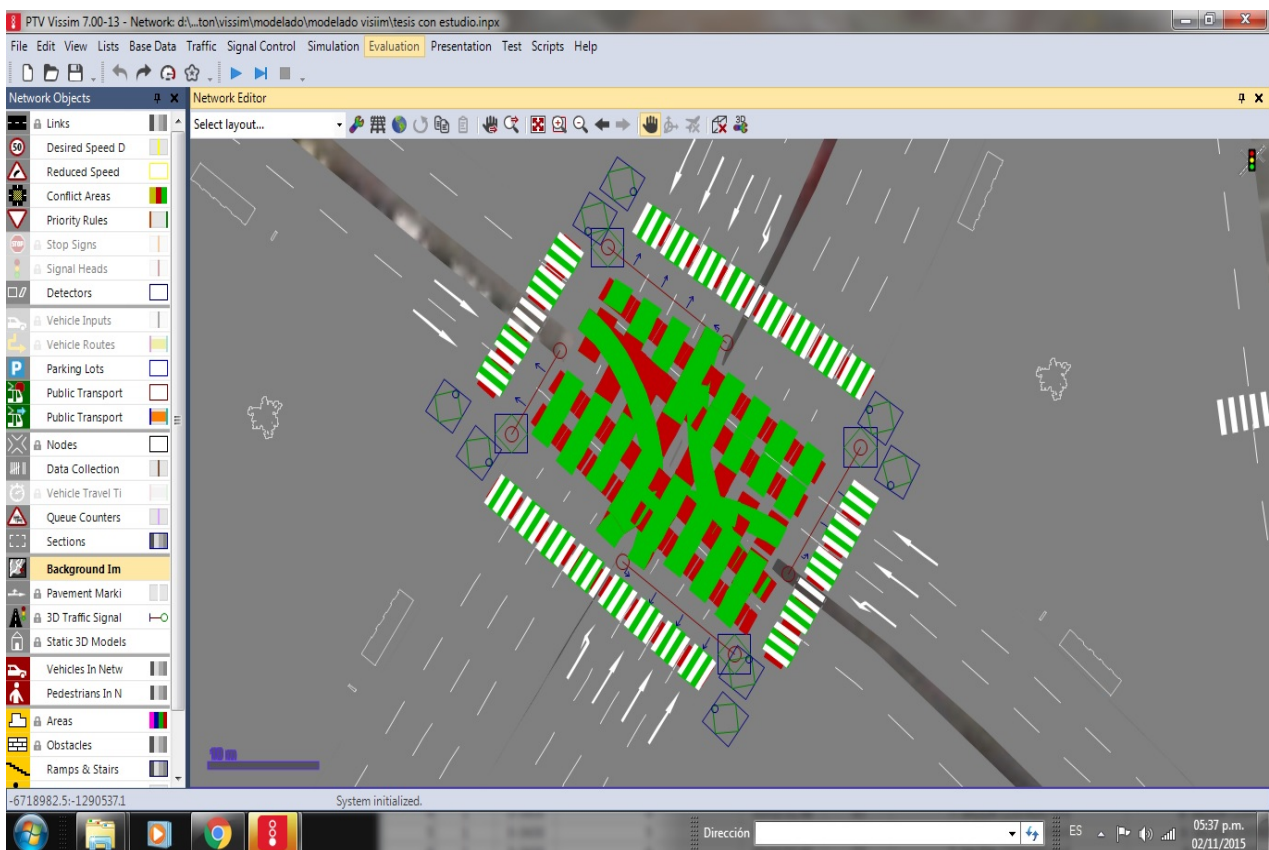


Fuente: Propia

Los resultados de la intersección actual y tráfico actual muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO2, NOx, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas, también encontramos las áreas de reducción de velocidad como lo podemos ver en la Imagen 61.

Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo W** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Imagen 61 Áreas de Reducción de Velocidad.



Fuente: Propia

El nivel de servicio para intersecciones reguladas por semáforos se obtiene a partir de la Tabla 8.

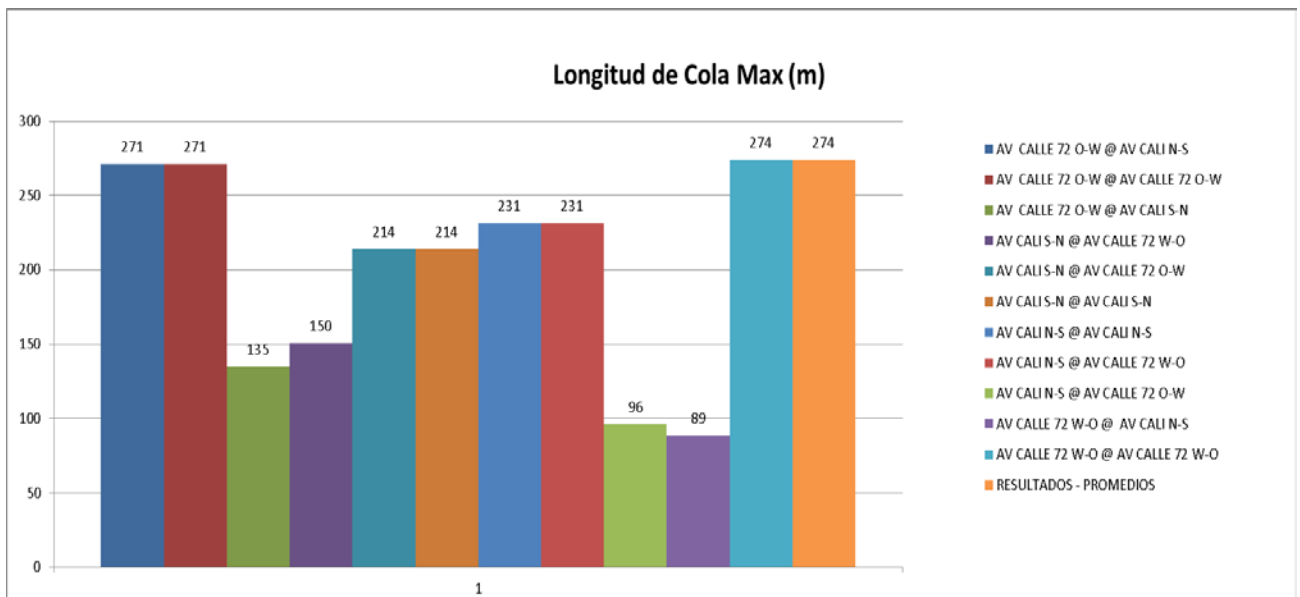
Tabla 8 Nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos

NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES REGULADAS POR SEMÁFOROS	
Nivel de servicio	Demora media (s/veh.)
A	<=10
B	>10 - 20
C	>20 - 35
D	>35 - 55
E	>55 - 80
F	>80 Demanda excede la capacidad

Fuente: Tabla 18-5 del HCM 2010

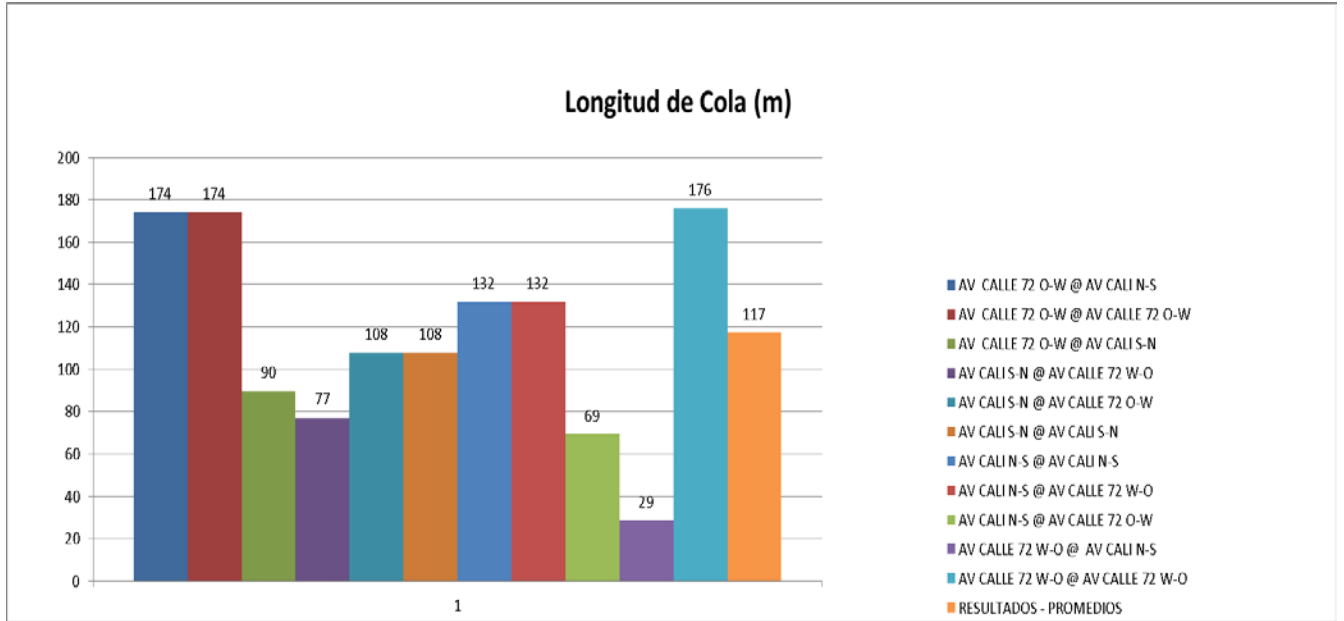
Con los datos obtenidos en la modelacion se procedio a realizar las diferentes graficas para su mejor compresion y analisis, nos da como referencia entender que esta interseccion ya cumple su periodo de diseño y no puede abastecer tanta demanda como podemos apreciar en la graficas actuales de la interseccion.

Grafica 1 Longitud de cola máxima tráfico actual



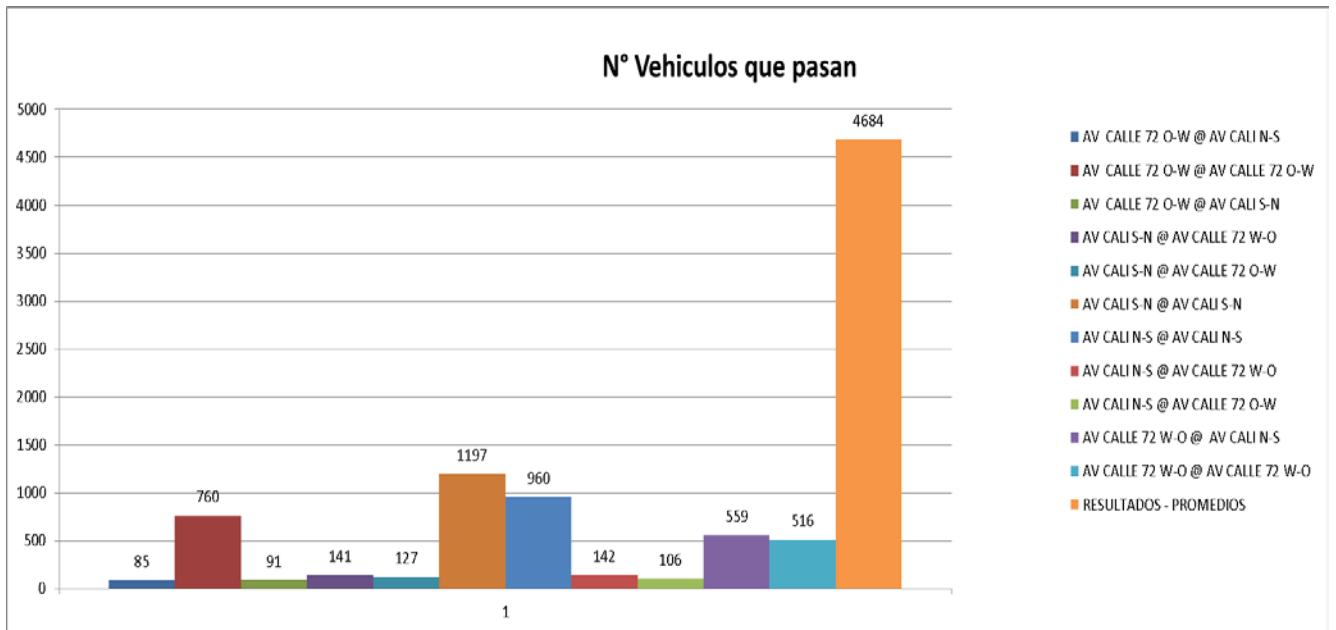
Fuente: Propia

Grafica 2 Longitud de cola trafico actual



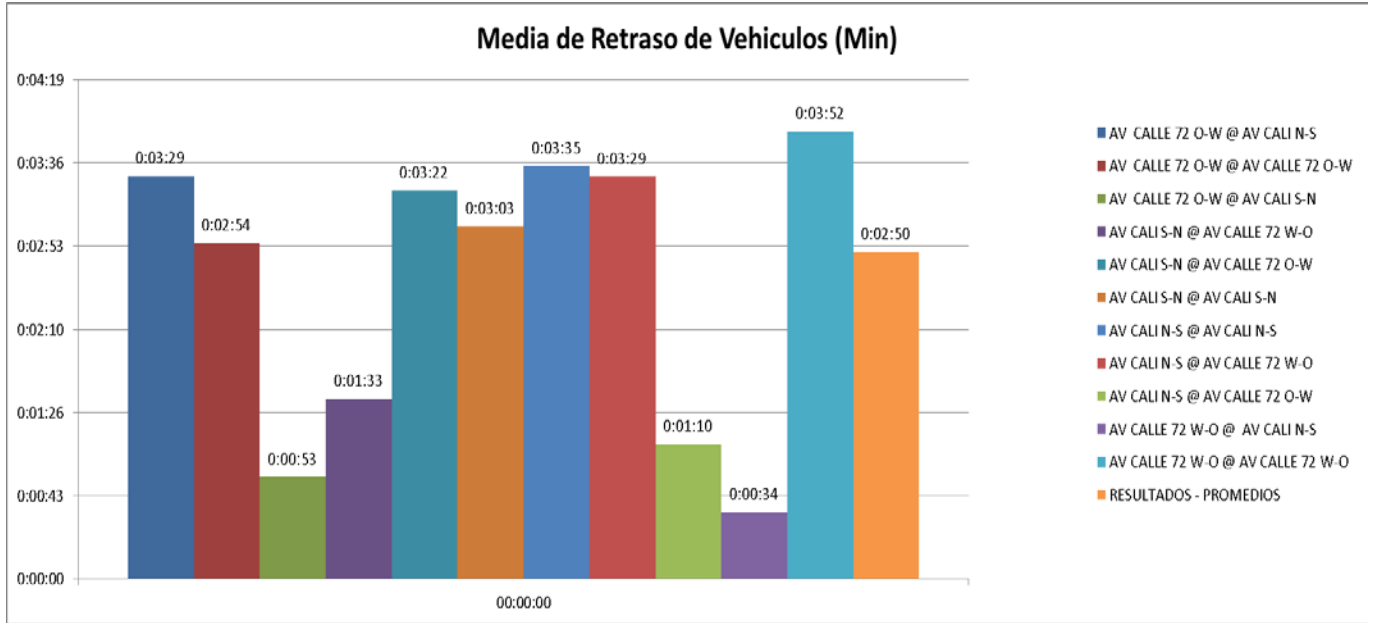
Fuente: Propia

Grafica 3 Numero vehículos que pasan trafico actual



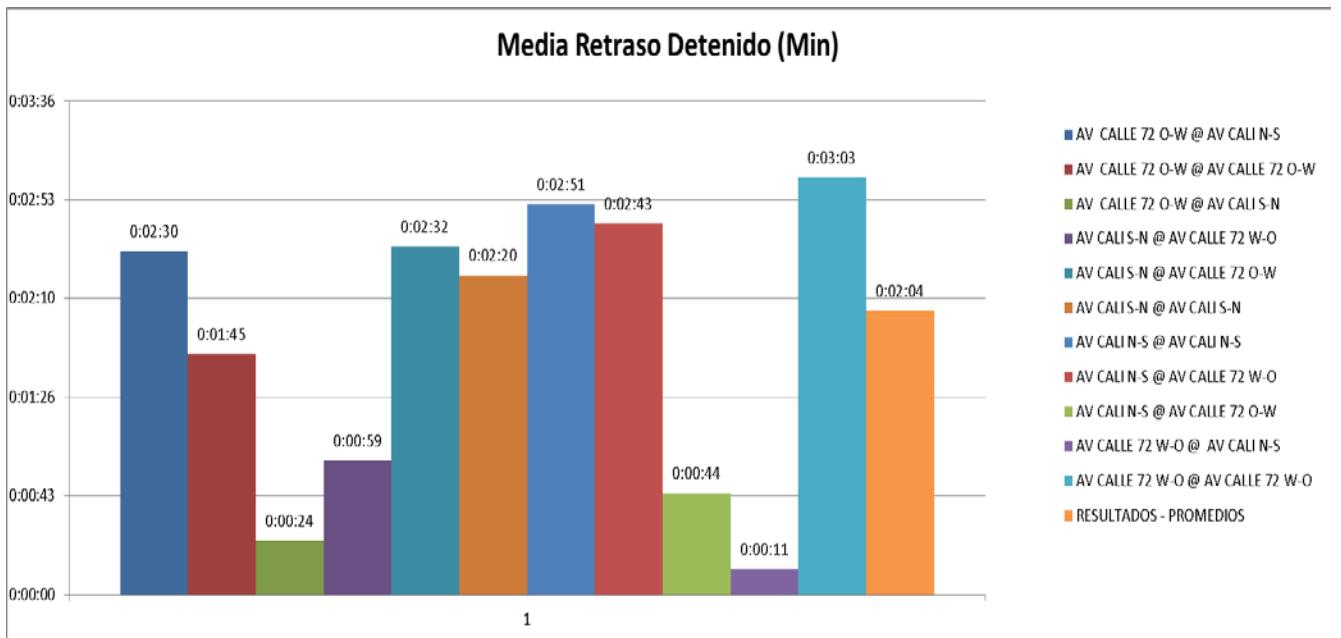
Fuente: Propia

Grafica 4 Media retraso de vehículos tráfico actual



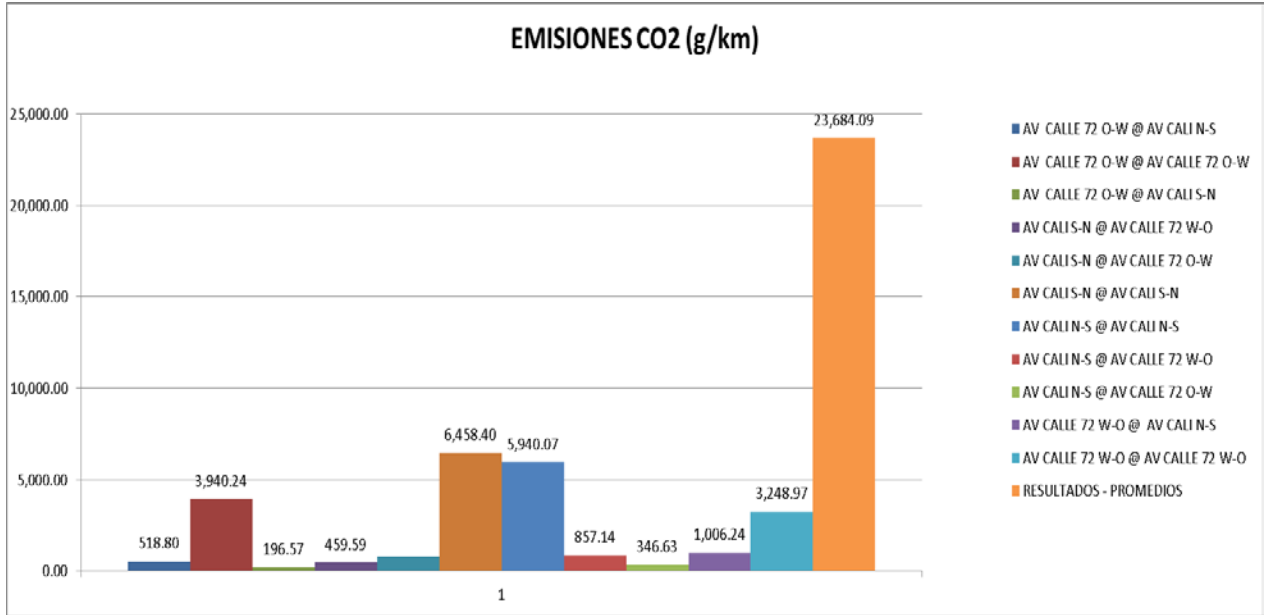
Fuente: Propia

Grafica 5 Media retraso detenido tráfico actual



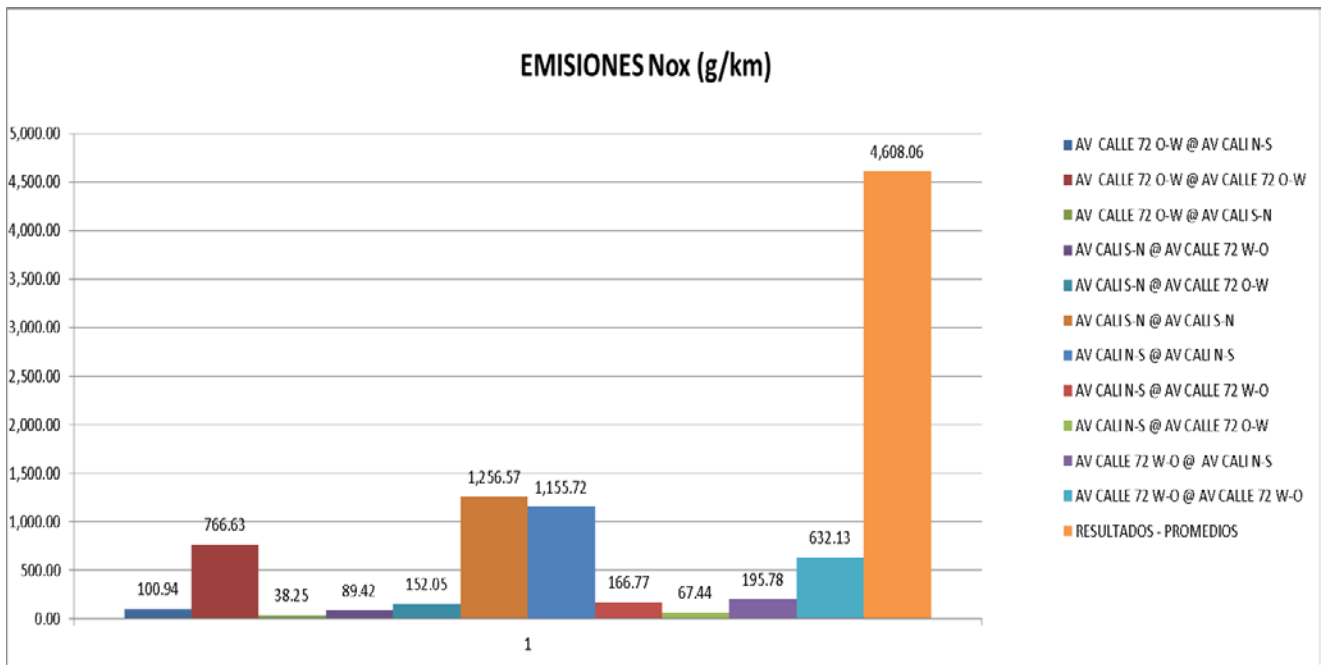
Fuente: Propia

Grafica 6 Emisiones Co2 trafico actual



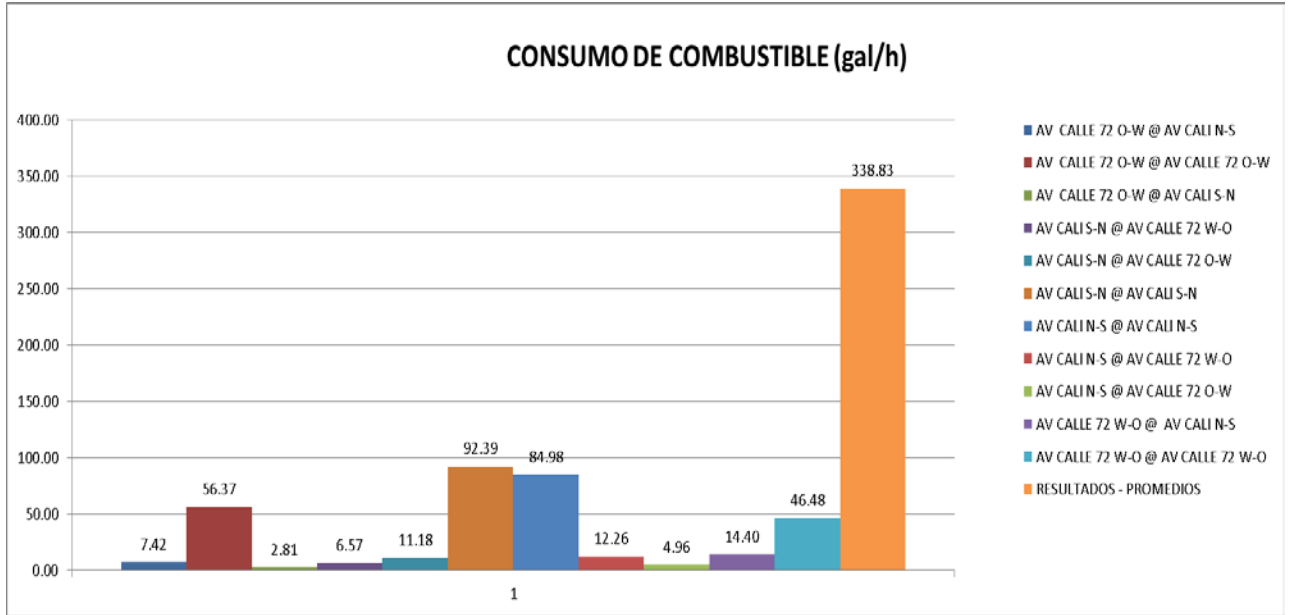
Fuente: Propia

Grafica 7 Emisiones de NOx trafico actual



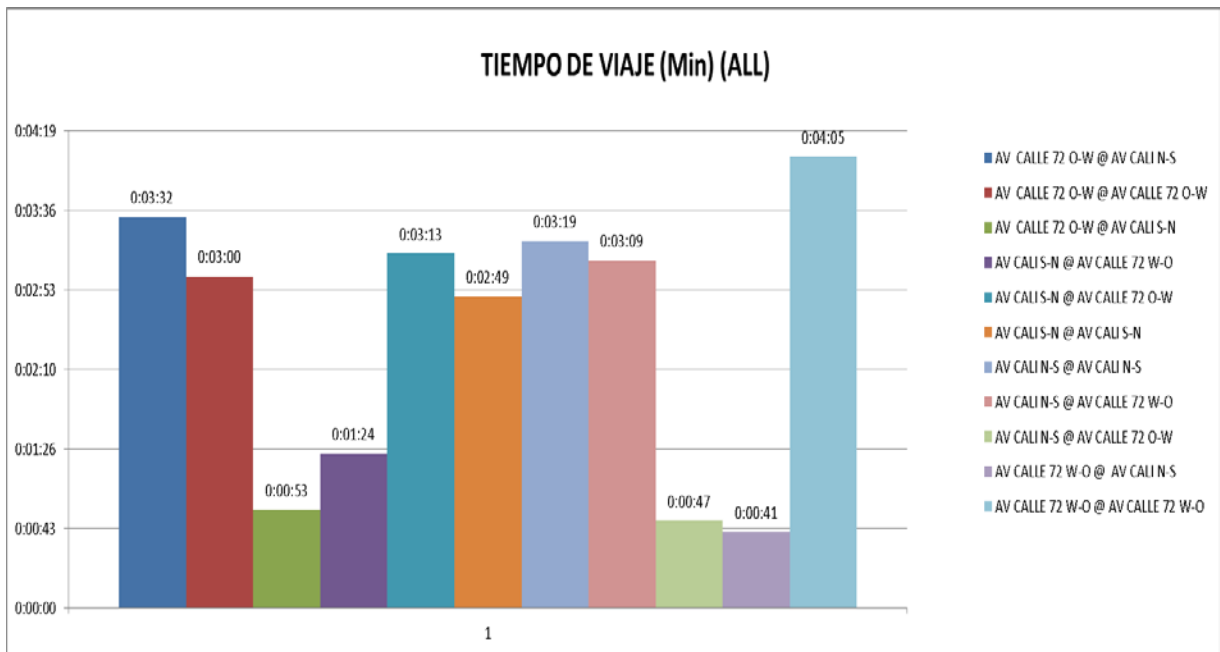
Fuente: Propia

Grafica 8 Consumo de Combustible trafico actual



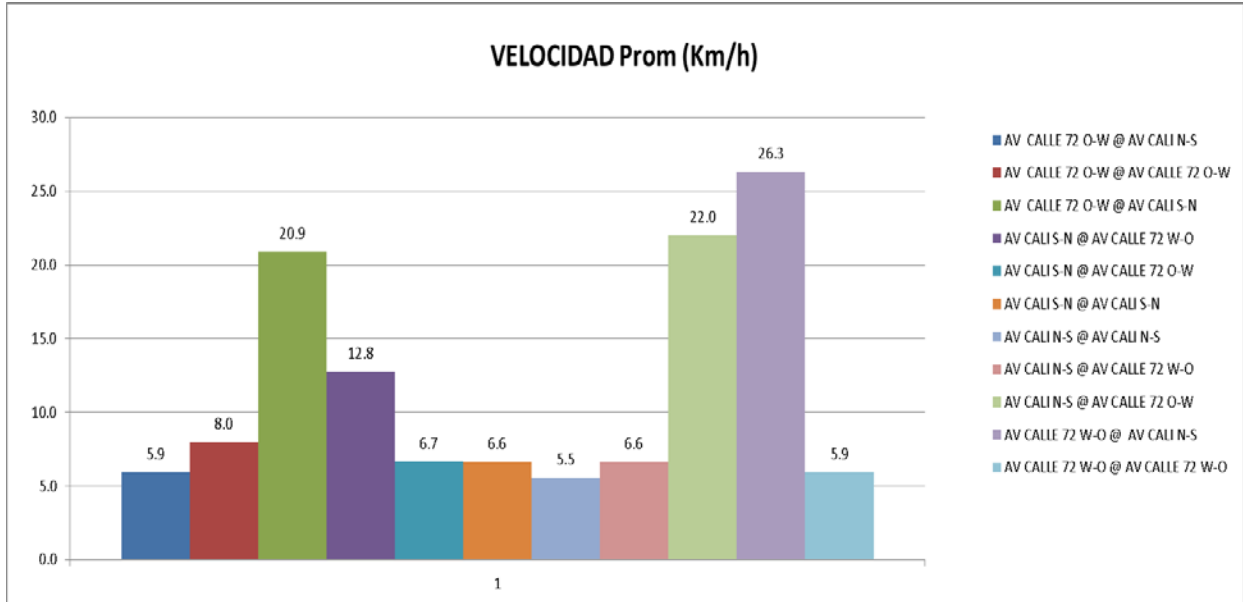
Fuente: Propia

Grafica 9 Tiempo de viaje a tráfico actual



Fuente: Propia

Grafica 10 Velocidad promedio (km/h) trafico actual



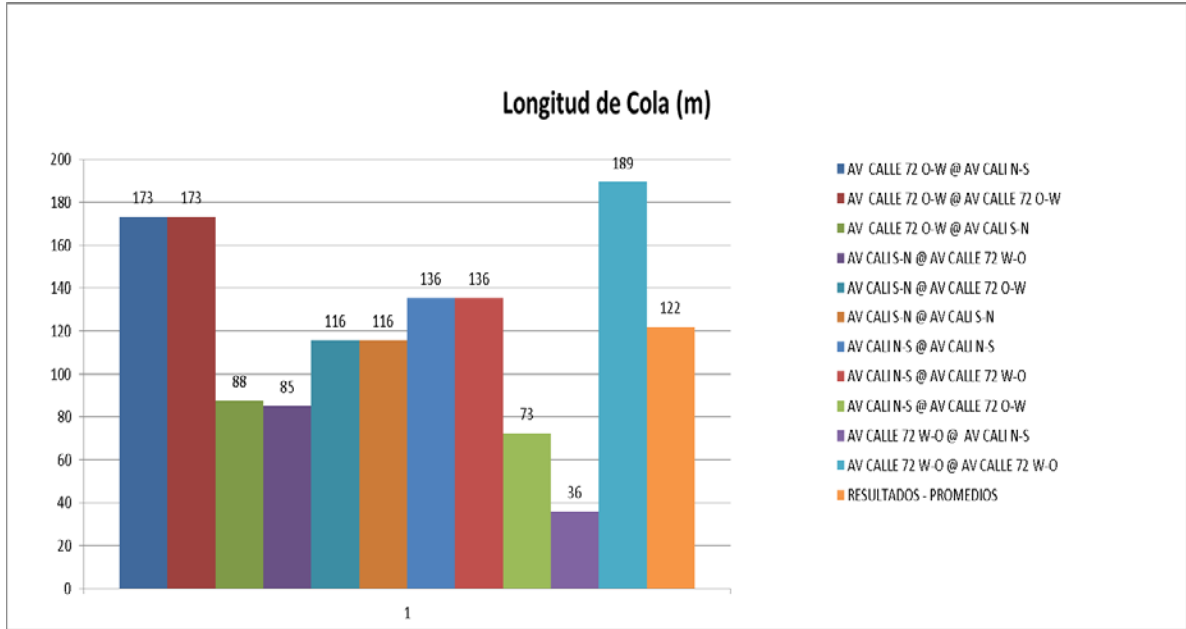
Fuente: Propia

7.6.2 Modelación intersección actual trafico proyectado a 5 años

Los resultados de la intersección actual con trafico proyectado 5 años muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO₂, NO_x, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas.

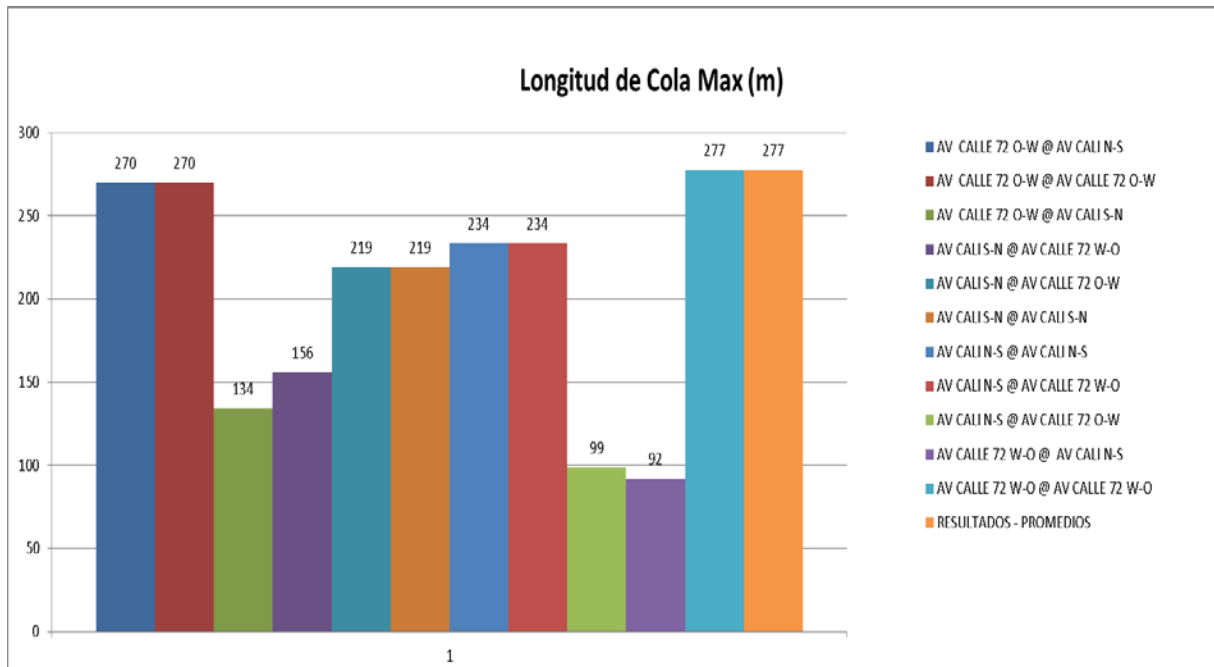
Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo X** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Grafica 11 Longitud de cola trafico proyectado a 5 Años



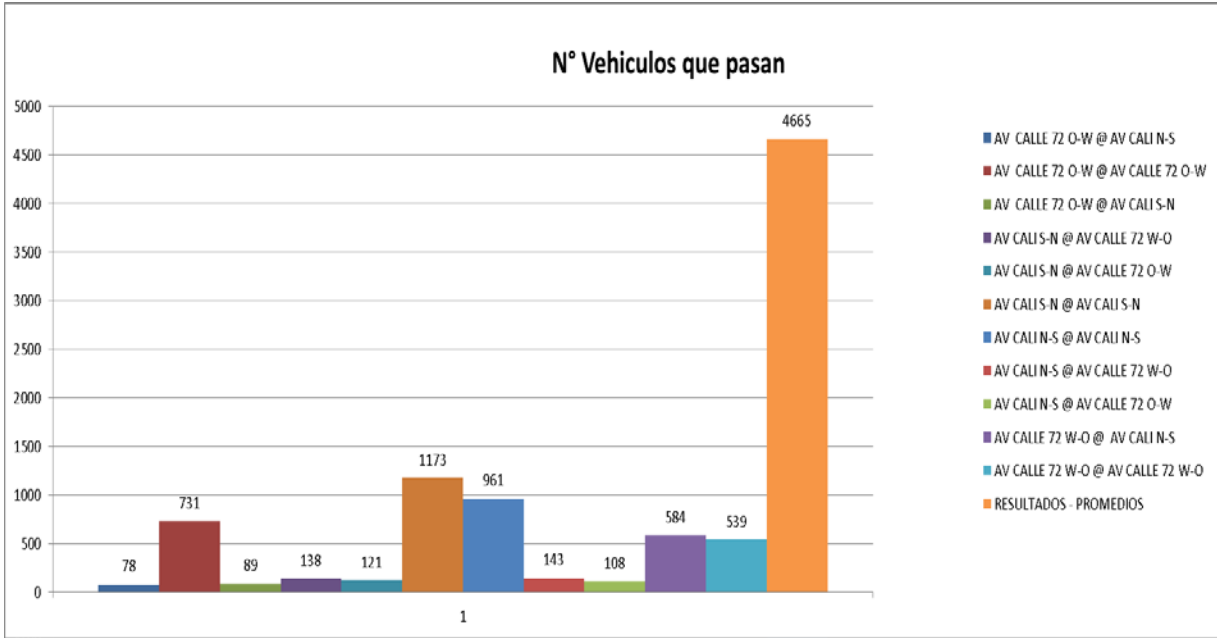
Fuente: Propia

Grafica 12 Longitud de cola máxima trafico proyectado a 5 Años



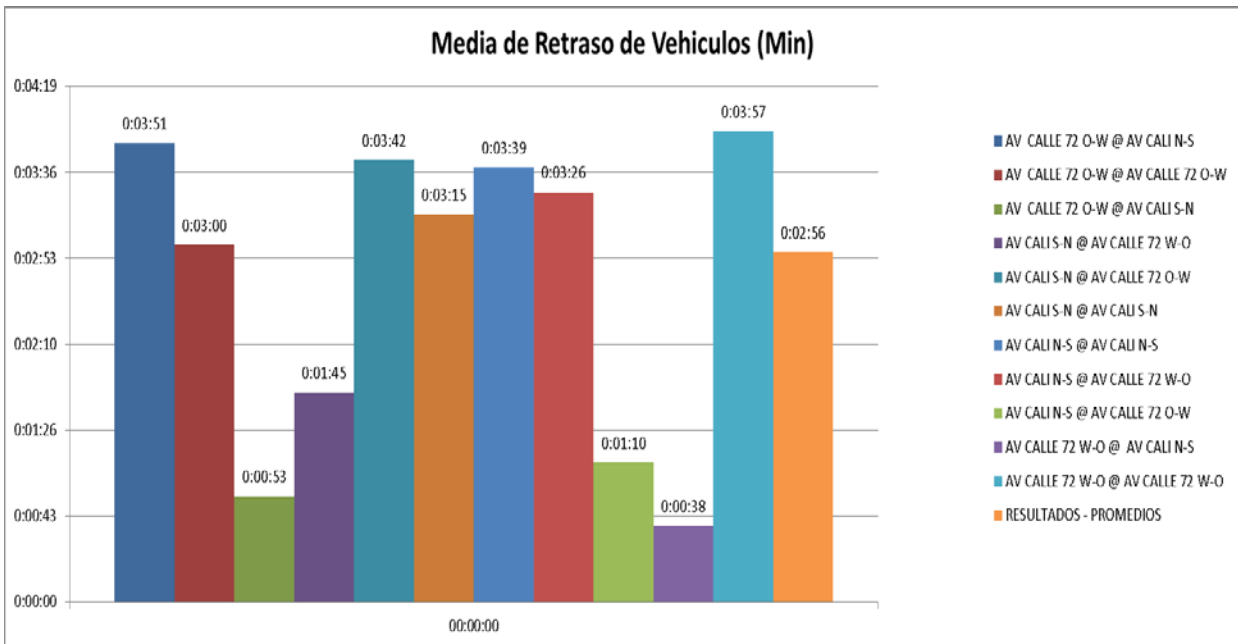
Fuente: Propia

Grafica 13 Numero vehículos que pasan trafico proyectado a 5 Años



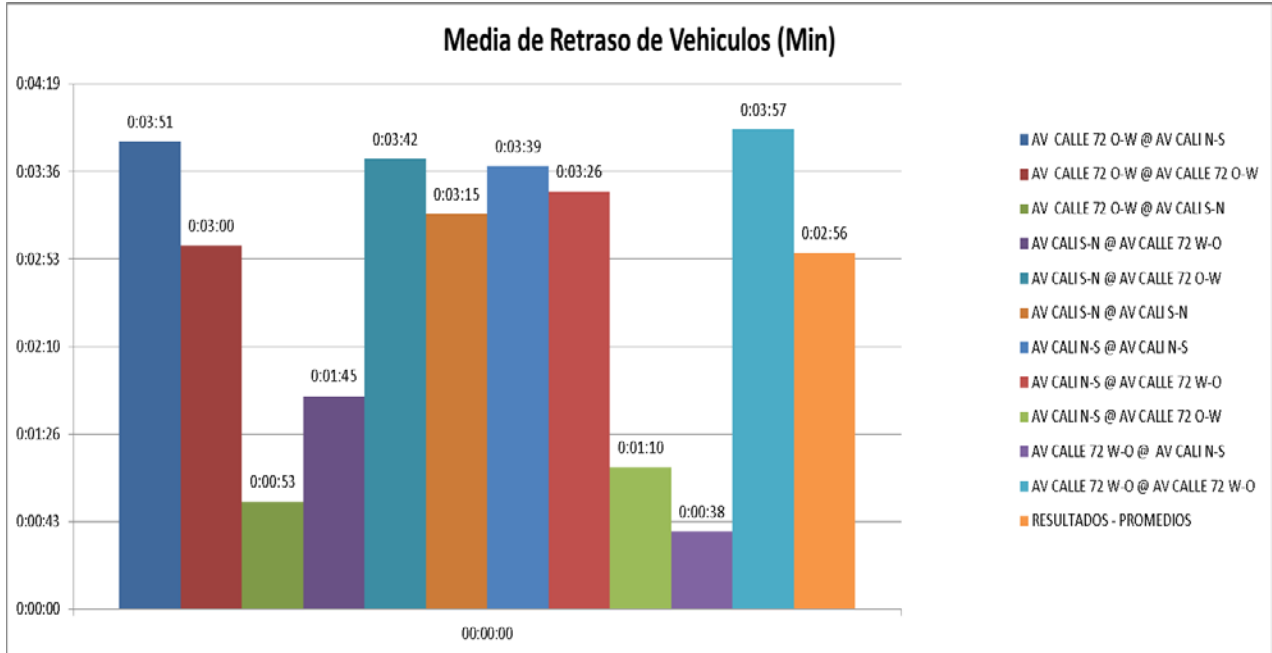
Fuente: Propia

Grafica 14 Media Retraso de vehículos trafico proyectado a 5 Años



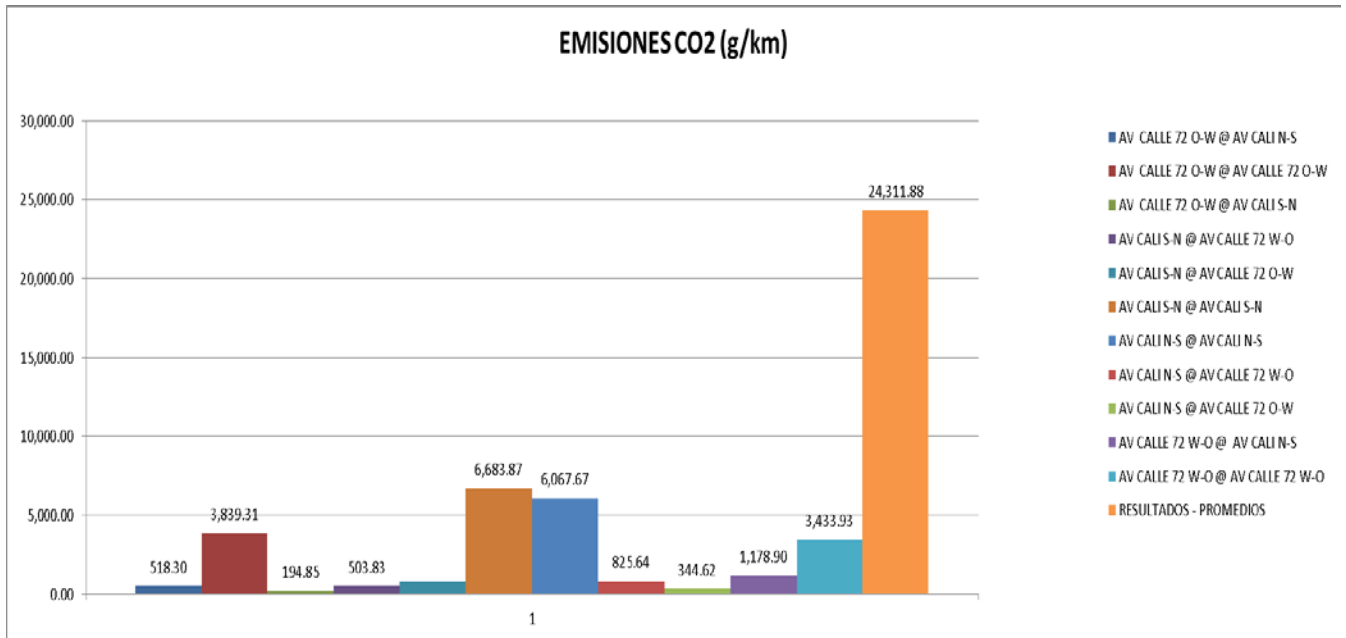
Fuente: Propia

Grafica 15 Media retraso detenido tráfico proyectado a 5 Años



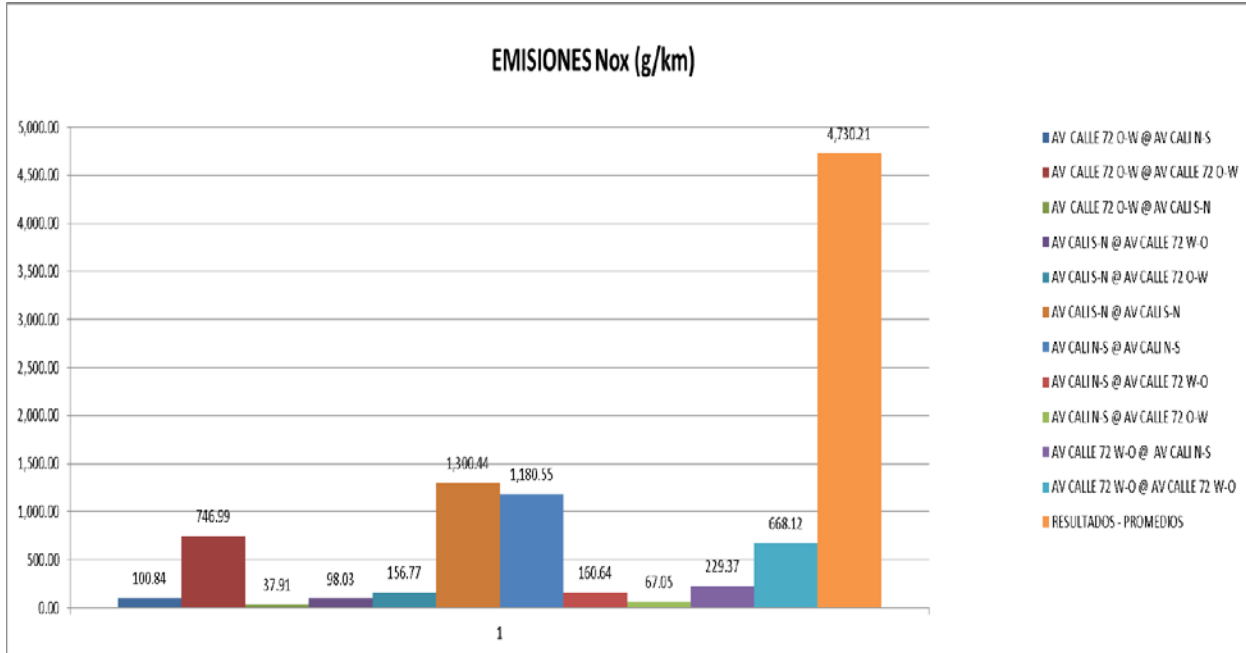
Fuente: Propia

Grafica 16 Emisiones Co2 trafico proyectado a 5 Años



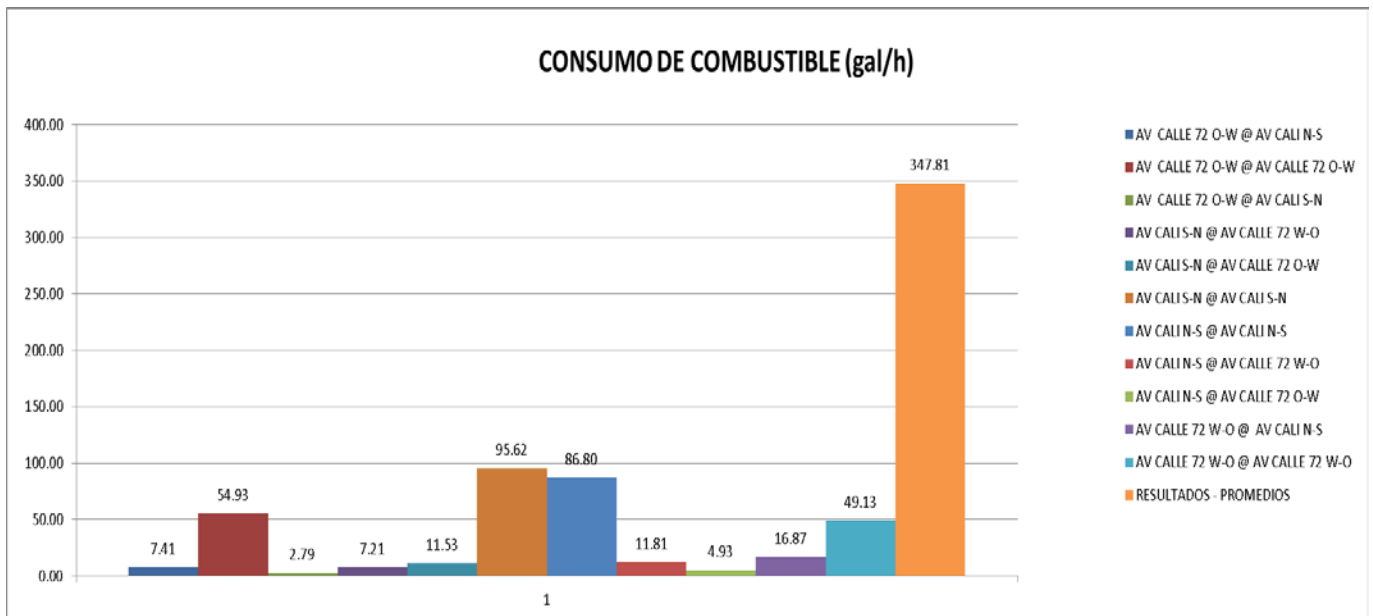
Fuente: Propia

Grafica 17 Emisiones de NOx trafico proyectado a 5 Años



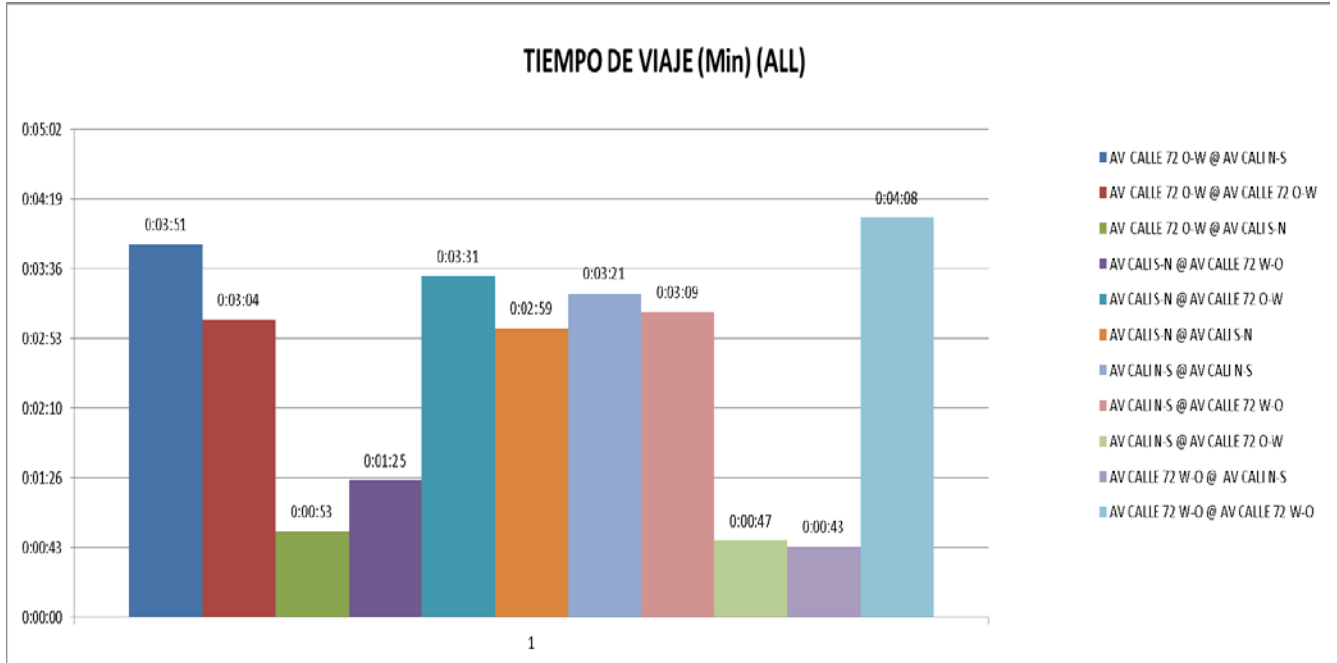
Fuente: Propia

Grafica 18 Consumo de Combustible trafico proyectado a 5 Años



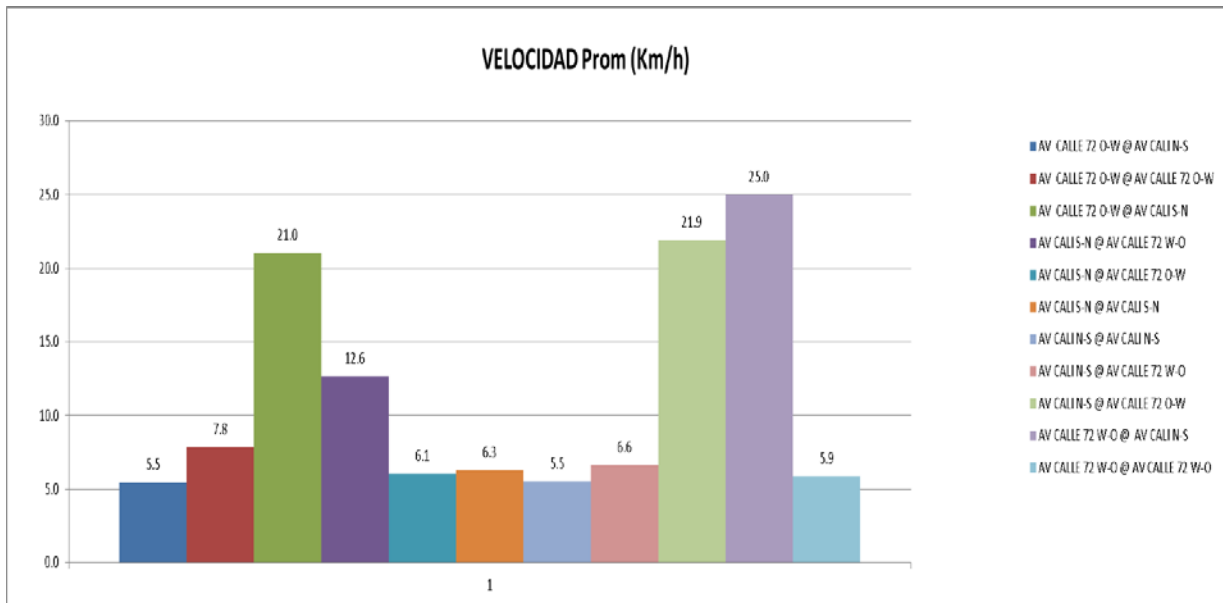
Fuente: Propia

Grafica 19 Tiempo de viaje trafico proyectado a 5 Años



Fuente: Propia

Grafica 20 Velocidad Promedio (km/h) trafico proyectado a 5 Años



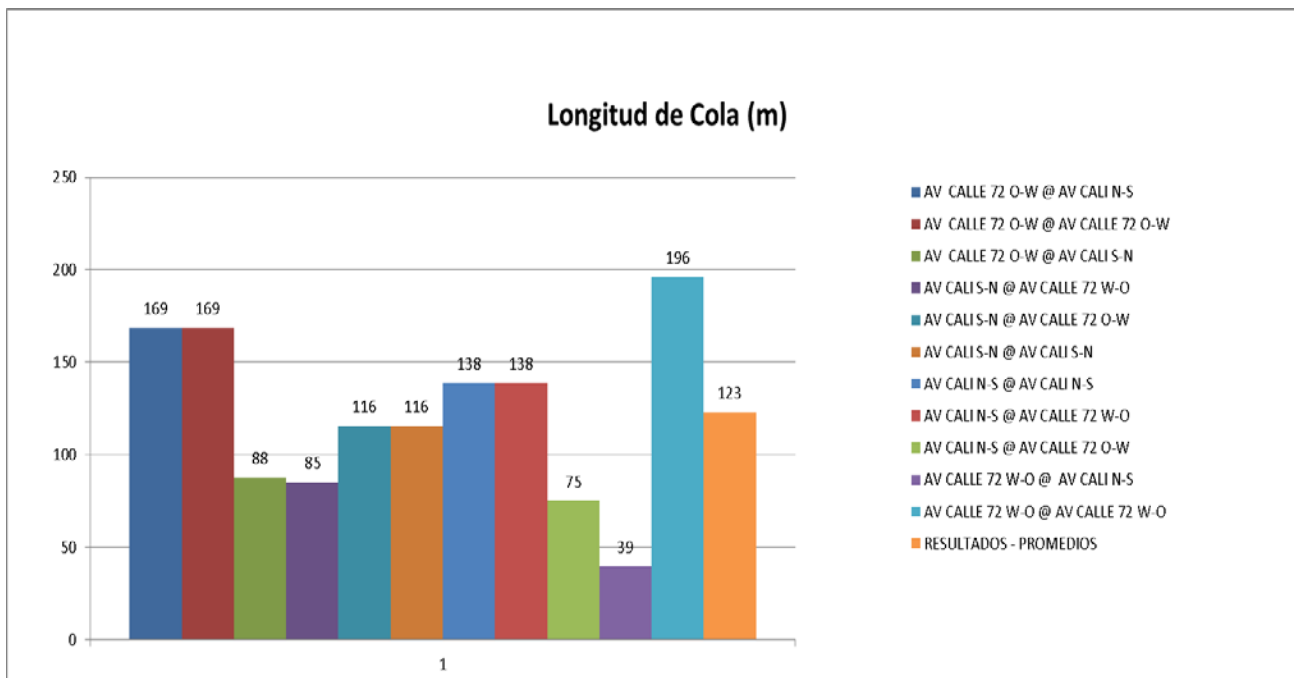
Fuente: Propia

7.6.3 Modelación Intersección actual trafico proyectado a 10 años

Los resultados de la intersección actual con trafico proyectado 10 años muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO2, NOx, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas.

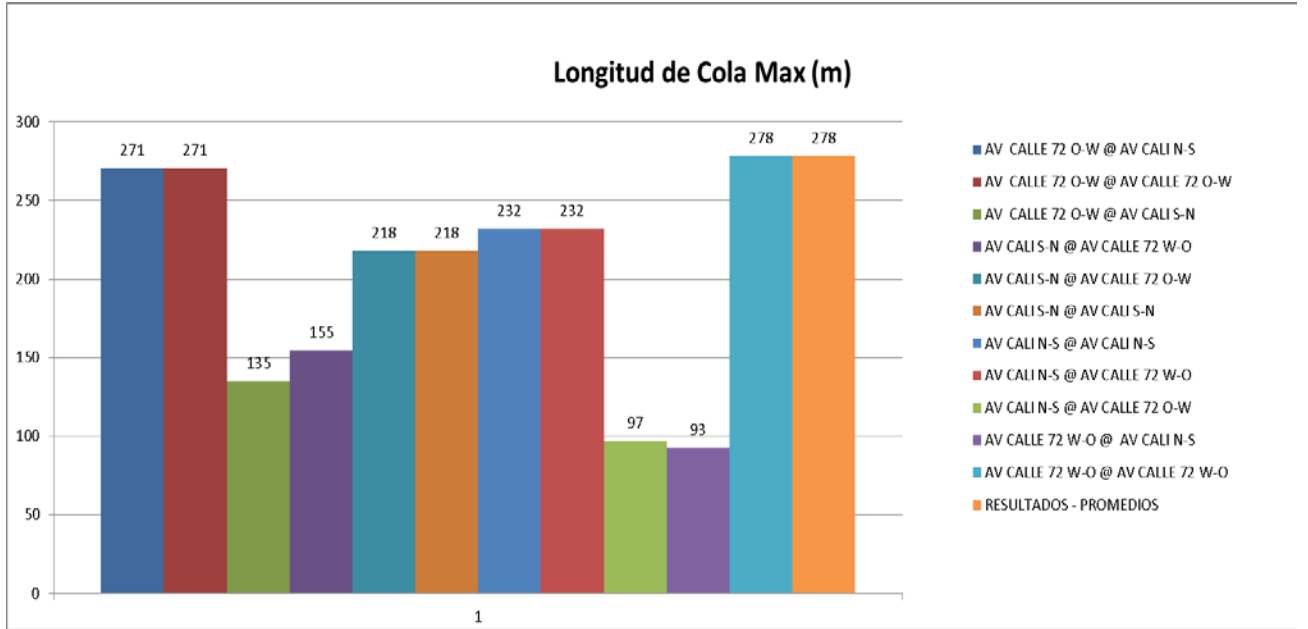
Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo Y** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Grafica 21 Longitud de Cola trafico proyectado a 10 Años



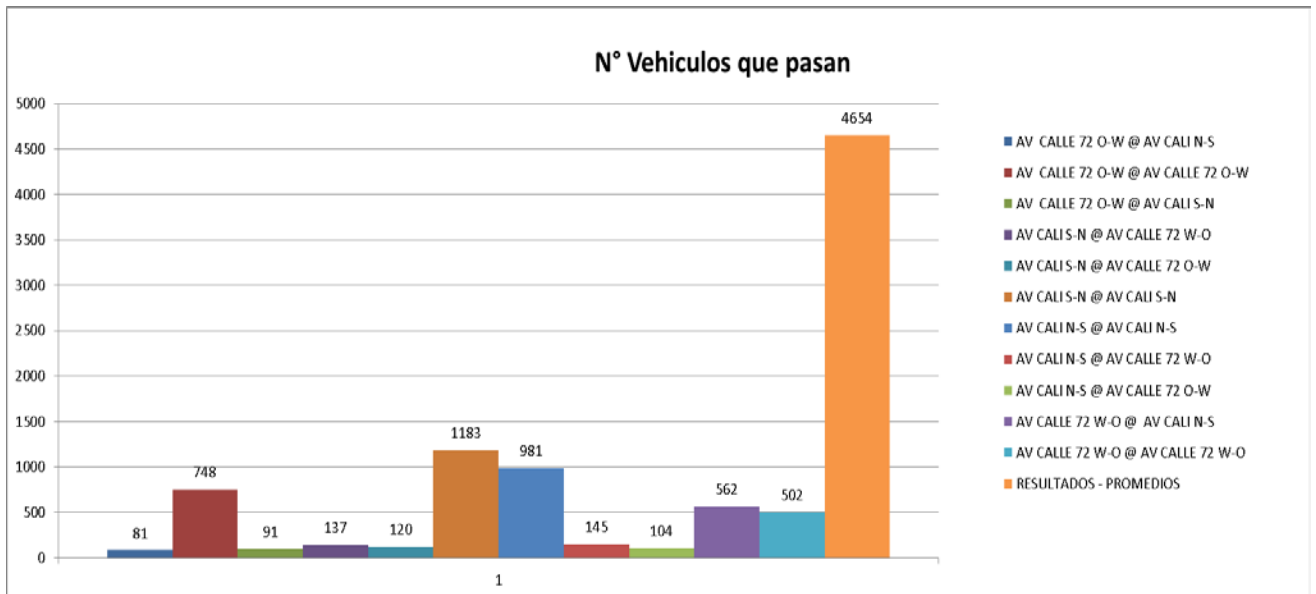
Fuente: Propia

Grafica 22 Longitud de cola máxima tráfico proyectado a 10 Años



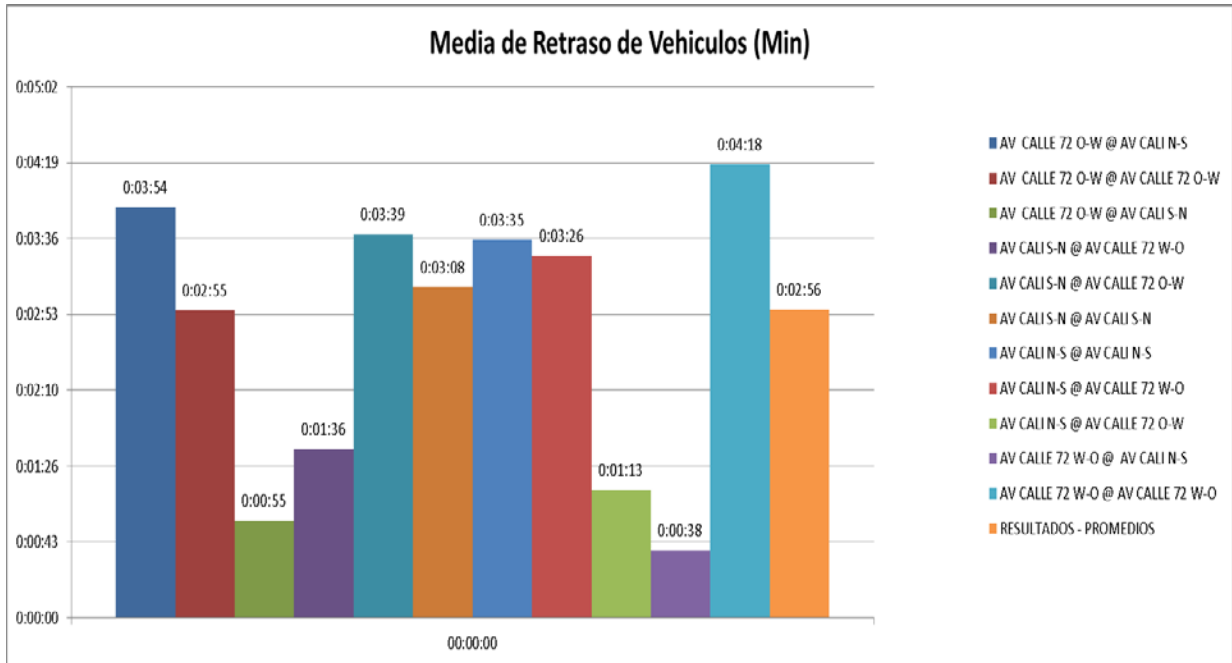
Fuente: Propia

Grafica 23 Numero vehículos que pasan tráfico proyectado a 10 Años



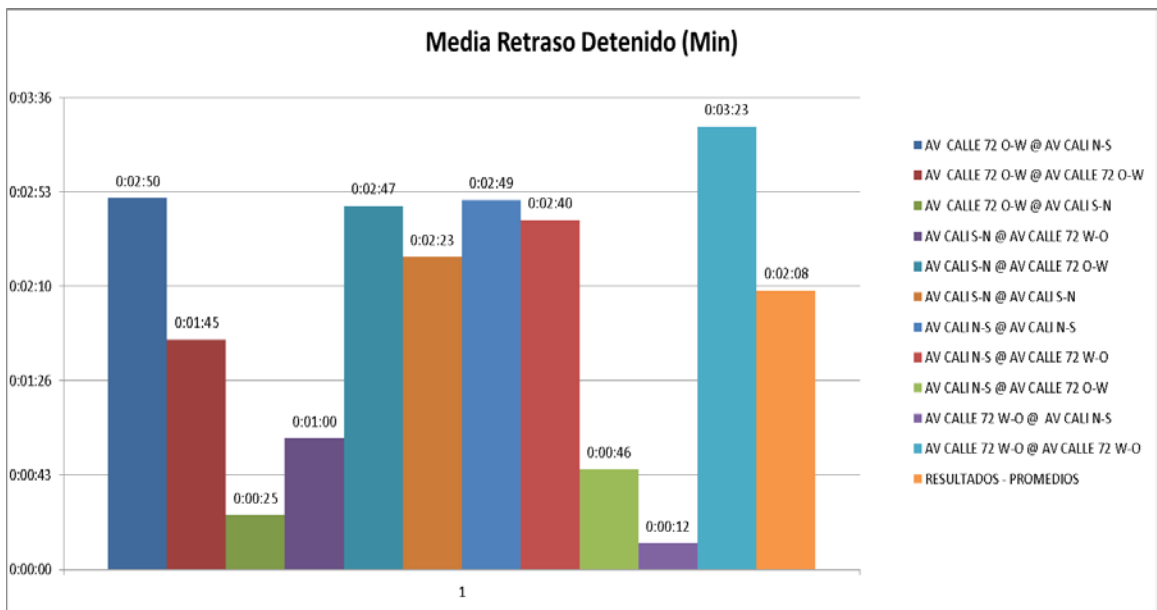
Fuente: Propia

Grafica 24 Media retraso de vehículos tráfico proyectado a 10 Años



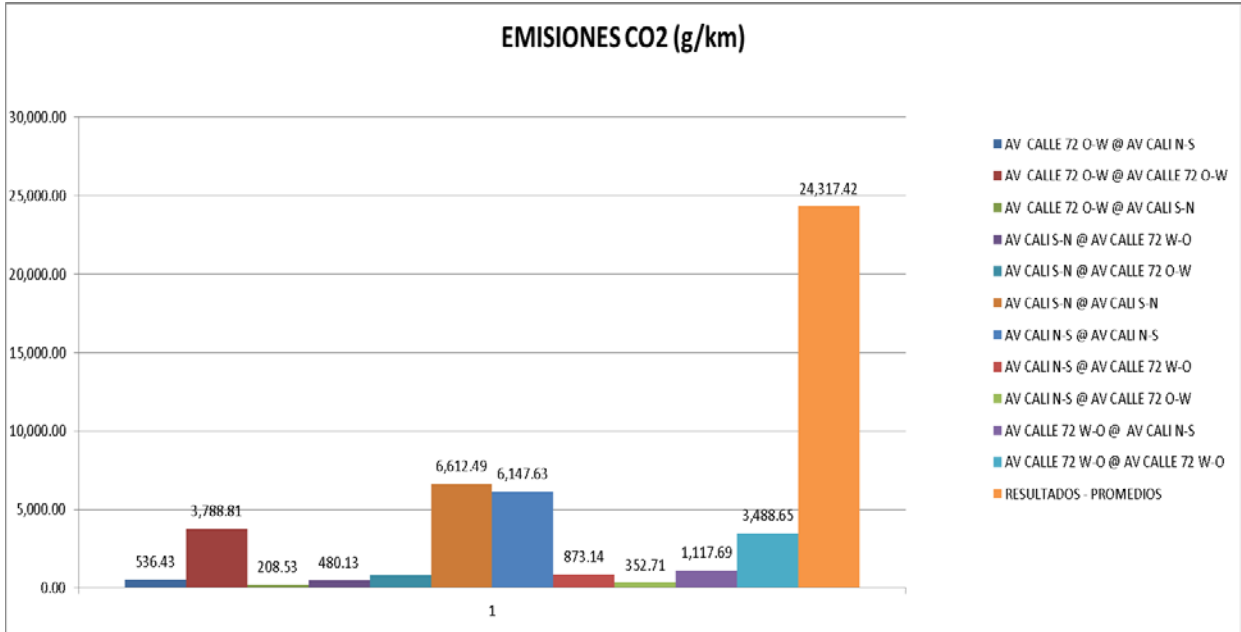
Fuente: Propia

Grafica 25 Media retraso detenido tráfico proyectado a 10 Años



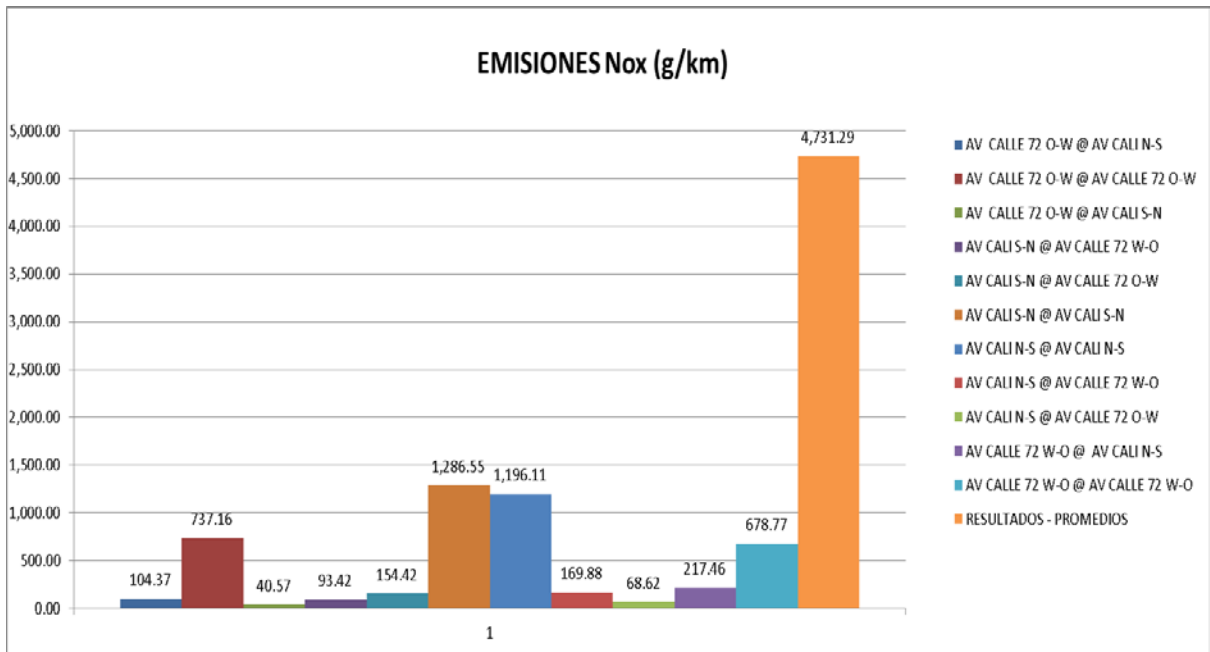
Fuente: Propia

Grafica 26 Emisiones Co2 trafico proyectado a 10 Años



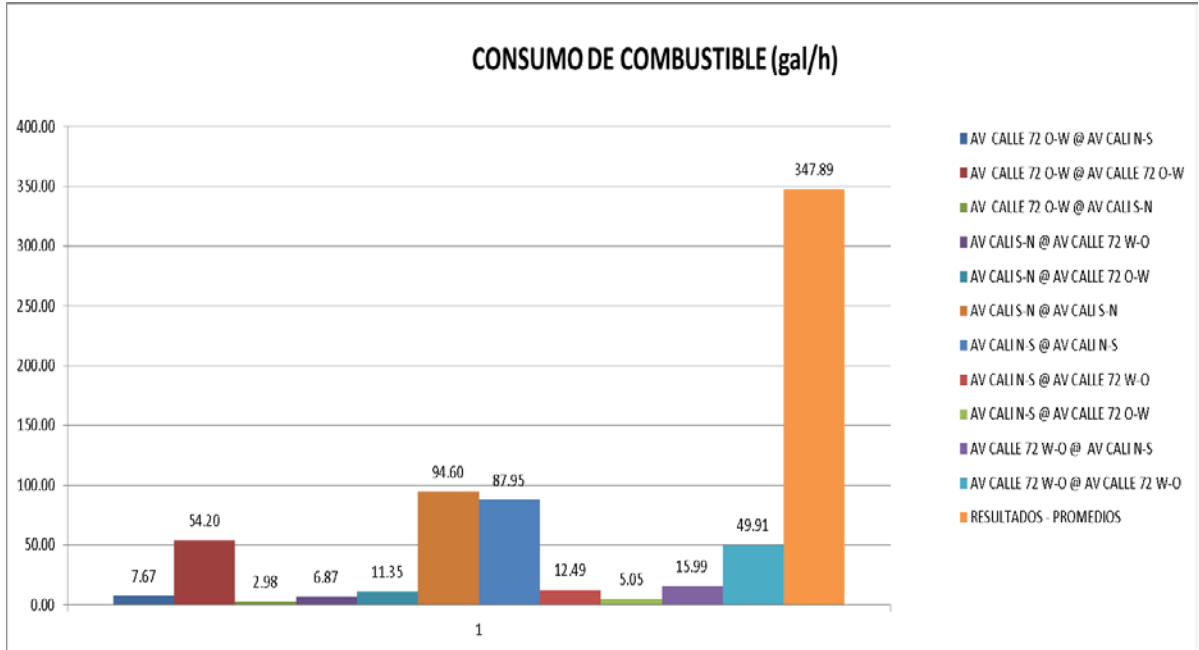
Fuente: Propia

Grafica 27 Emisiones de NOx trafico proyectado a 10 Años



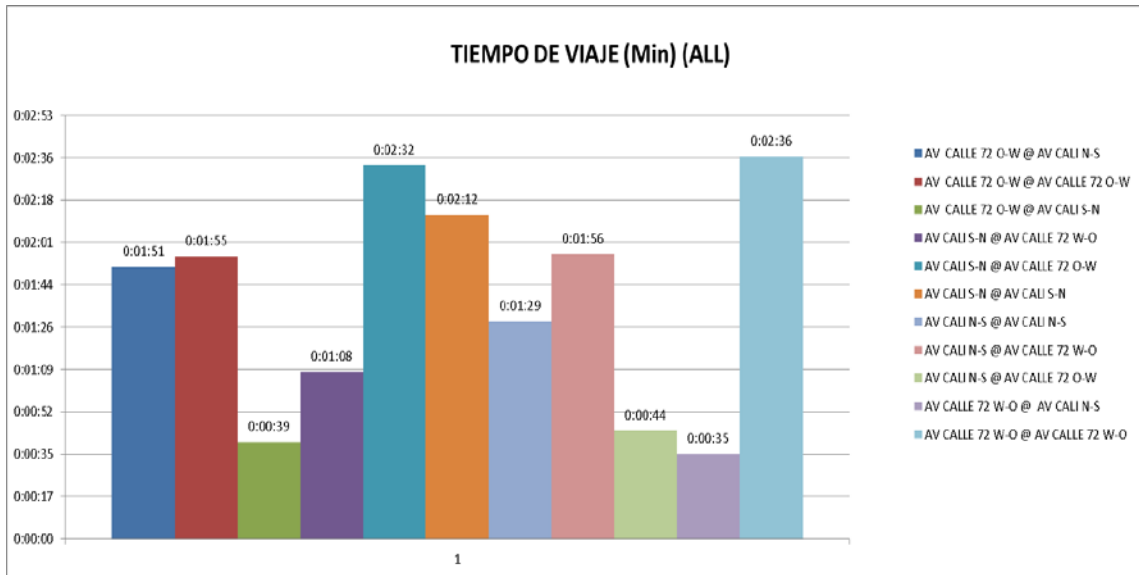
Fuente: Propia

Grafica 28 Consumo de combustible trafico proyectado a 10 Años



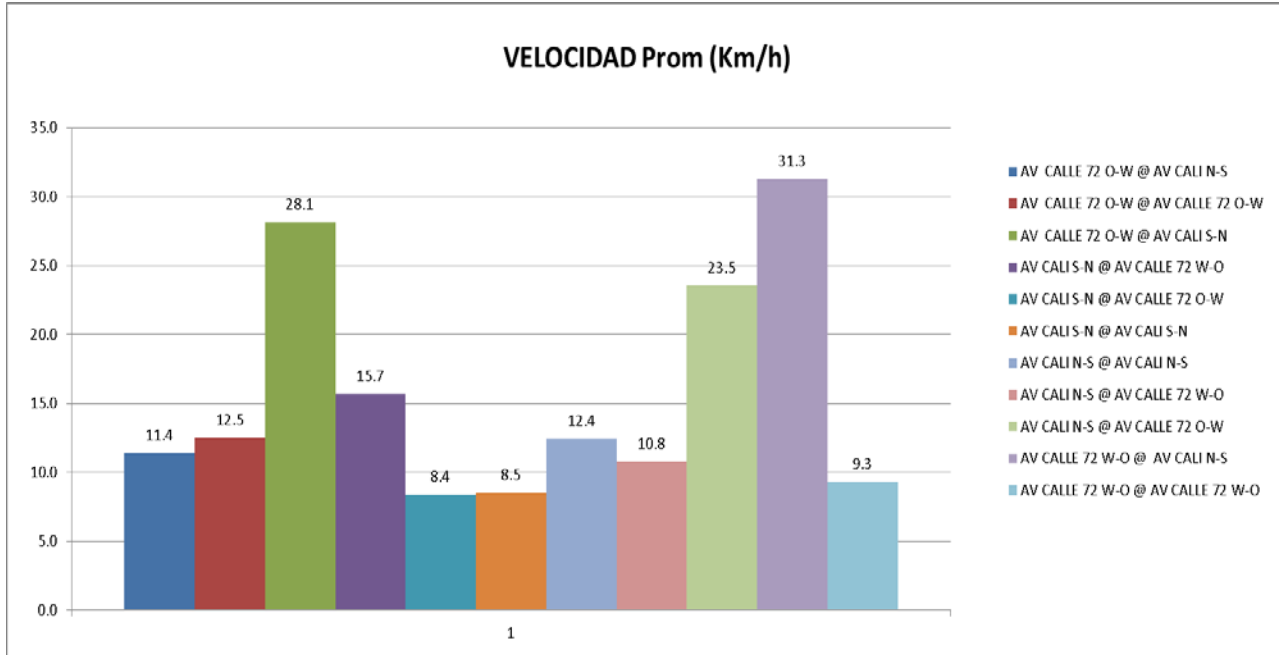
Fuente: Propia

Grafica 29 Tiempo de viaje trafico proyectado a 10 Años



Fuente: Propia

Grafica 30 Velocidad Promedio (km/h) trafico proyectado a 10 Años



Fuente: Propia

7.7 MODELACIÓN GLORIETA A NIVEL OPCIÓN 1

7.7.1 Modelación glorieta a nivel trafico actual

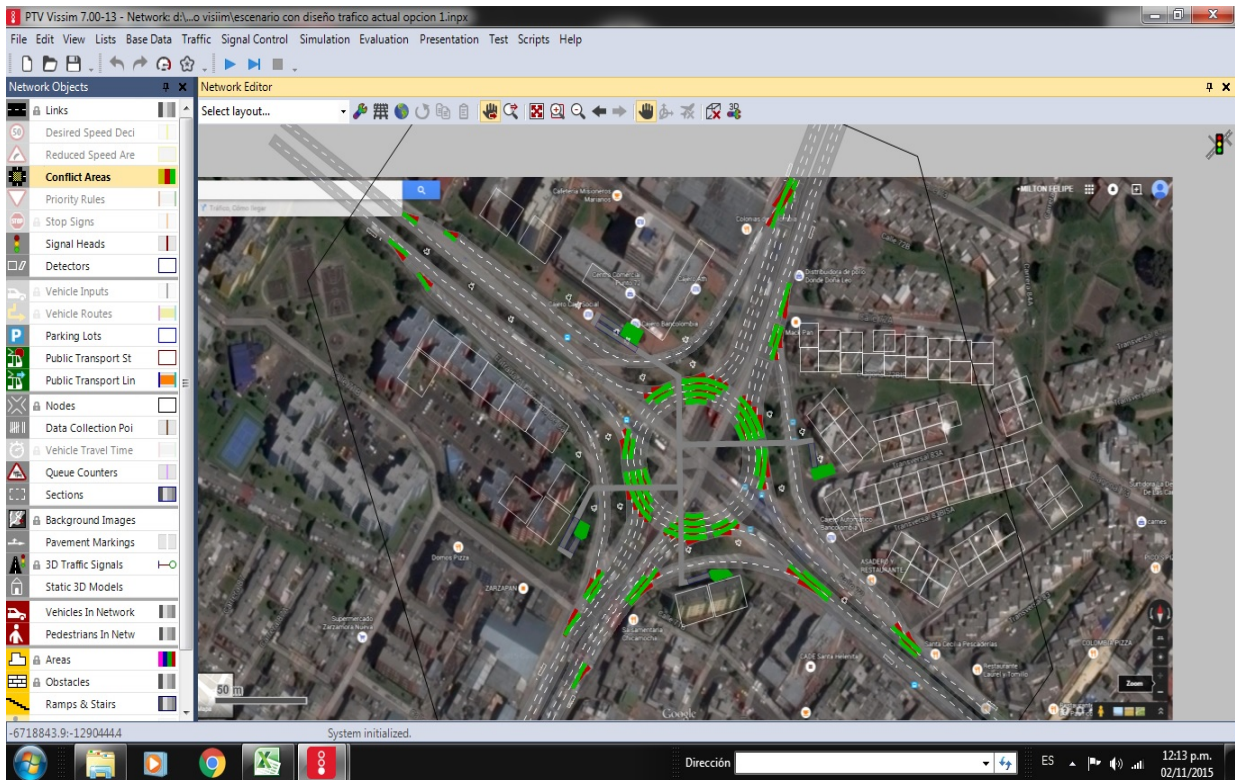
En el software de micro simulación VISSIM 7.0 se procedió a hacer la modelación de la glorieta a nivel como opción de diseño 1. En base a los datos de los aforos y diseño geométrico con el fin de obtener la mejor exactitud y confiabilidad en los resultados arrojados por el programa que más se ajusten a la realidad.

Para esta modelación se tuvieron en cuenta los volúmenes mixtos por acceso, porcentaje de vehículos que pasan por tipo, rutas estáticas, señalización vial, peatones e inventario de predios y edificaciones tal como se observa en la Imagen 62.

Fuente: Propia

Se analizaron en la modelacion unas areas de conflicto lugar donde coinciden dos o más trayectorias de vehículos y peatones tal como se observa en la Imagen 64.

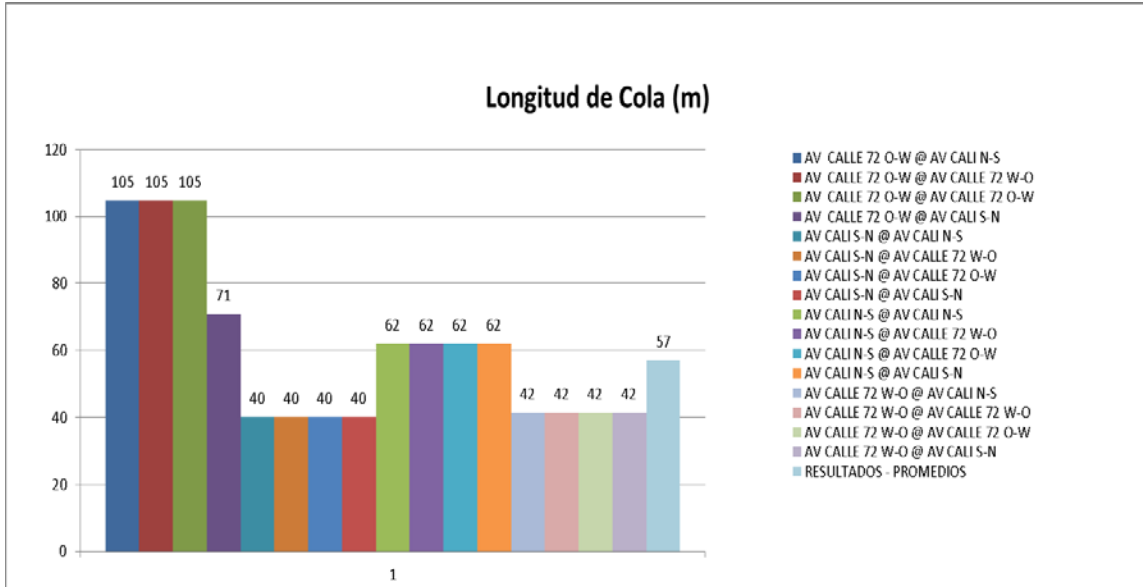
Imagen 64 Áreas de conflicto trafico actual diseño glorieta opción (1)



Fuente:Propia

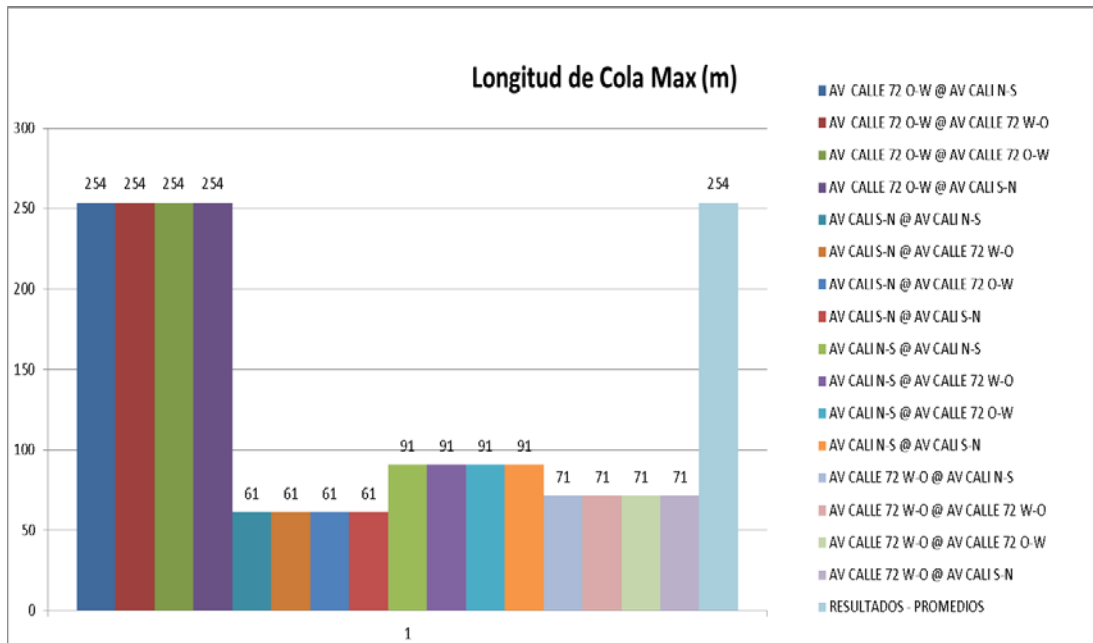
Los resultados de la glorieta a nivel con trafico actual muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO2, NOx, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas. Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo Z** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Grafica 31 Longitud de cola trafico actual diseño glorieta opción (1)



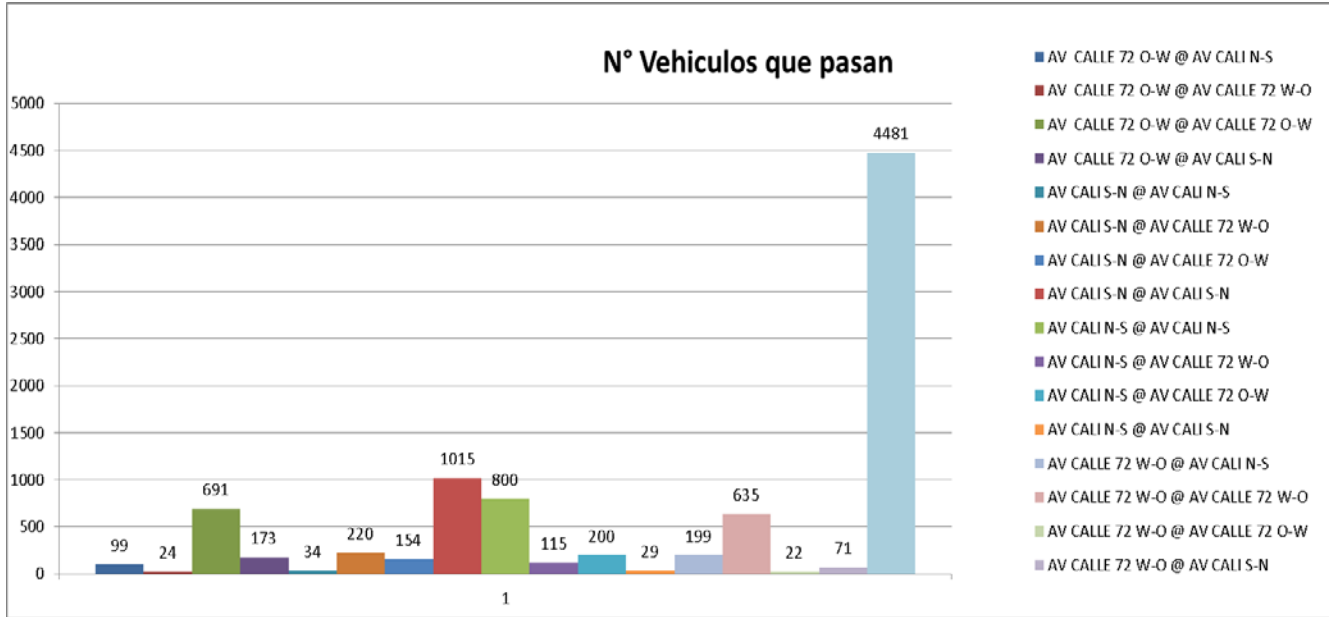
Fuente: Propia

Grafica 32 Longitud de cola máxima trafico actual diseño glorieta opción (1)



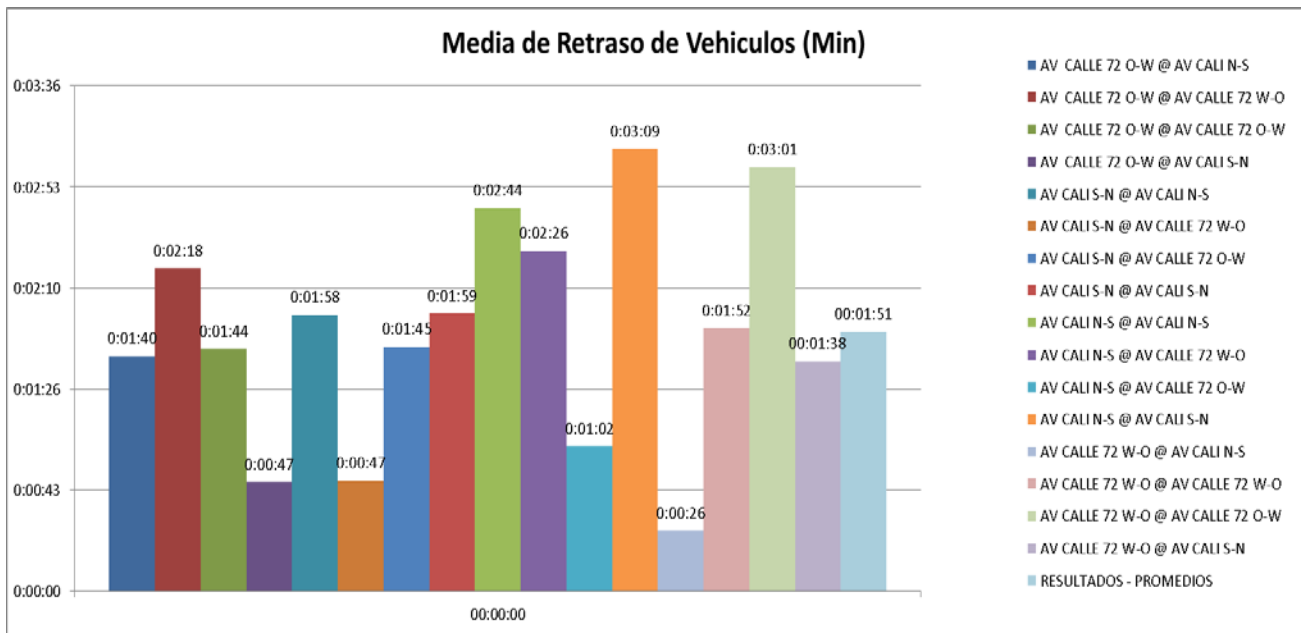
Fuente: Propia

Grafica 33 Numero vehiculos que pasan trafico actual diseño glorieta opción (1)



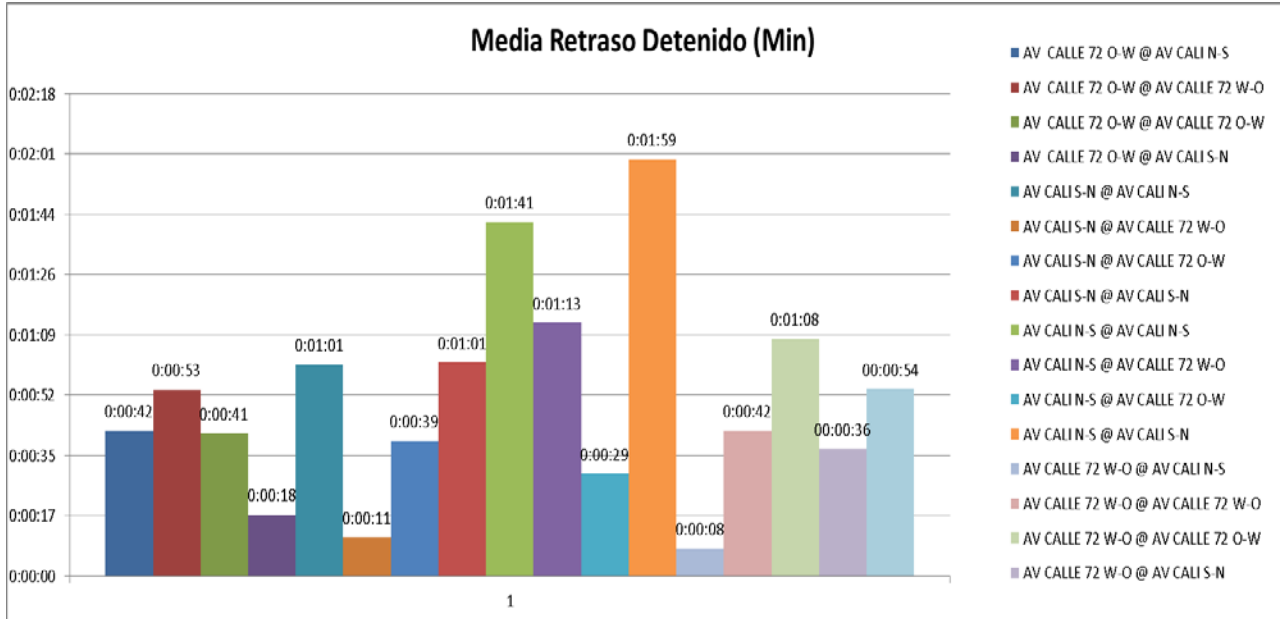
Fuente: Propia

Grafica 34 Media retraso de vehículos trafico actual diseño glorieta opción (1)



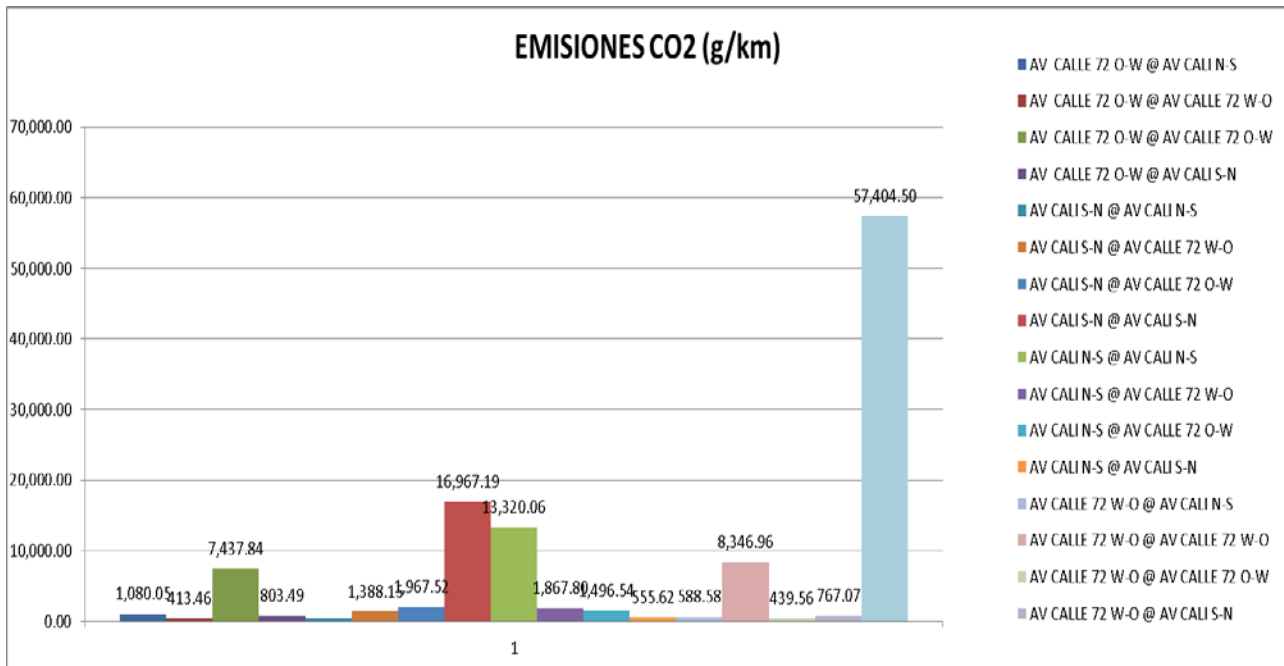
Fuente: Propia

Grafica 35 Media de retraso detenido trafico actual diseño glorieta opción (1)



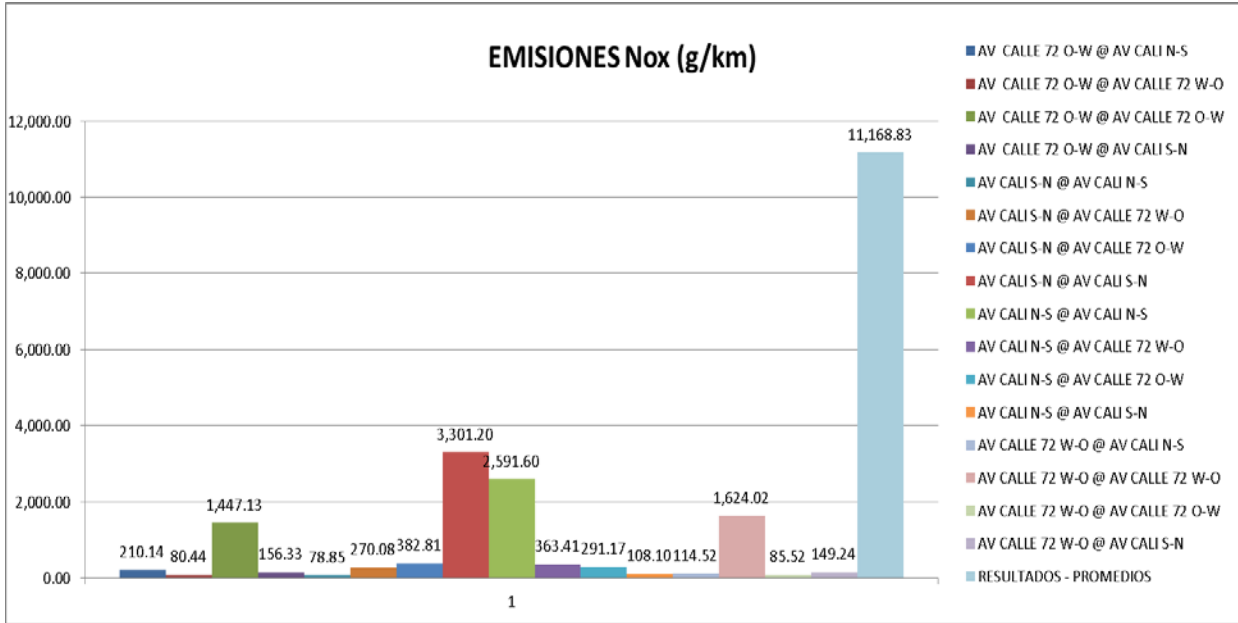
Fuente: Propia

Grafica 36 Emisiones Co2 trafico actual diseño glorieta opción (1)



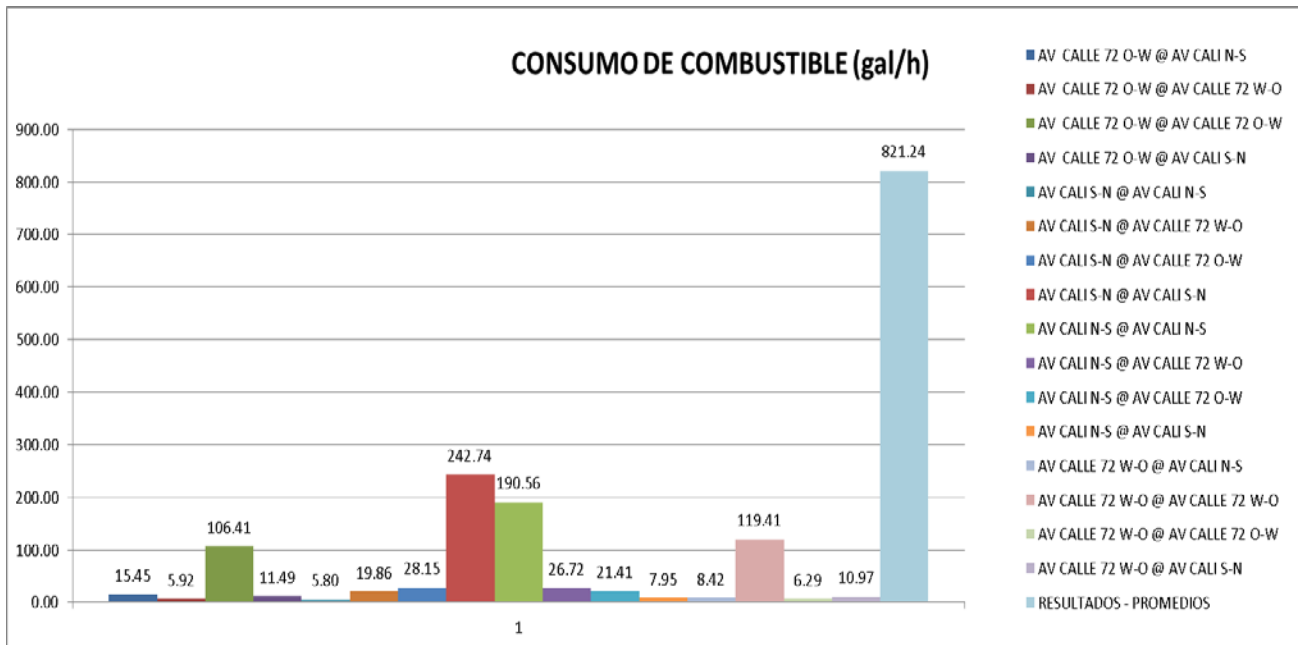
Fuente: Propia

Grafica 37 Emisiones de NOx trafico actual diseño glorieta opción (1)



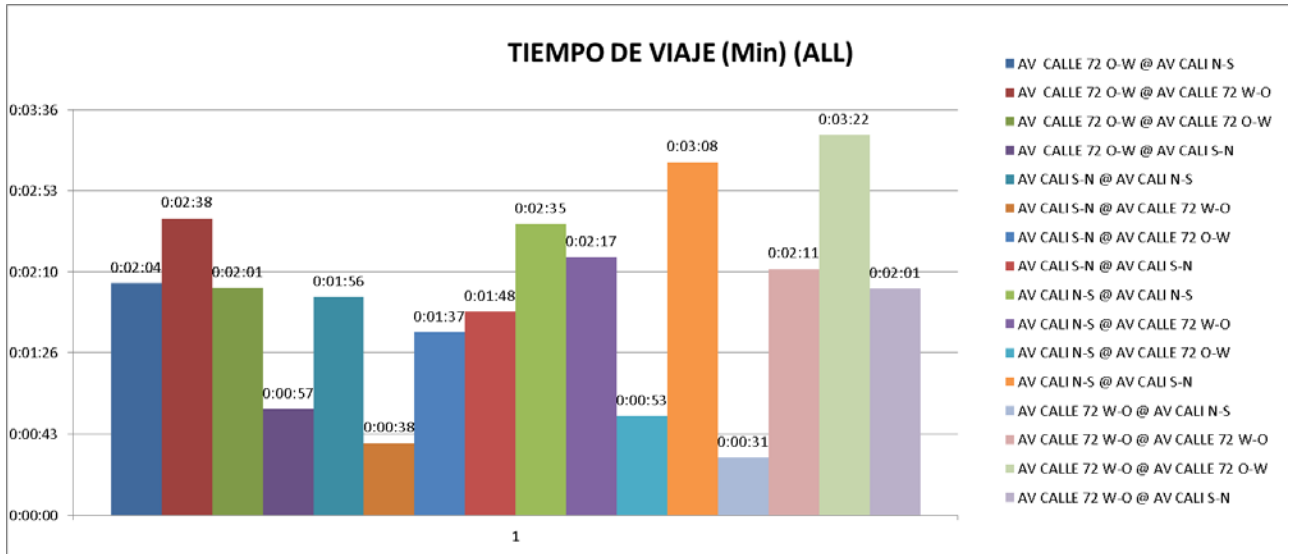
Fuente: Propia

Grafica 38 Consumo de combustible trafico actual diseño glorieta opción (1)



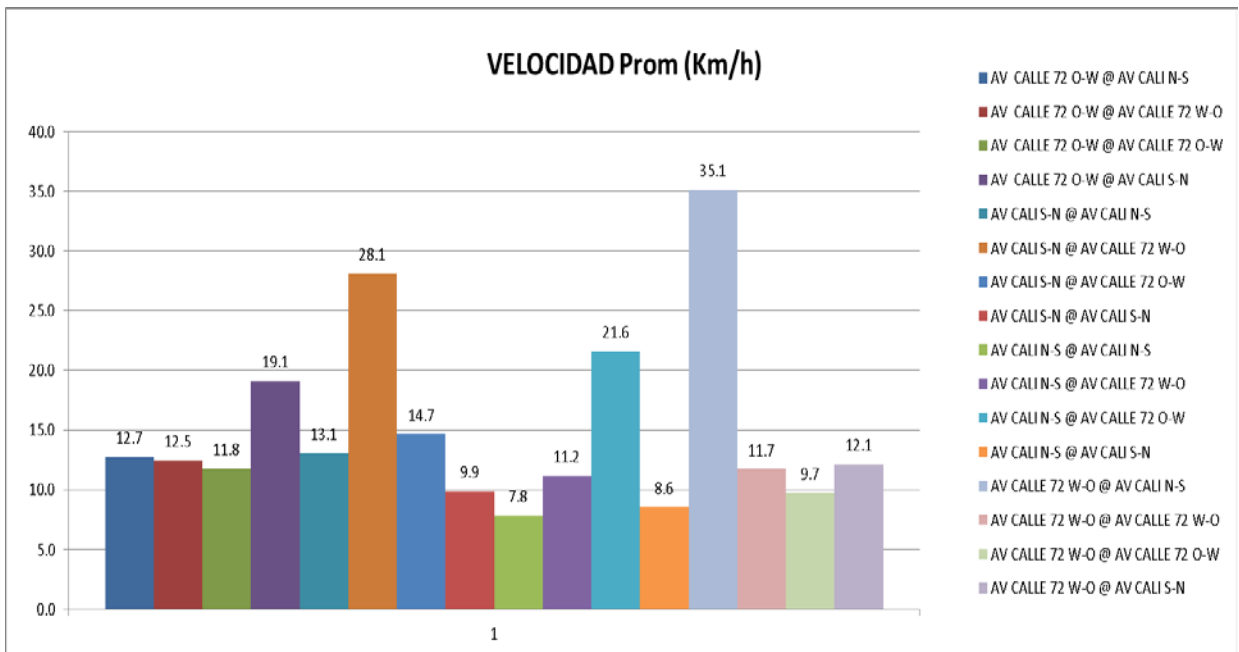
Fuente: Propia

Grafica 39 Tiempo de viaje trafico actual diseño glorieta opción (1)



Fuente: Propia

Grafica 40 Velocidad promedio (km/h) trafico actual diseño glorieta opción (1)



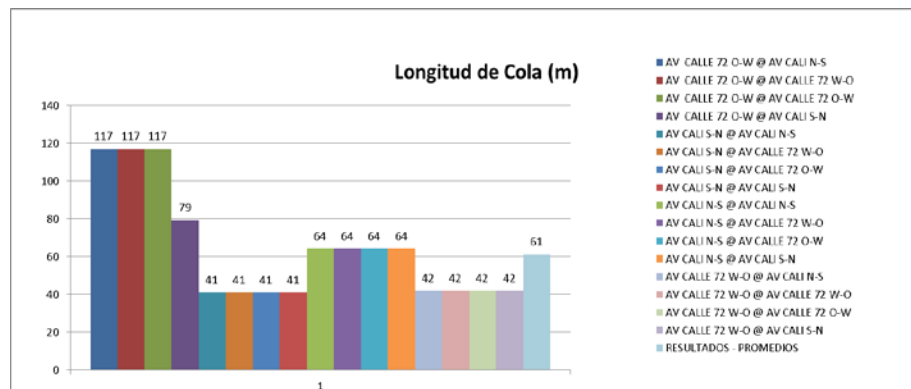
Fuente: Propia

7.7.2 Modelación glorieta a nivel trafico proyectado a 10 años

Los resultados de la glorieta a nivel con trafico proyectado a 10 años muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO2, NOx, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas.

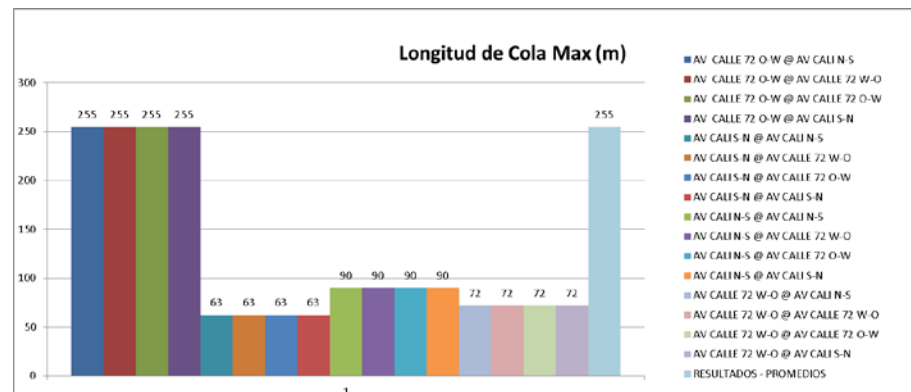
Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo AA** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Grafica 41 Longitud de cola trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



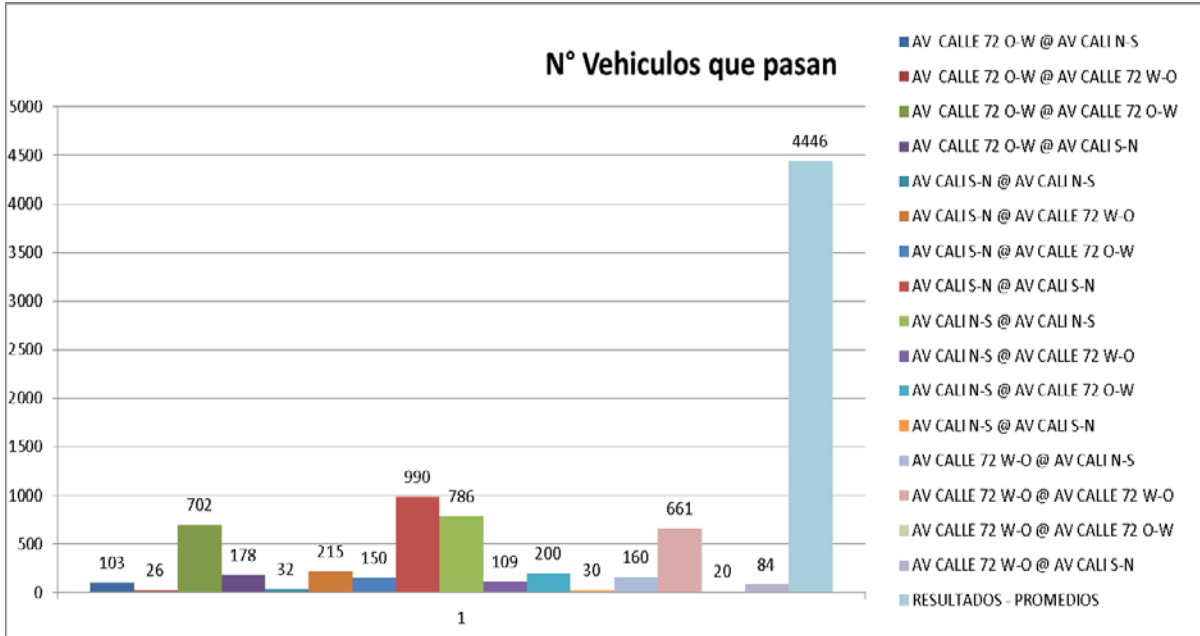
Fuente: Propia

Grafica 42 Longitud de cola máxima trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



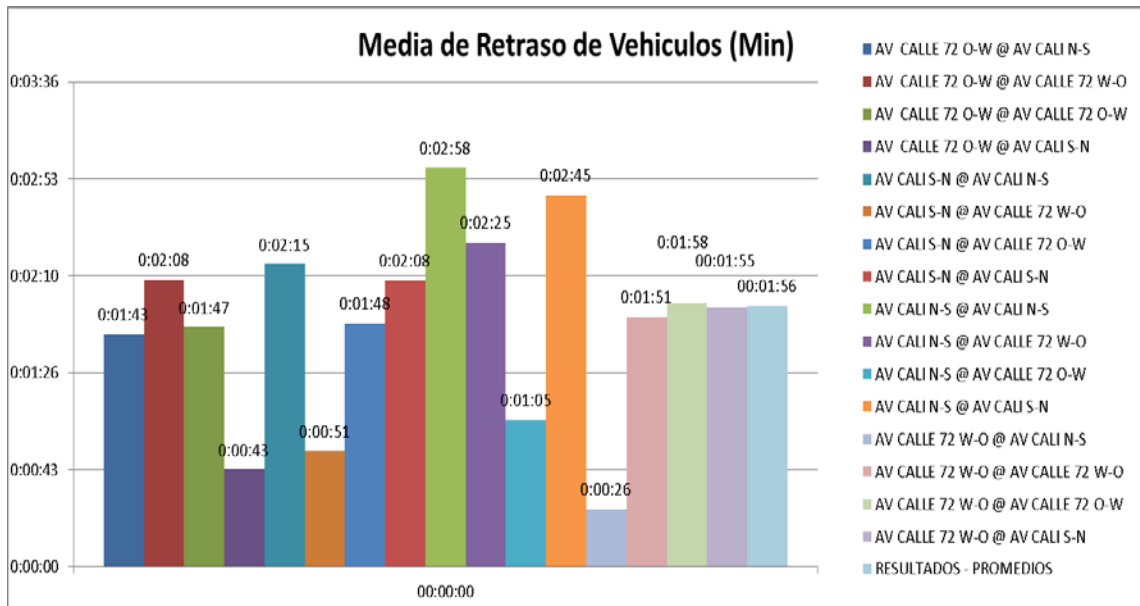
Fuente: Propia

Grafica 43 Numero vehículos que pasan trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



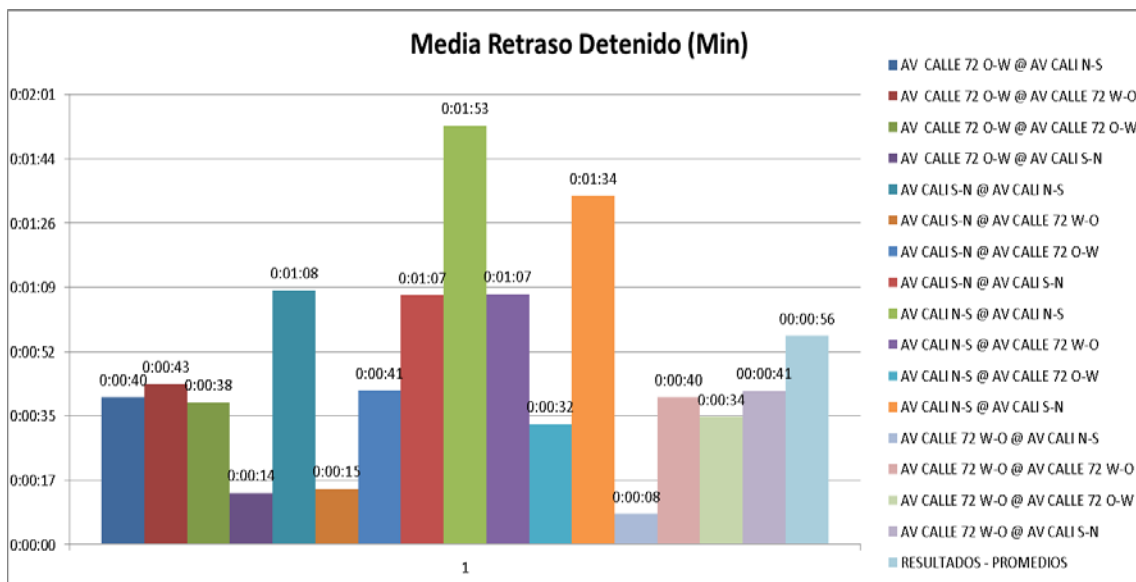
Fuente: Propia

Grafica 44 Media retraso de vehículos tráfico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



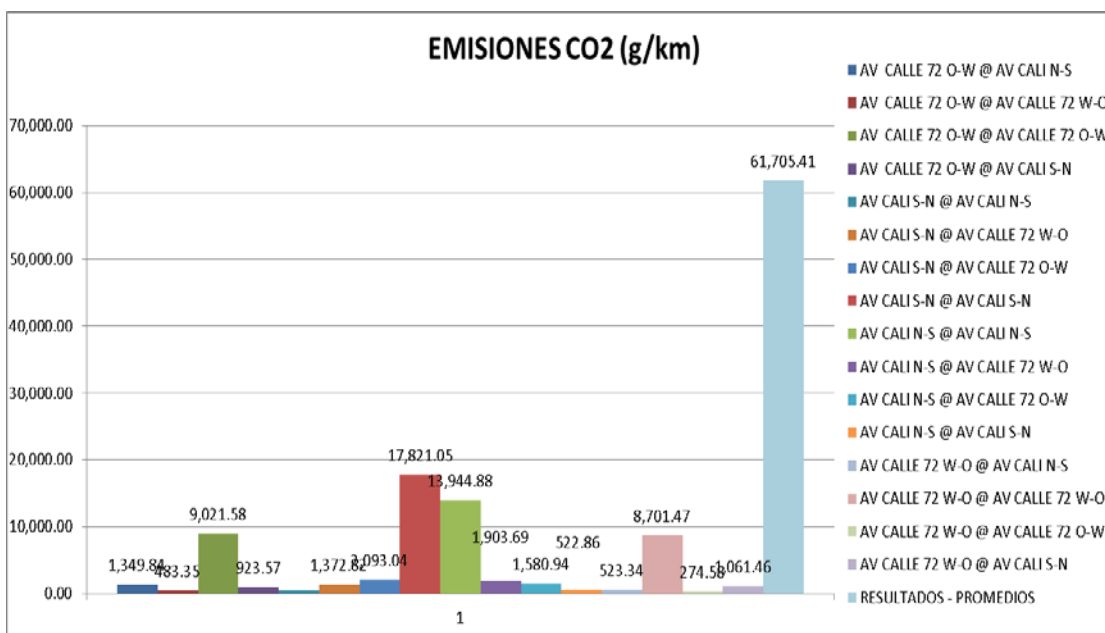
Fuente: Propia

Grafica 45 Media retraso detenido tráfico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



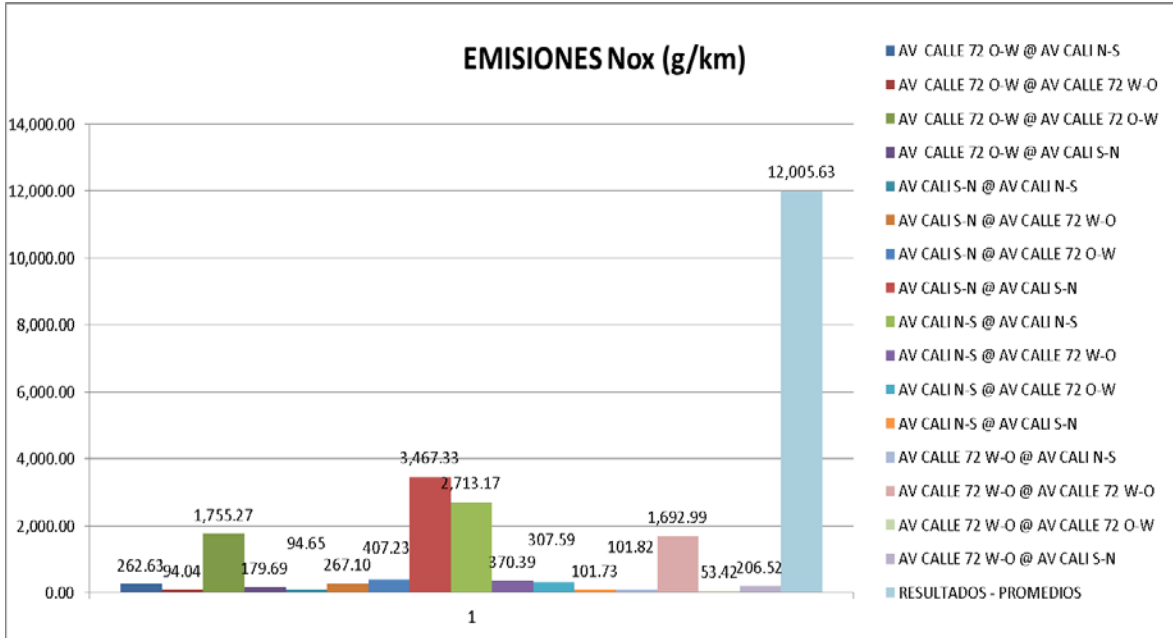
Fuente: Propia

Grafica 46 Emisiones Co2 trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



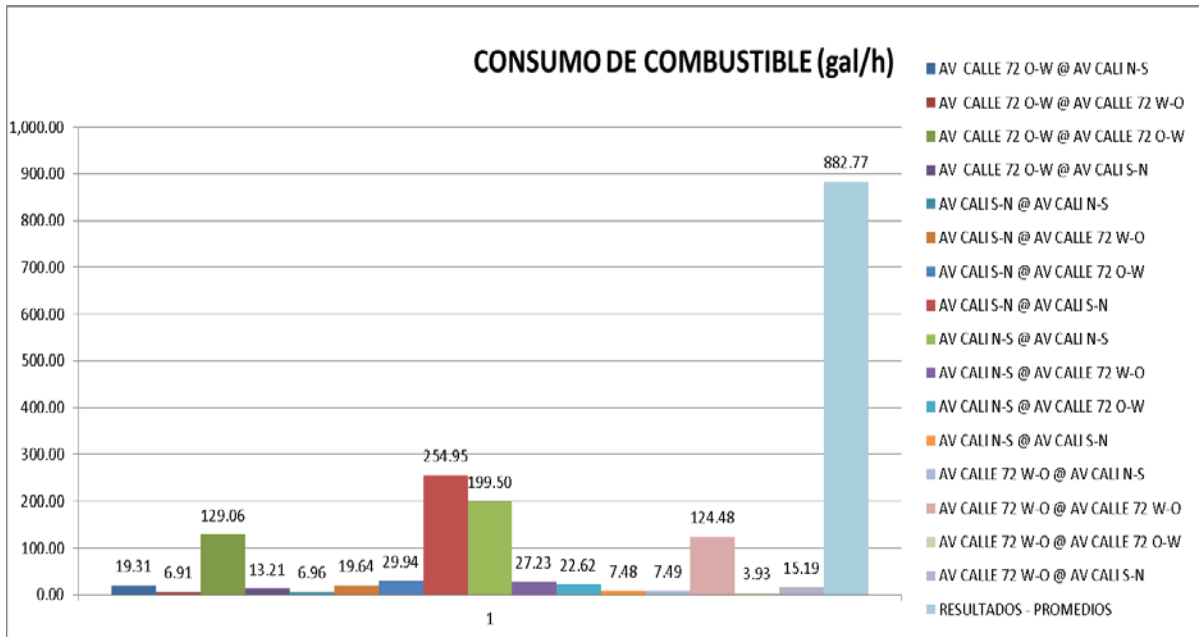
Fuente: Propia

Grafica 47 Emisiones de NOx trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



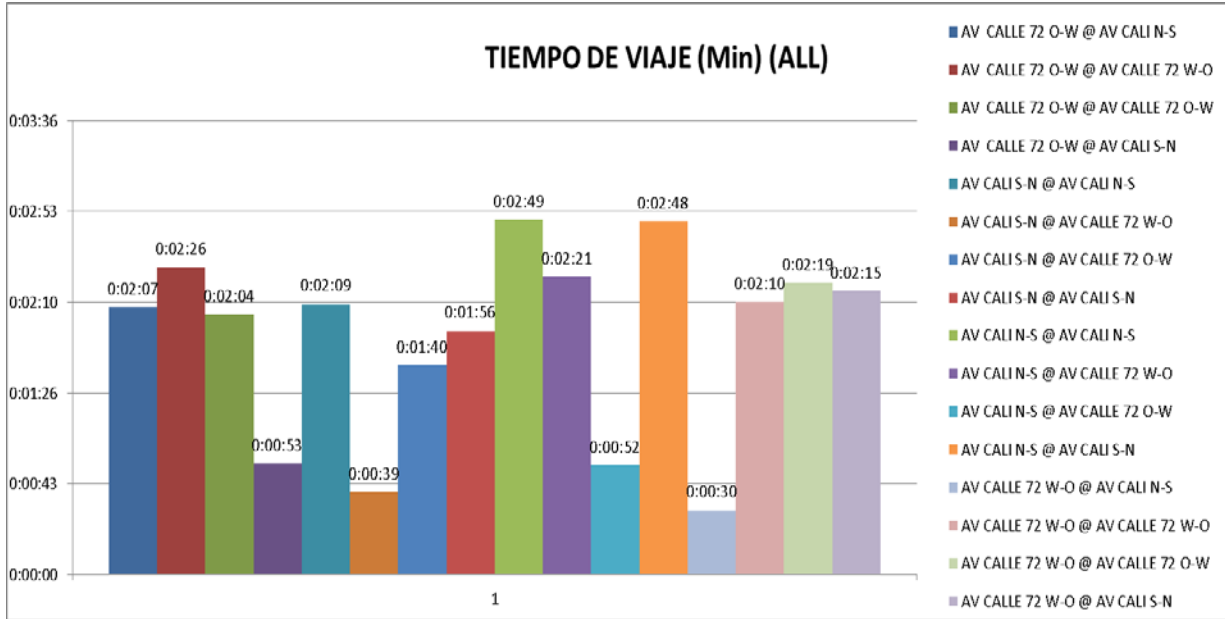
Fuente: Propia

Grafica 48 Consumo de combustible trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



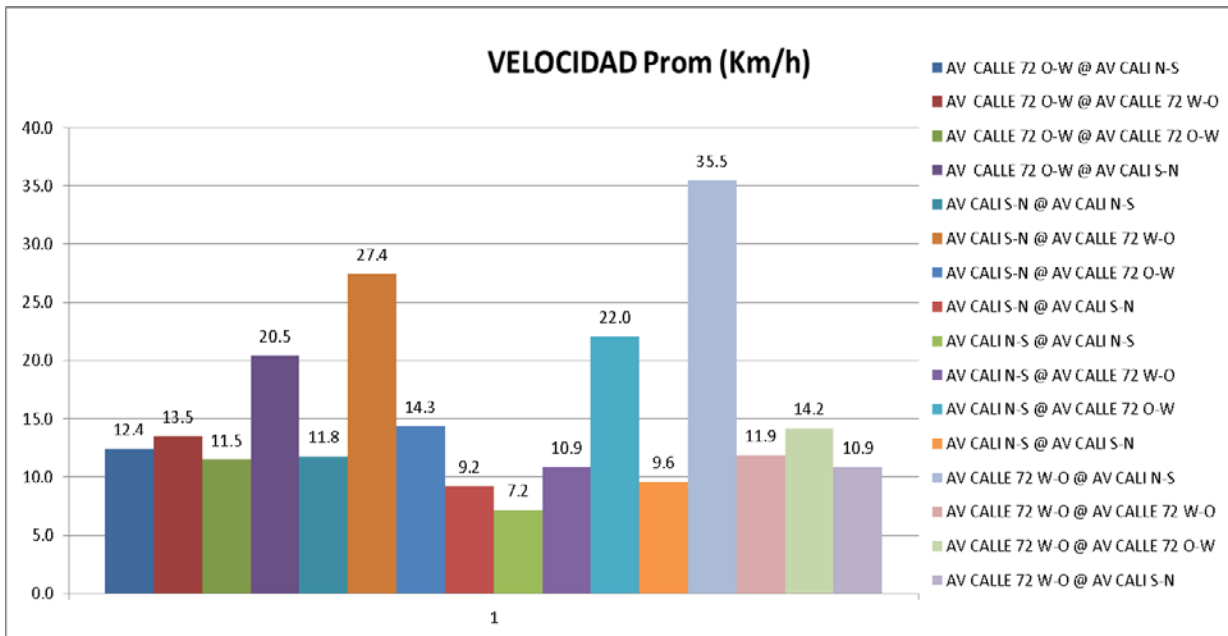
Fuente: Propia

Grafica 49 Tiempo de viaje trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



Fuente: Propia

Grafica 50 Velocidad Promedio (km/h) trafico proyectado a 10 Años glorieta opción (1)



Fuente: Propia

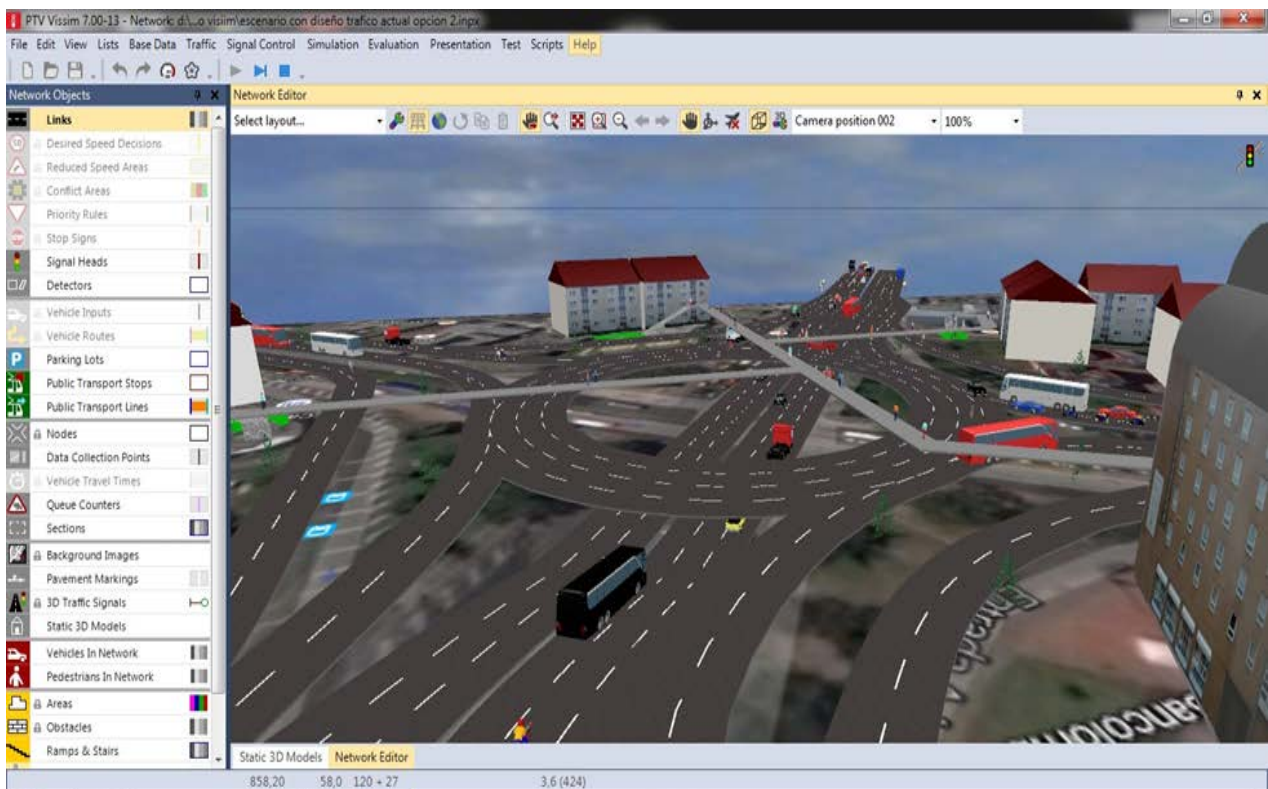
7.8 MODELACIÓN GLORIETA ELEVADA CON DEPRIMIDO OPCIÓN 2

7.8.1 Modelación glorieta con Deprimido trafico actual

En el software de micro simulación VISSIM 7.0 se procedió a hacer la modelación de la glorieta con deprimido que va por la avenida ciudad de Cali .En base a los datos de los aforos y diseño geométrico con el fin de obtener la mejor exactitud y confiabilidad en los resultados arrojados por el programa que más se ajusten a la realidad.

Para esta modelación se tuvieron en cuenta los volúmenes mixtos por acceso, porcentaje de vehículos que pasan por tipo, rutas estáticas, señalización vial, peatones e inventario de predios y edificaciones tal como se observa en la Imagen 65.

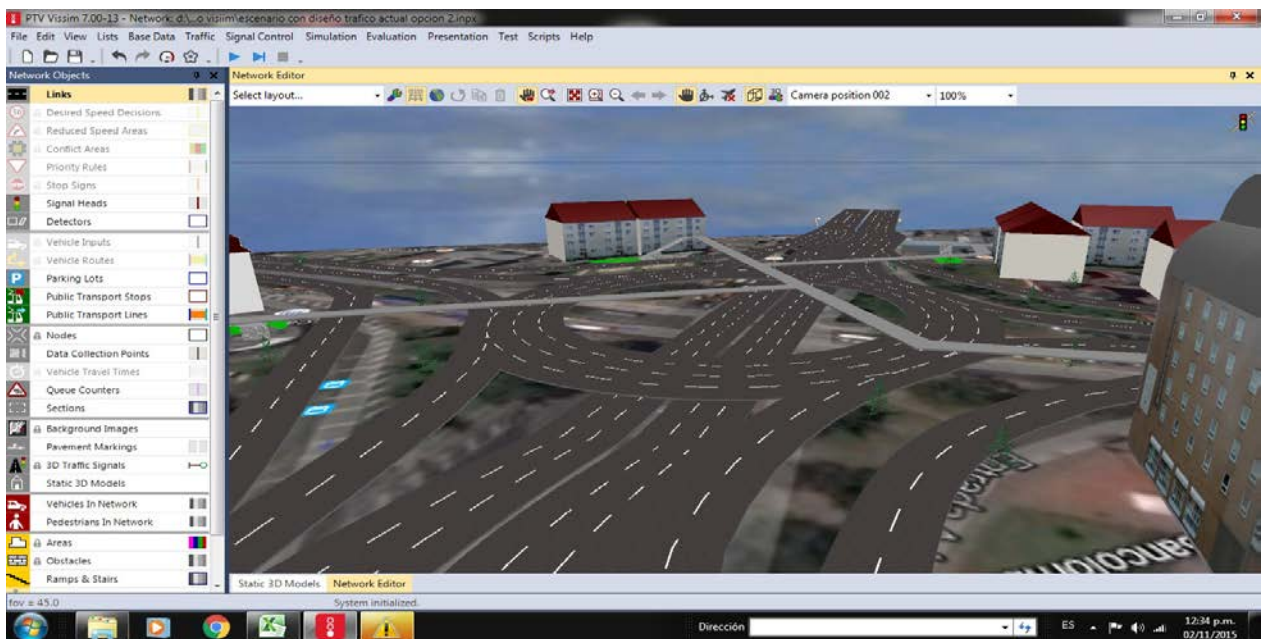
Imagen 65 Modelación Glorieta con Deprimido



Fuente: Propia

Para determinar la mejor solución en la intersección se mantuvieron las vías de acceso y salida según su categoría Av. Calle 72 (V-3) conformadas por 2 carriles, y la Av. Cali(V-2) conformada por 4 carriles con el fin de diseñar un Round Point de 4 Carriles de 3.50m cada uno.

Imagen 66 Vías de Acceso

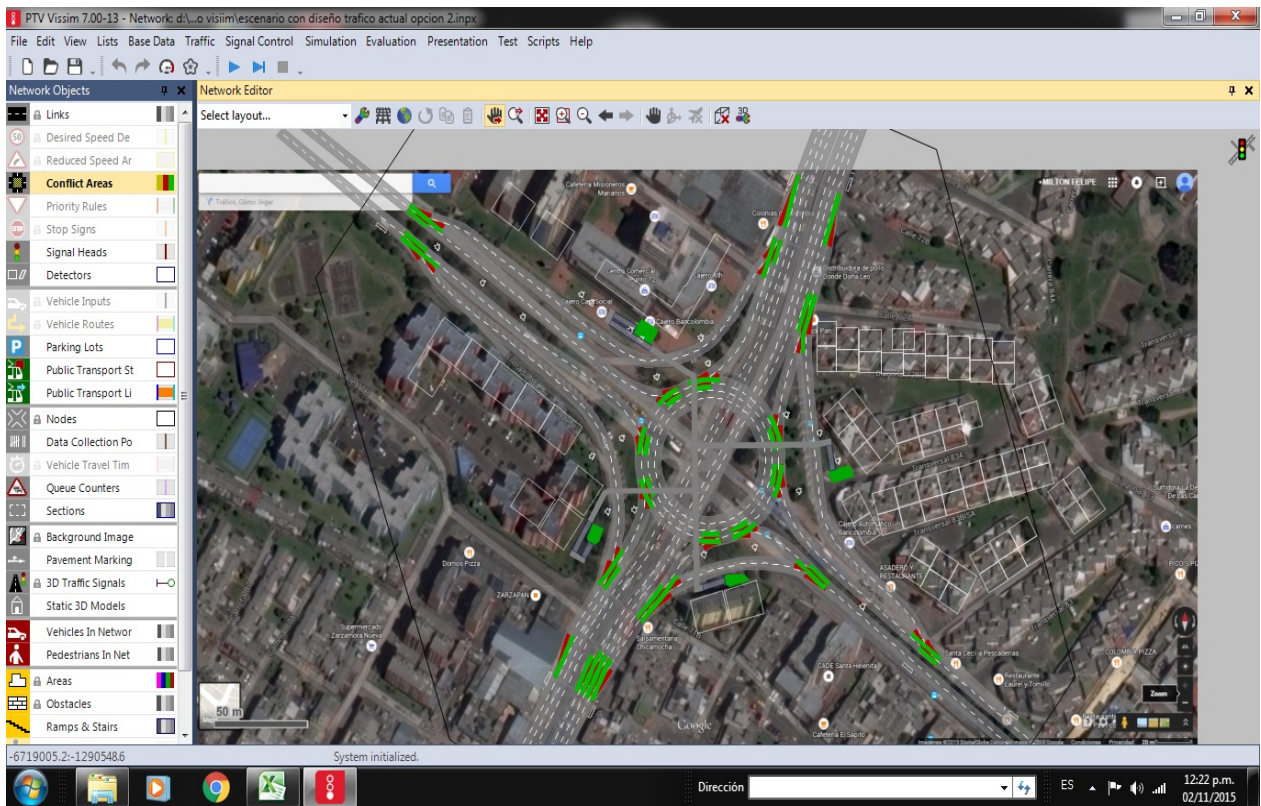


Fuente: Propia

La geometría de las glorietas genera una reducción muy importante en el número de puntos de conflicto, respecto a las intersecciones convencionales; Cabe aclarar que estos puntos teóricos de conflicto corresponden únicamente a la operación de los vehículos automotores que, en principio, son los que circularían por los carriles canalizados físicamente.

Se observo en la modelacion unas areas de conflicto lugar donde coinciden dos o más trayectorias de vehículos y peatones tal como se observa en la Imagen 67.

Imagen 67 Áreas de Conflicto tráfico actual diseño glorieta opción (2)

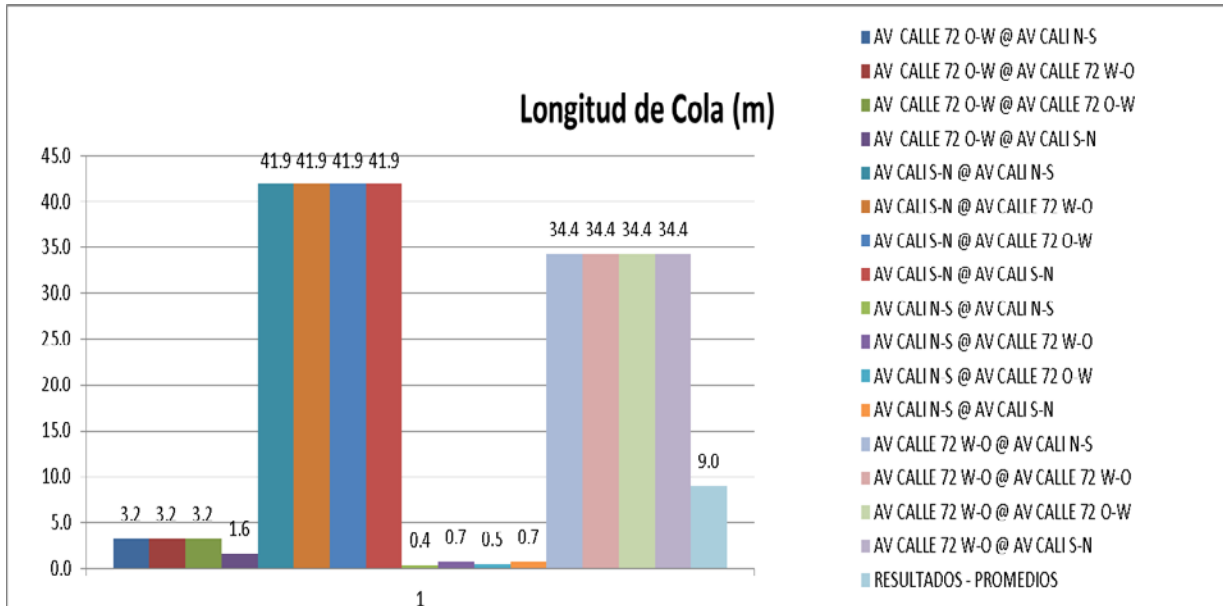


Fuente:Propia

Los resultados de la glorieta elevada con deprimido y tráfico actual muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO₂, NO_x, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas.

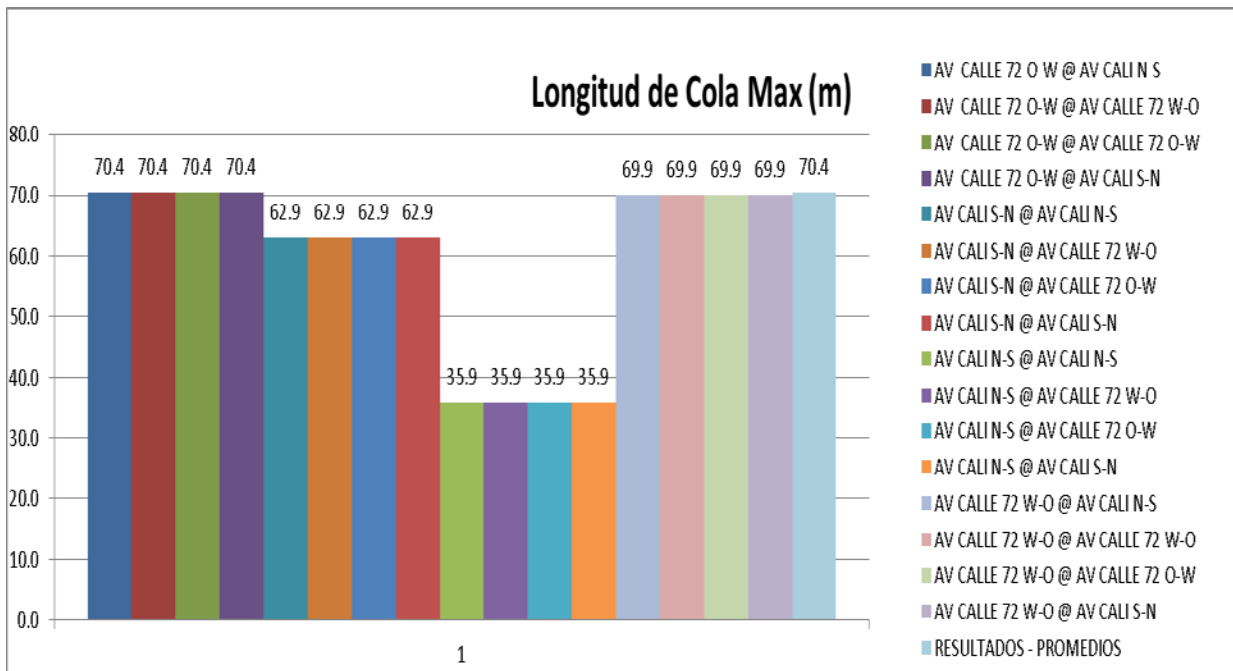
Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo AB** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Grafica 51 Longitud de Cola trafico actual diseño glorieta opción (2)



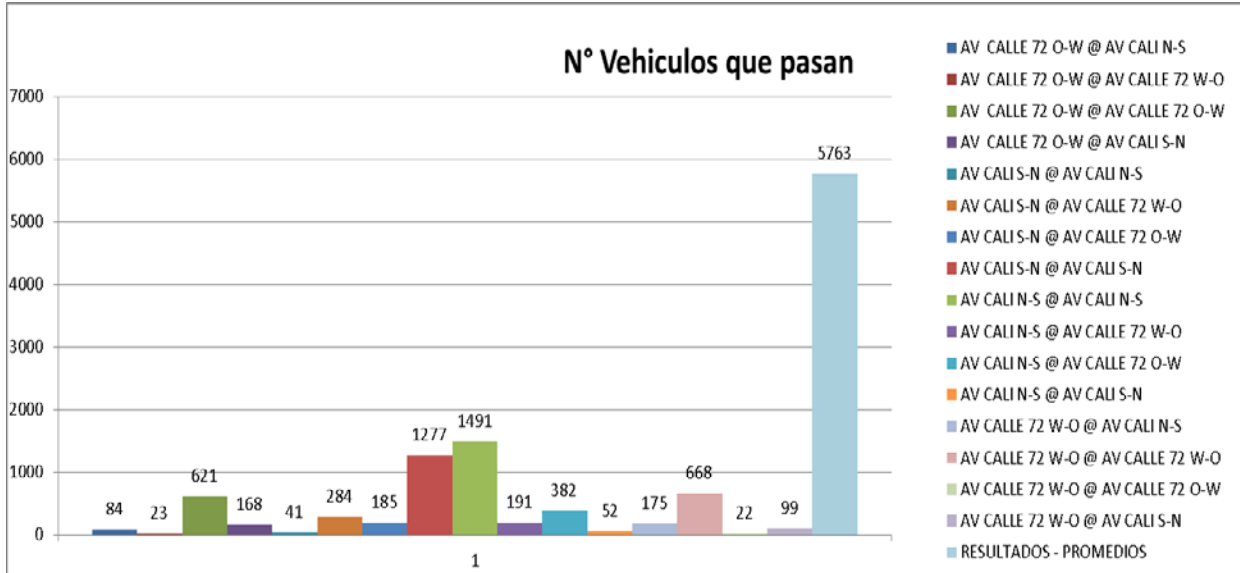
Fuente: Propia

Grafica 52 Longitud de cola máxima trafico actual diseño glorieta opción (2)



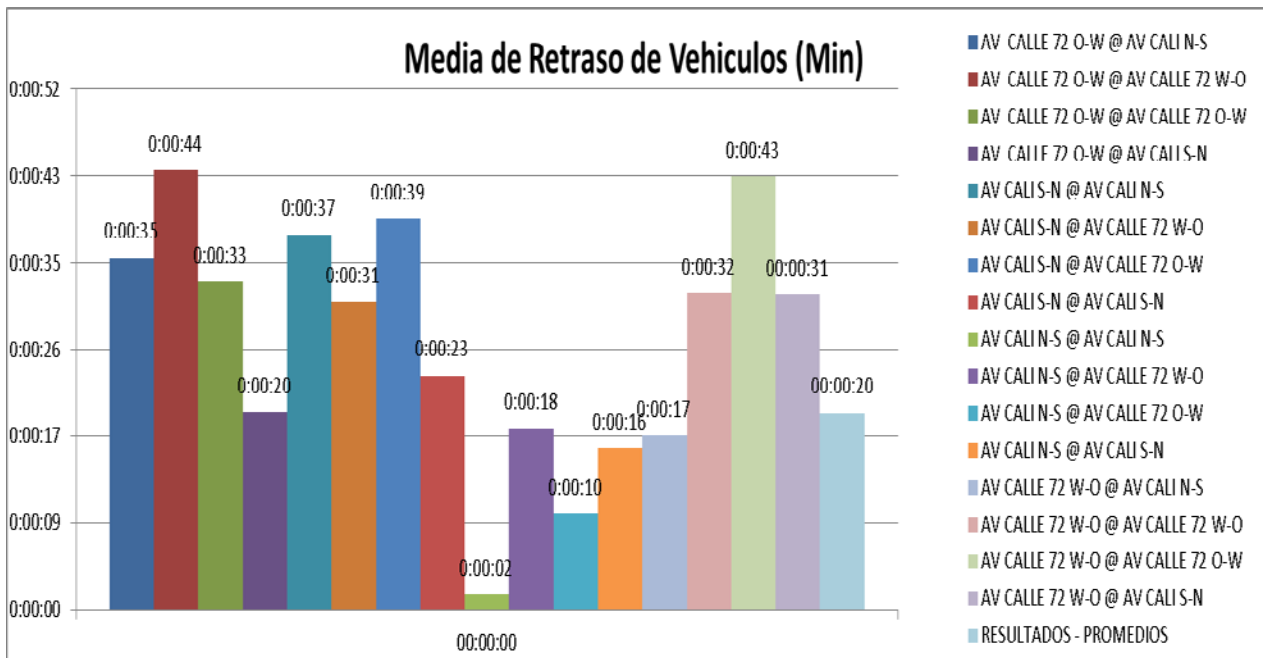
Fuente: Propia

Grafica 53 Numero vehículos que pasan trafico actual diseño glorieta opción (2)



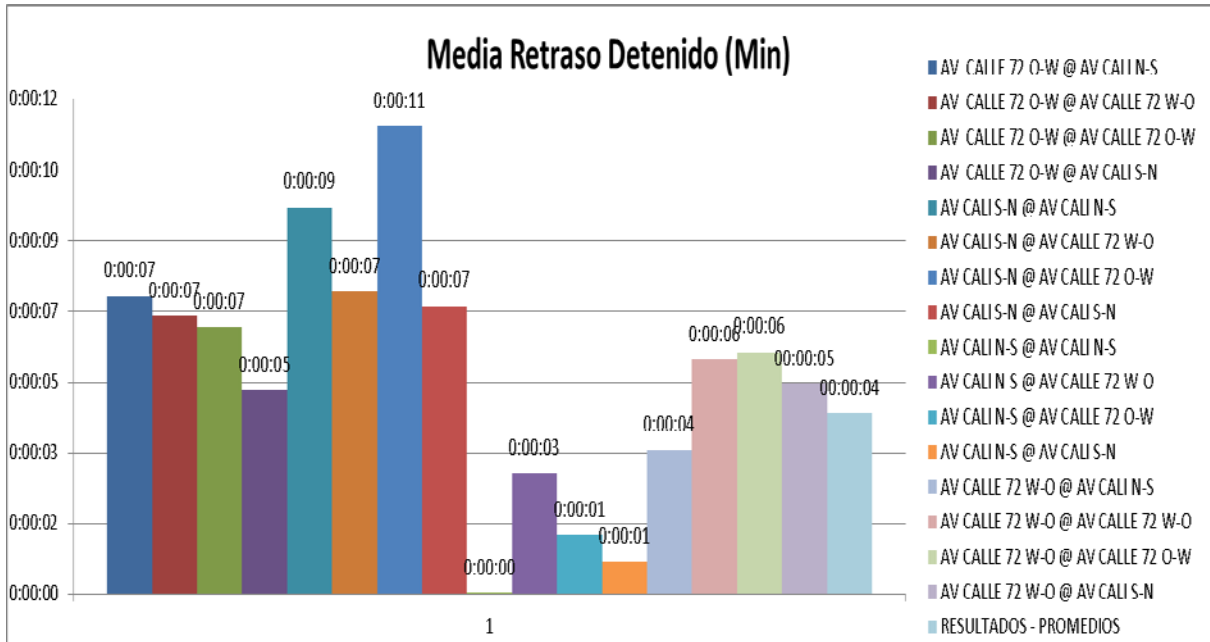
Fuente: Propia

Grafica 54 Media de retraso de vehículos trafico actual diseño glorieta opción (2)



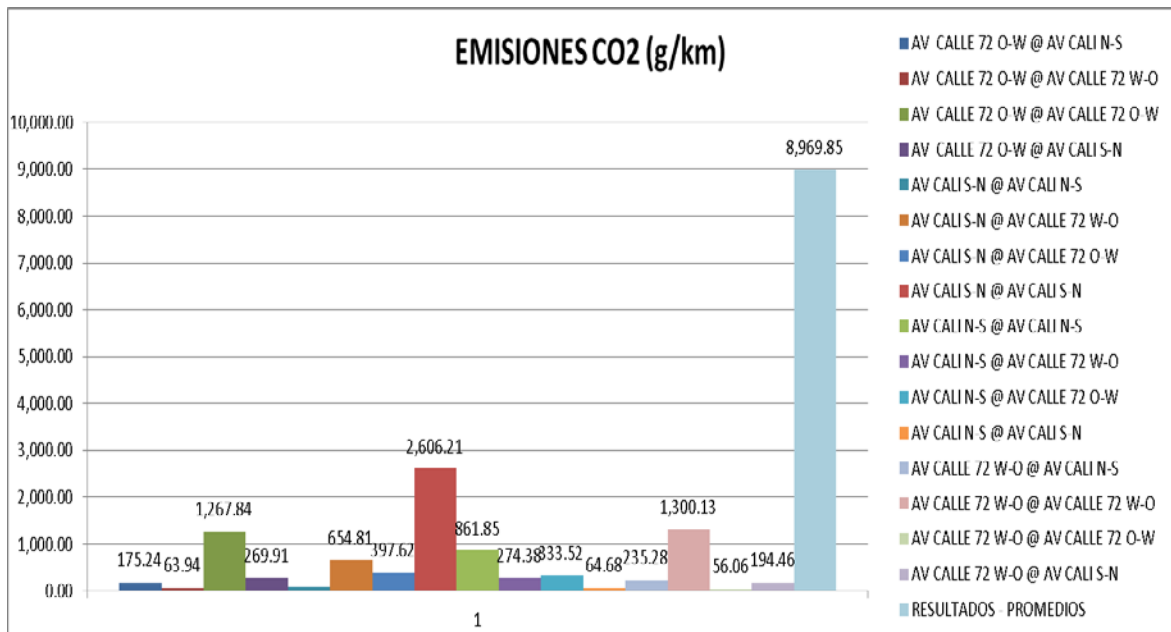
Fuente: Propia

Grafica 55 Media retraso detenido trafico actual diseño glorieta opción (2)



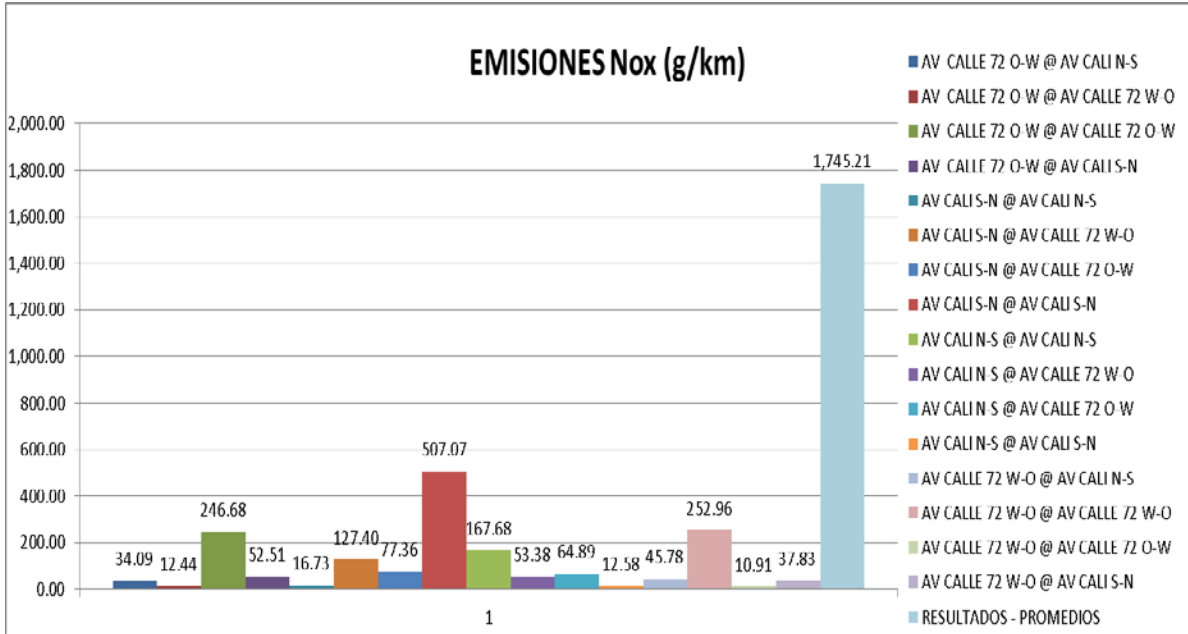
Fuente: Propia

Grafica 56 Emisiones Co2 trafico actual diseño glorieta opción (2)



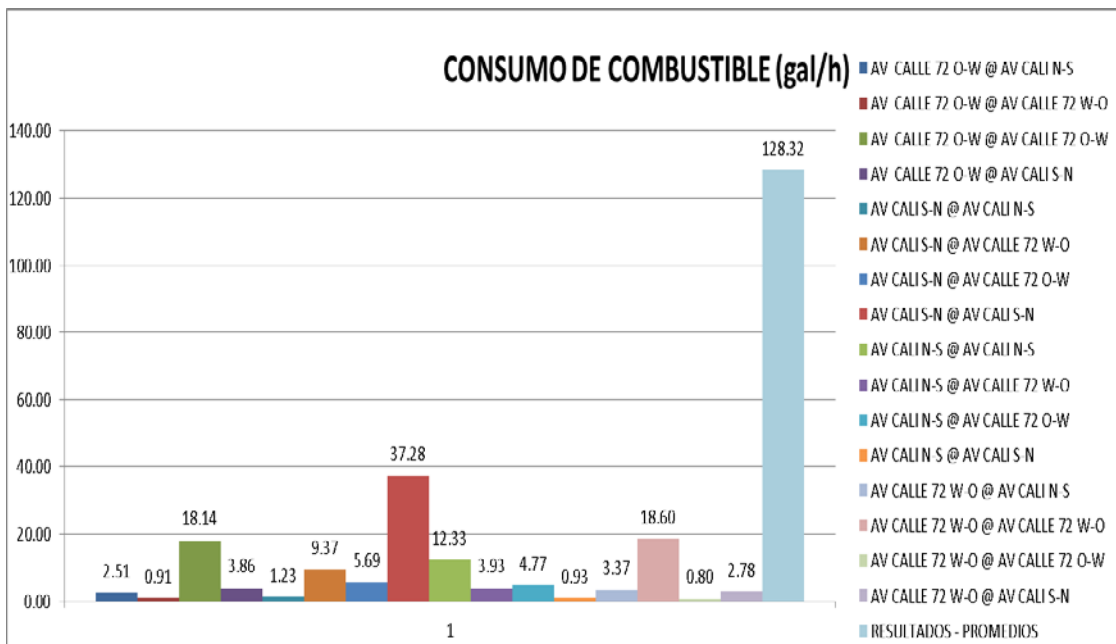
Fuente: Propia

Grafica 57 Emisiones de NOx trafico actual diseño glorieta opción (2)



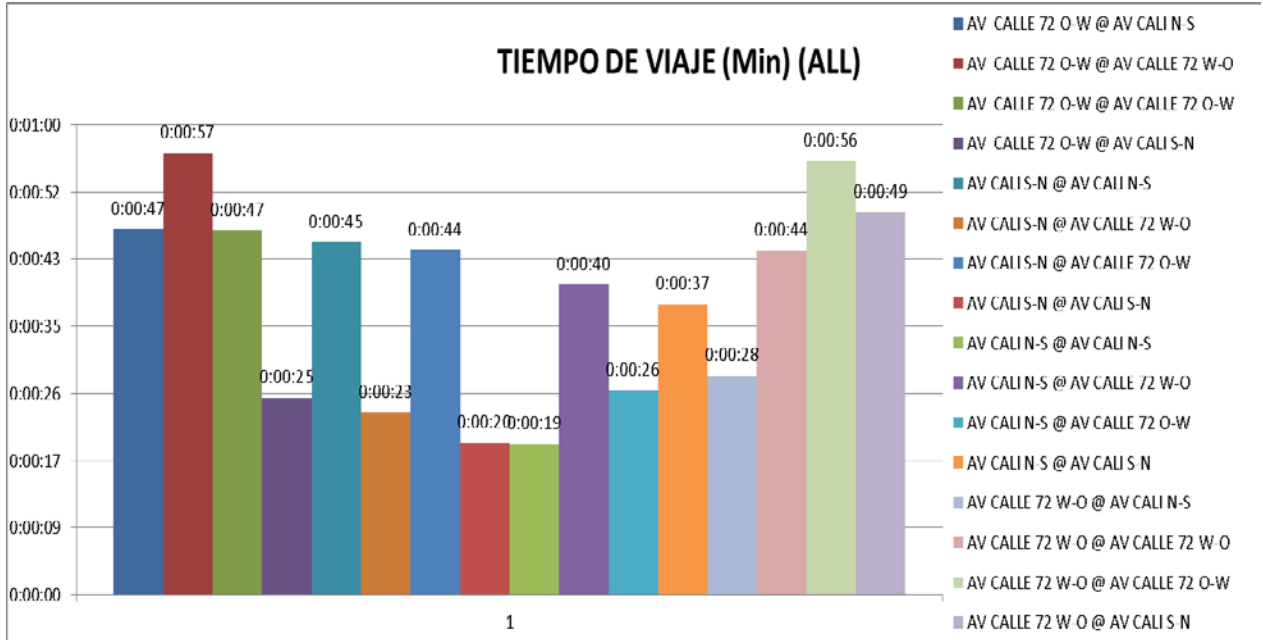
Fuente: Propia

Grafica 58 Consumo de combustible trafico actual diseño glorieta opción (2)



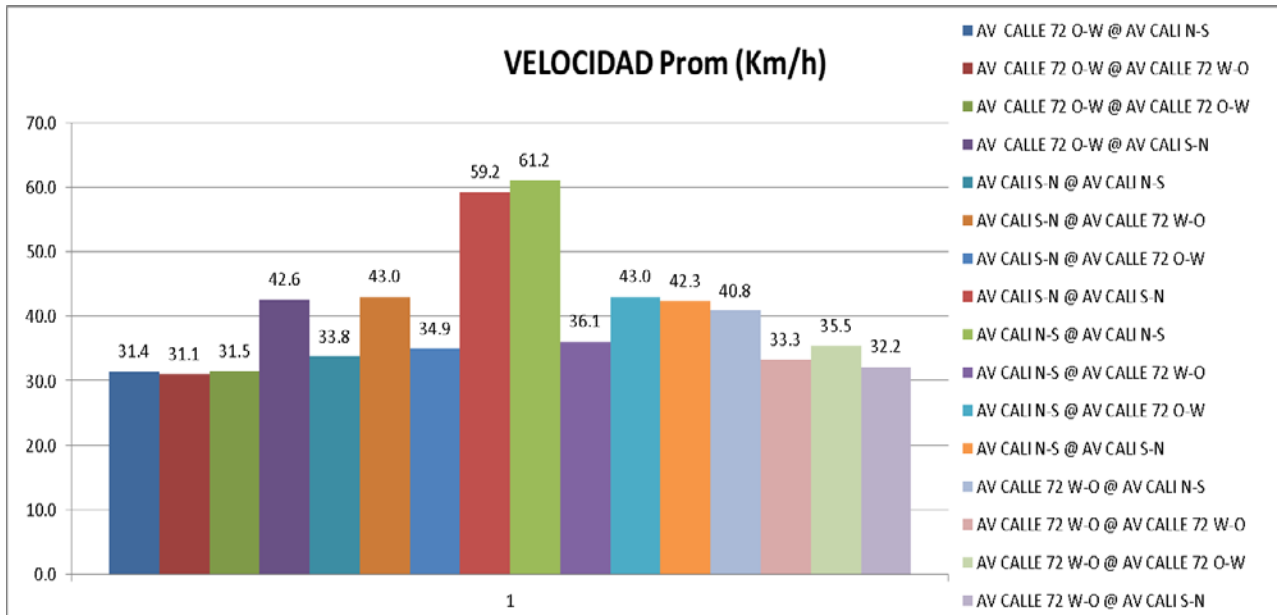
Fuente: Propia

Grafica 59 Tiempo de viaje trafico actual diseño glorieta opción (2)



Fuente: Propia

Grafica 60 Velocidad Promedio (km/h) trafico actual diseño glorieta opción (2)



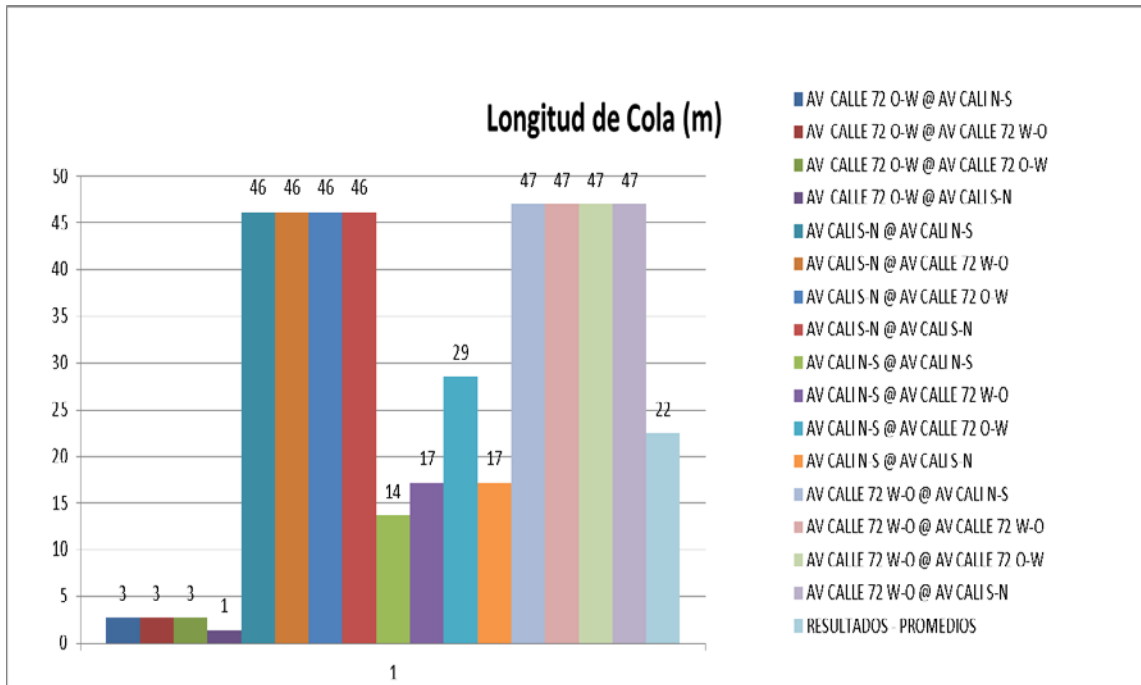
Fuente: Propia

7.8.2 Modelación glorieta con Deprimido trafico Proyectado a 10 años

Los resultados de las glorieta elevada con deprimido y trafico proyectado a 10 años muestran una longitud de cola, longitud de cola máxima, número de vehículos que pasan en toda la red y por tipo, media de demora por tipo de vehículos, media de demora detenido por tipo de vehículos, emisiones de CO2, NOx, consumo de gasolina y nivel de servicio por movimiento y en general según las demoras obtenidas.

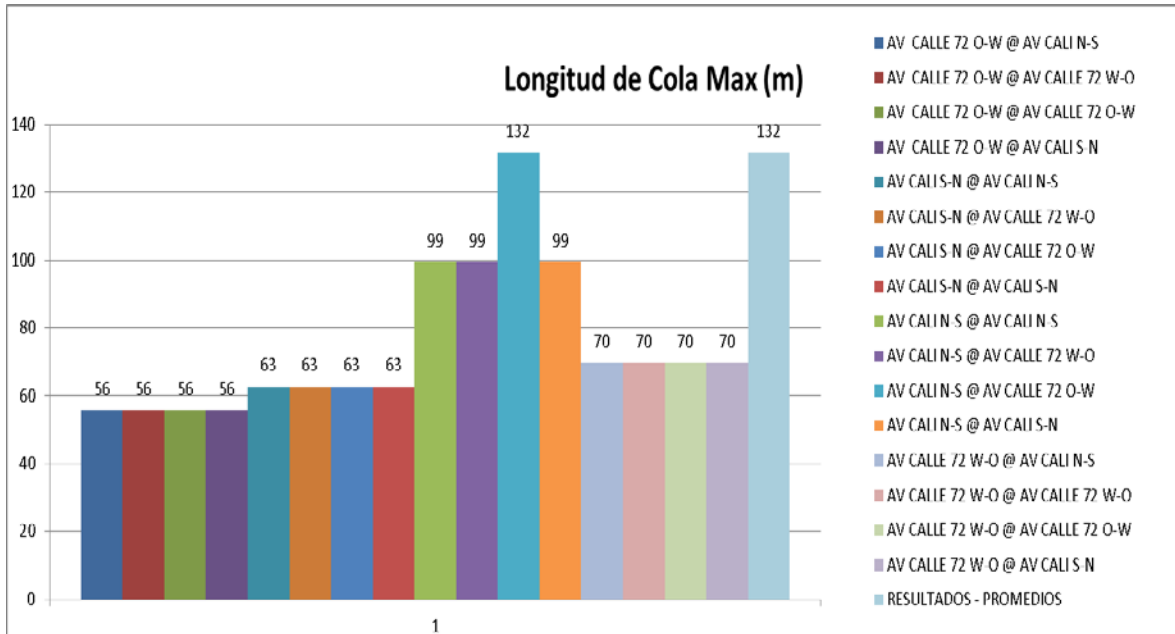
Los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo AC** para su mejor comprensión por su extensión en datos.

Grafica 61 Longitud de cola tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



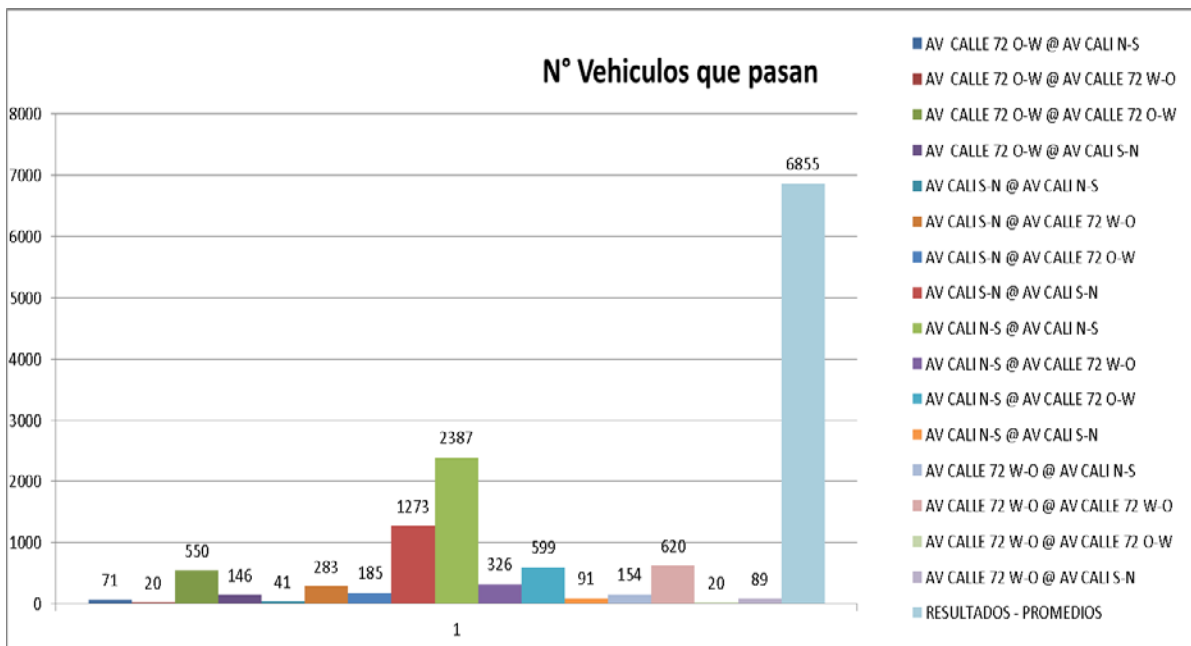
Fuente: Propia

Grafica 62 Longitud de máxima tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



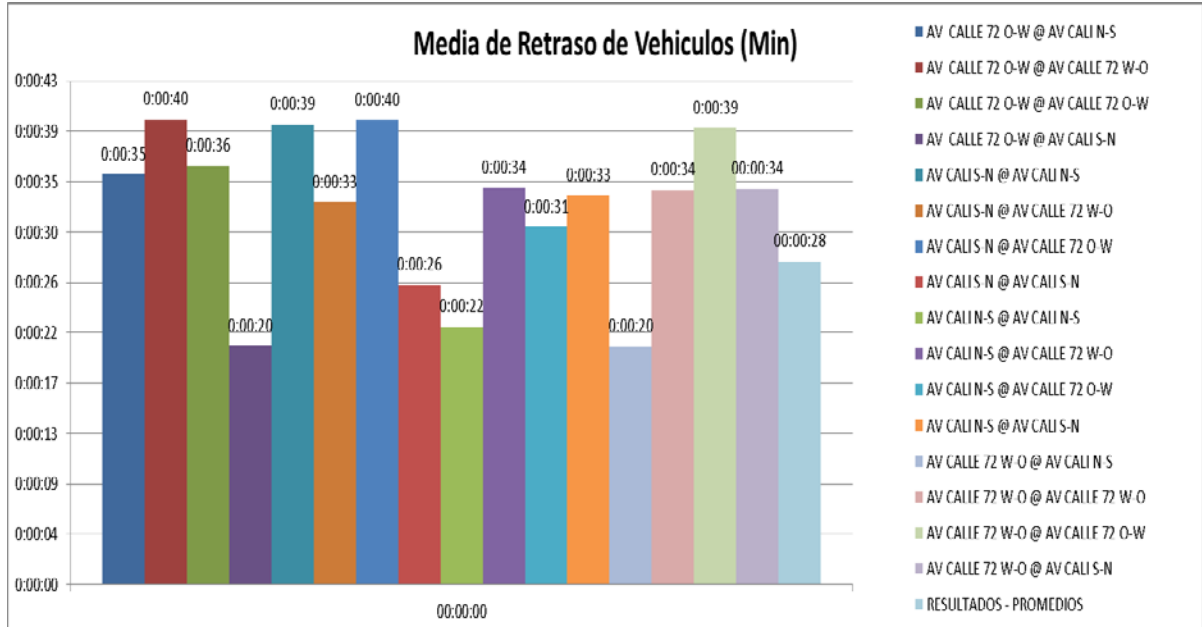
Fuente: Propia

Grafica 63 Numero vehículos que pasan tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



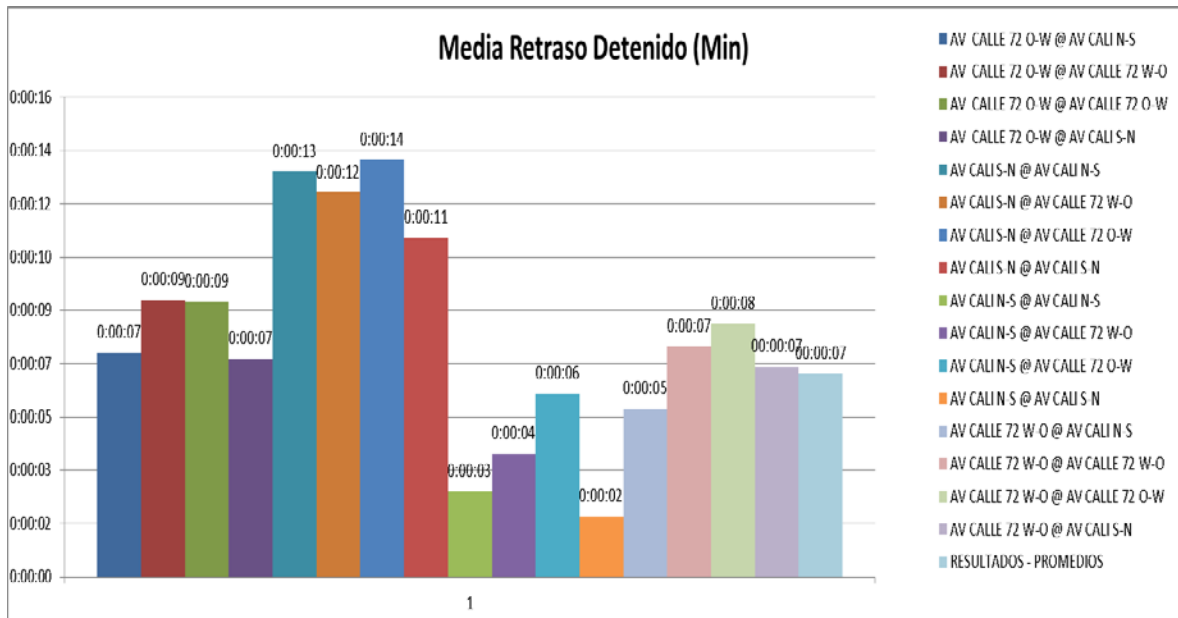
Fuente: Propia

Grafica 64 Media retraso de vehículos tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



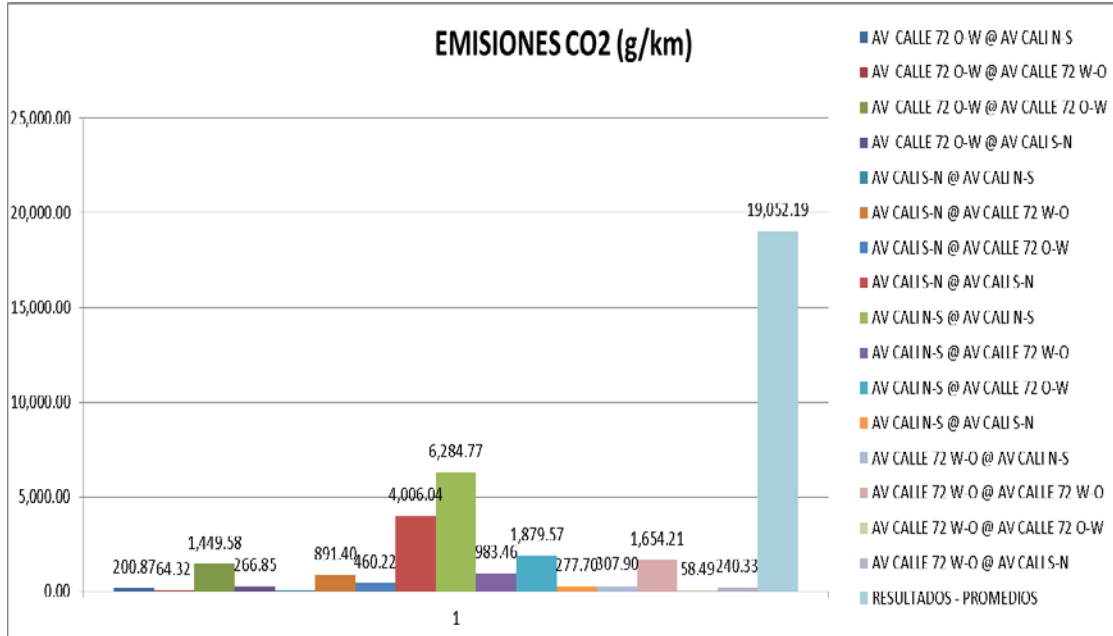
Fuente: Propia

Grafica 65 Media retraso detenido tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



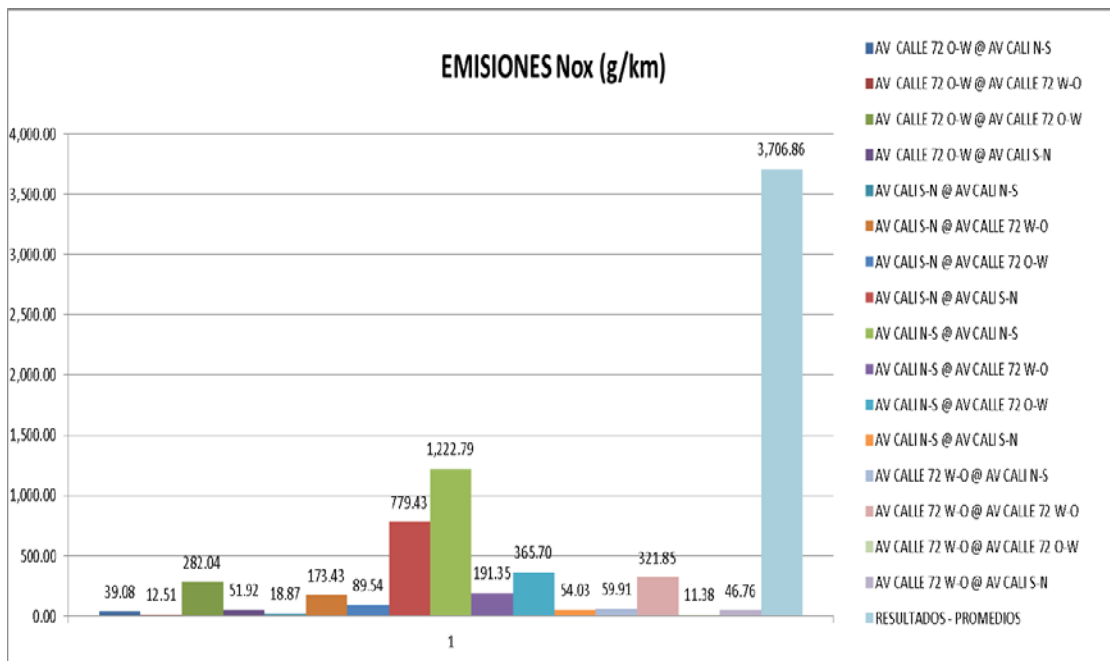
Fuente: Propia

Grafica 66 Emisiones CO2 tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



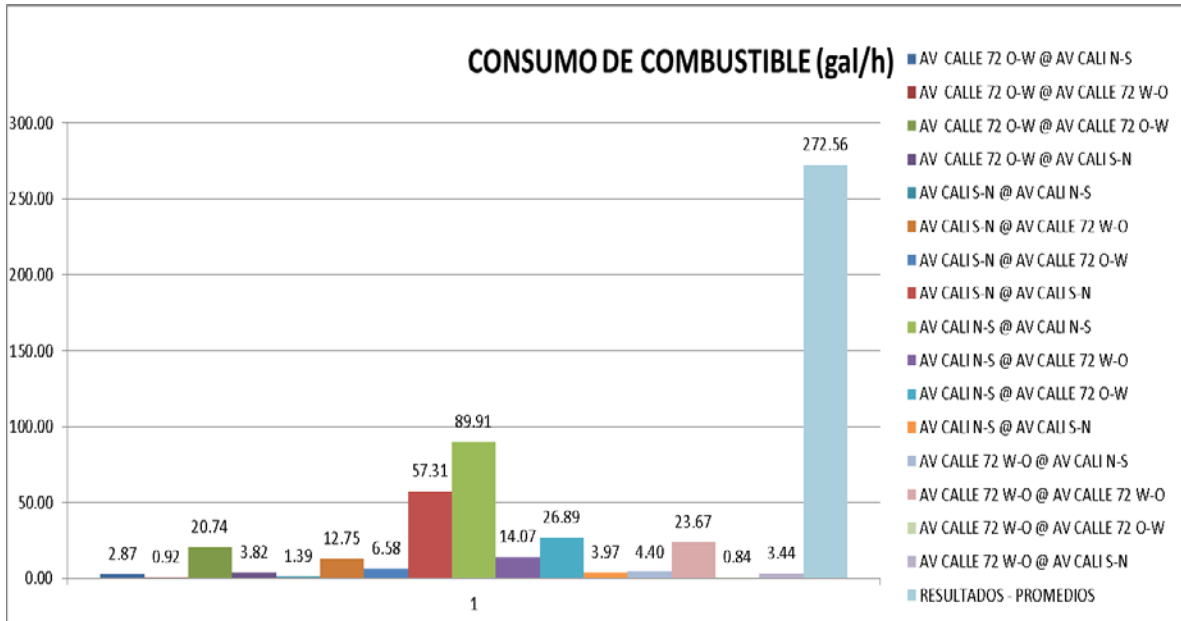
Fuente: Propia

Grafica 67 Emisiones de NOx tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



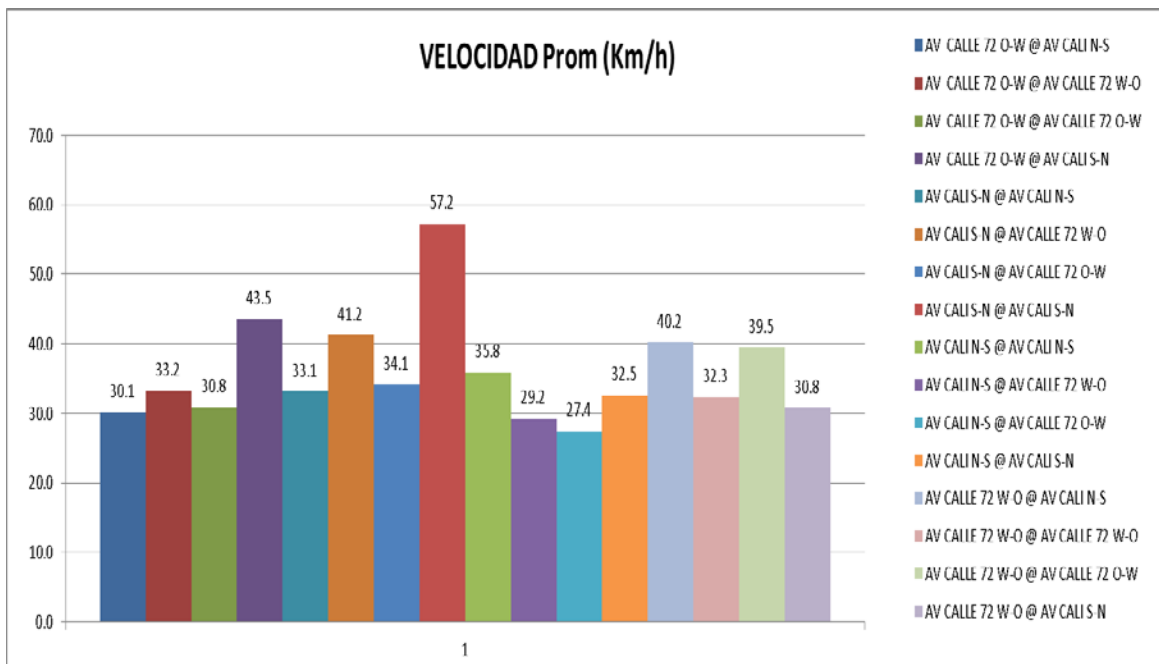
Fuente: Propia

Grafica 68 Consumo de Combustible tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



Fuente: Propia

Grafica 69 Velocidad Promedio (km/h) tráfico a 10 años diseño glorieta opción (2)



Fuente: Propia

7.9 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE MODELACIÓN

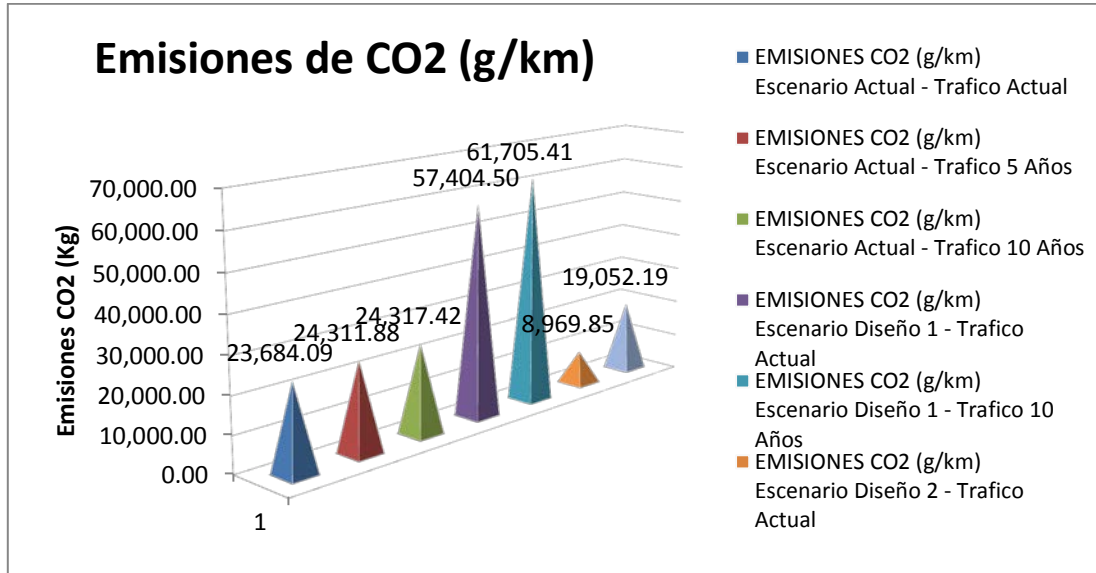
En esta comparación de resultados promedio de la intersección se observa la viabilidad de cada una de los escenarios planteados para determinar el diseño más óptimo en la avenida ciudad de Cali por calle 72. El análisis general de las intersecciones con y sin proyecto, permiten comprobar las ventajas que se tendrían al implementar la glorieta con deprimido en este momento y en los escenarios futuros, debido a la evidente reducción de las demoras promedio, comparando los tres tipos de intersección. Con el propósito de establecer el nivel de servicio, se empleó la más reciente tabla presentada en el Highway Capacity Manual - HCM (2010), en el que la inclusión de parámetros para glorietas es una novedad, reconociendo también que hace falta más investigación al respecto.

Tabla 9 Niveles de servicio en glorietas

Demora promedio (s / vehículo)	NS debido a V/C	
	V/C ≤ 1	V/C > 1
0 - 10	A	F
> 10 - 15	B	F
> 15 - 25	C	F
> 25 - 35	D	F
> 35 - 50	E	F
> 50	F	F

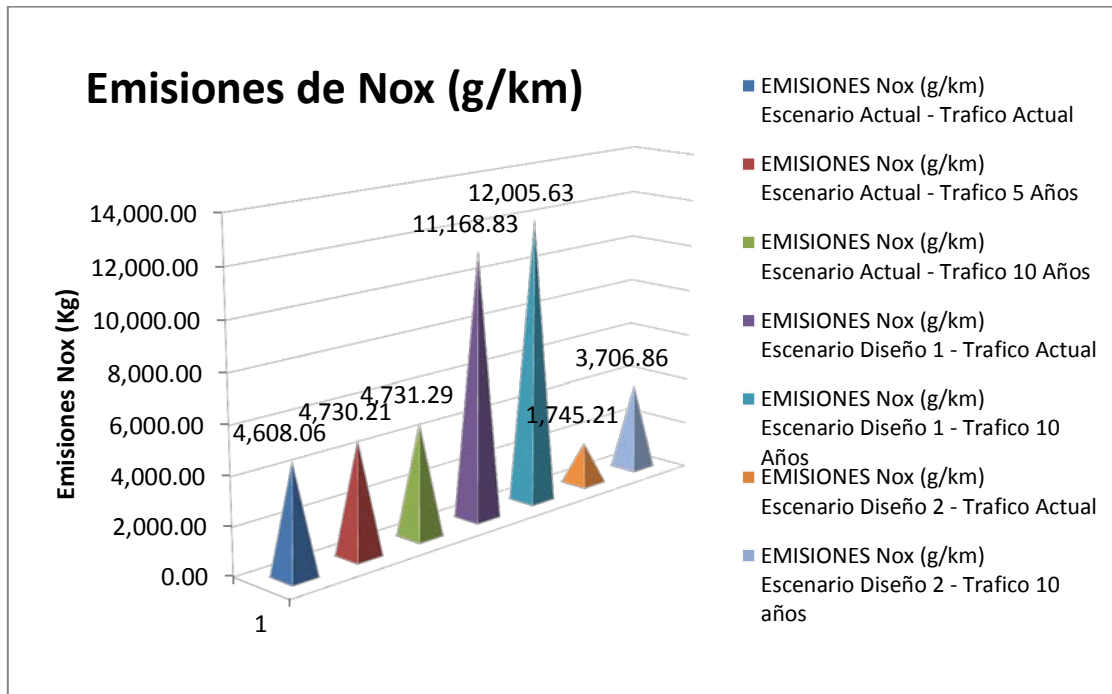
Fuente: HCM 2010

Grafica 70 Comparación Emisiones de CO2



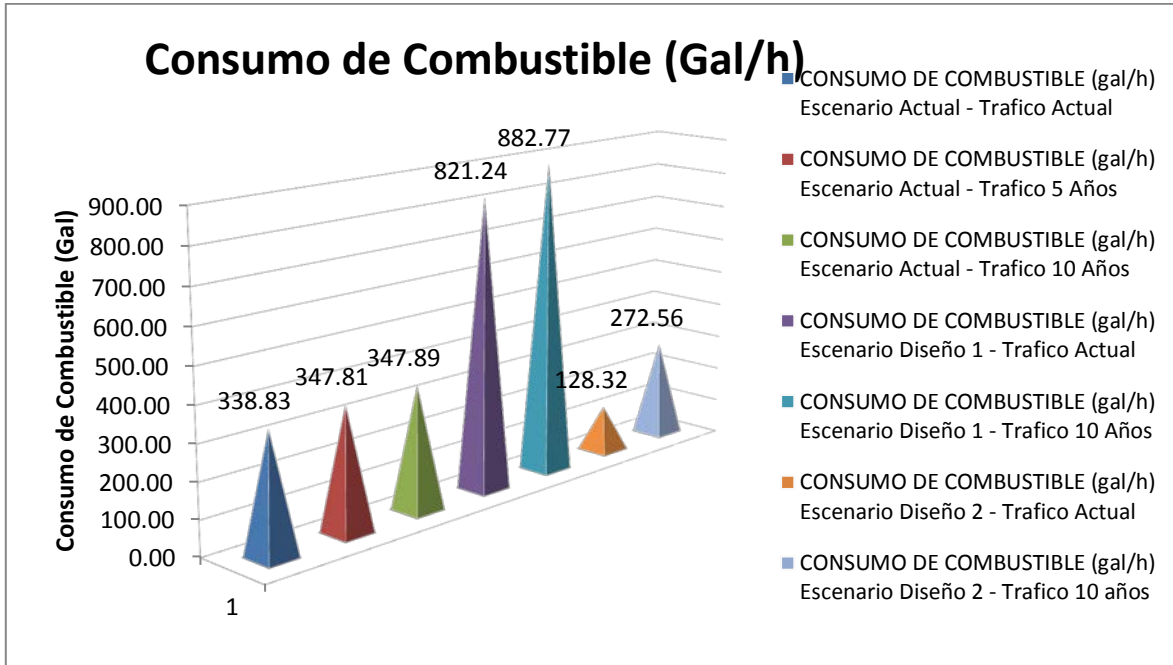
Fuente: Propia

Grafica 71 Comparación Emisiones de NOx



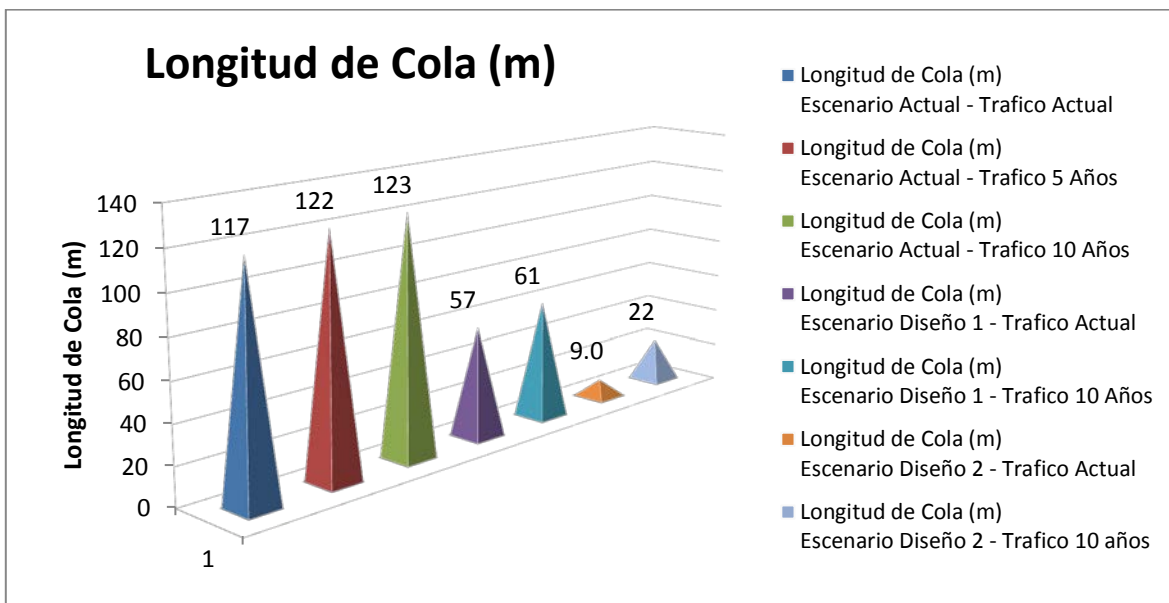
Fuente: Propia

Grafica 72 Comparación Consumo de Combustible



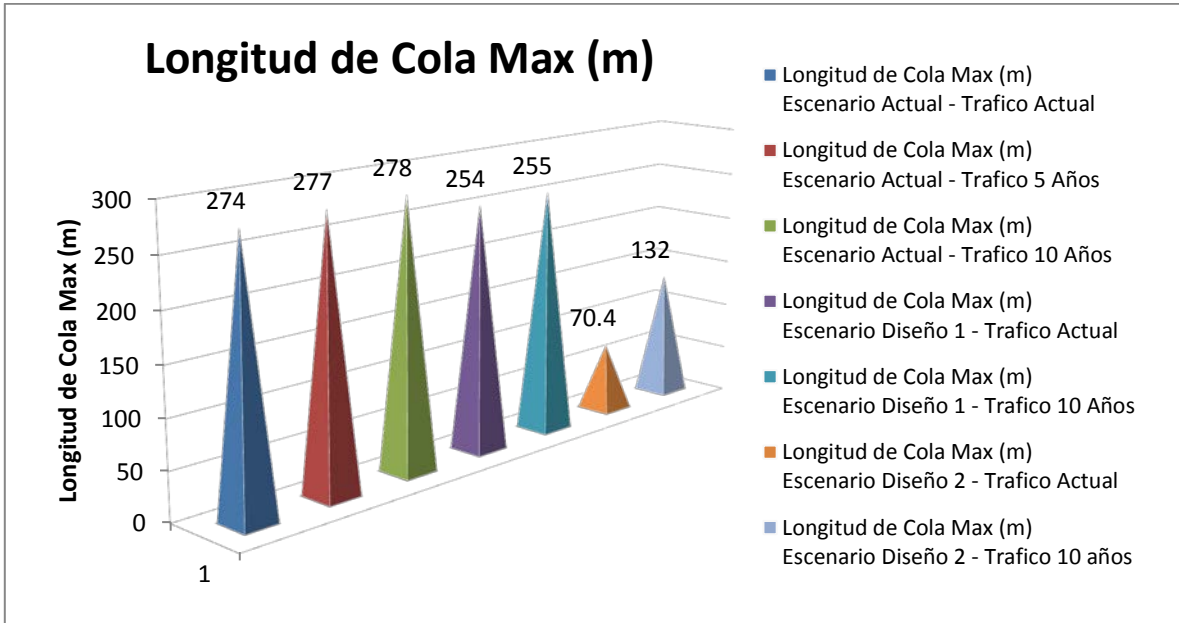
Fuente: Propia

Grafica 73 Comparación Longitud de Cola



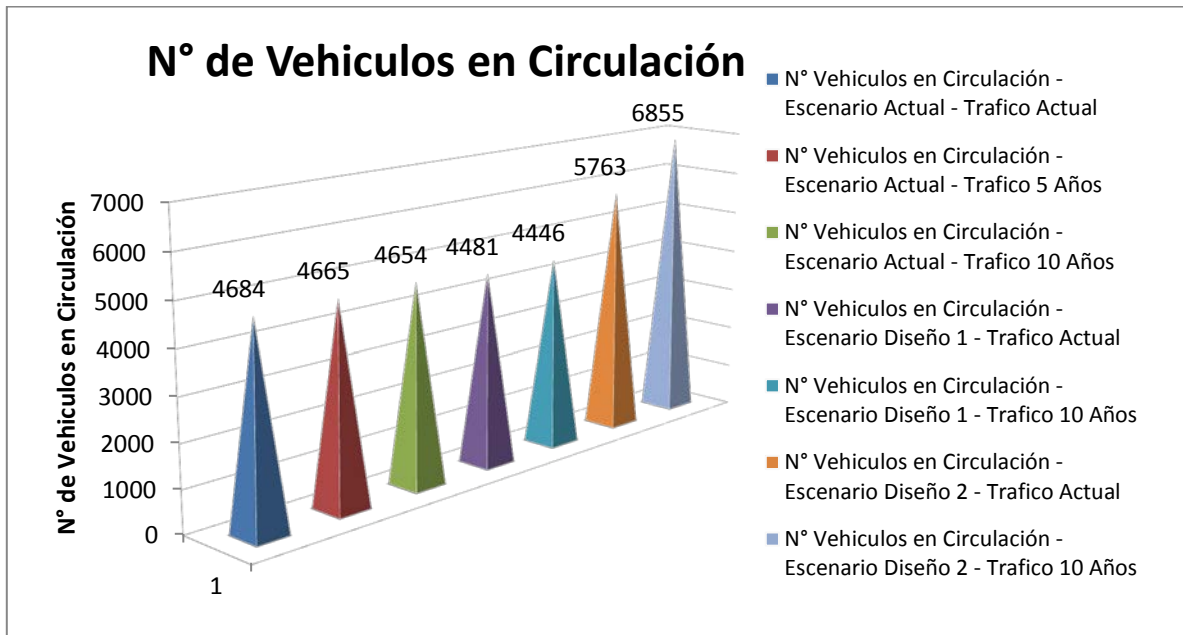
Fuente: Propia

Grafica 74 Comparación Longitud de Cola Máxima



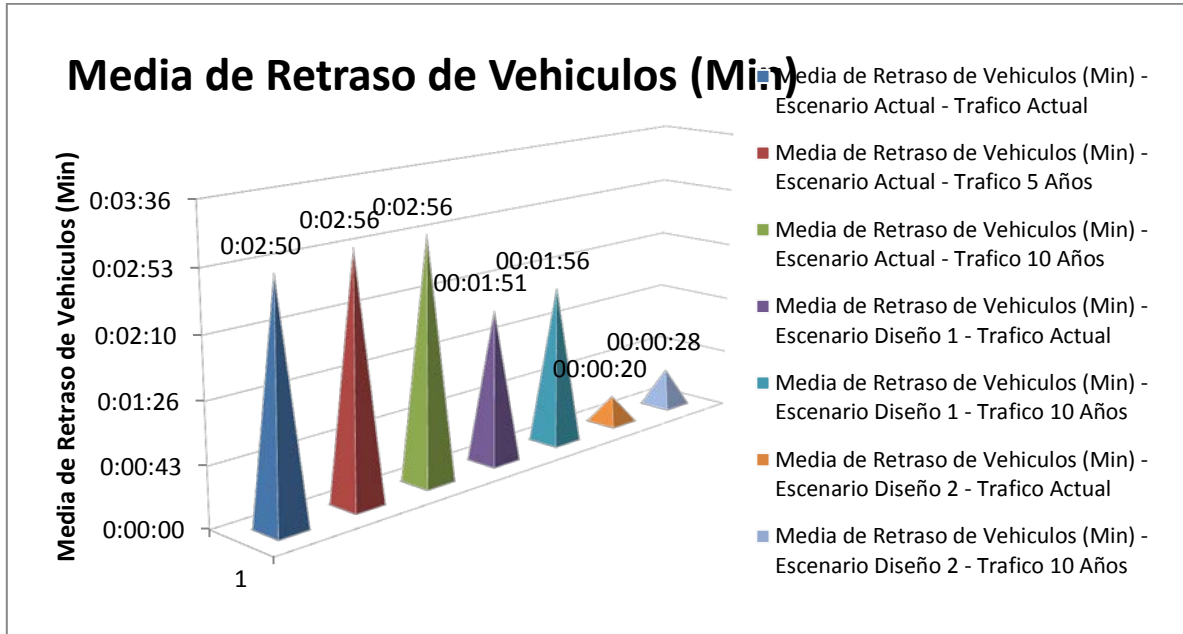
Fuente: Propia

Grafica 75 Comparación Número de Vehículos en Circulación



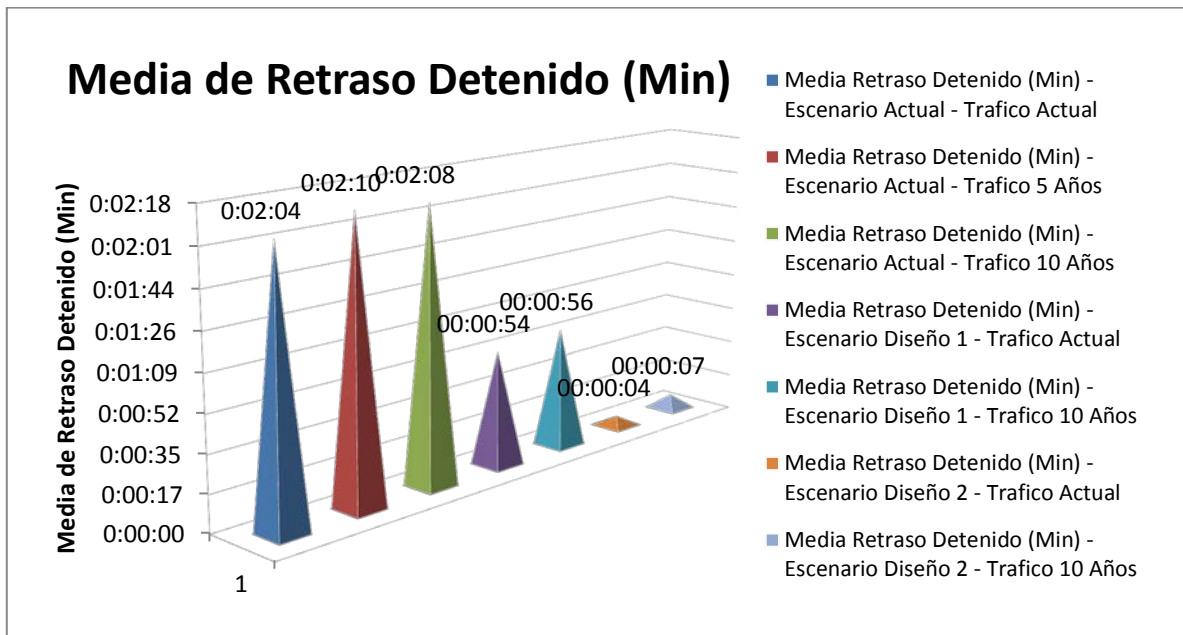
Fuente: Propia

Grafica 76 Comparación Media de Retraso de Vehículos



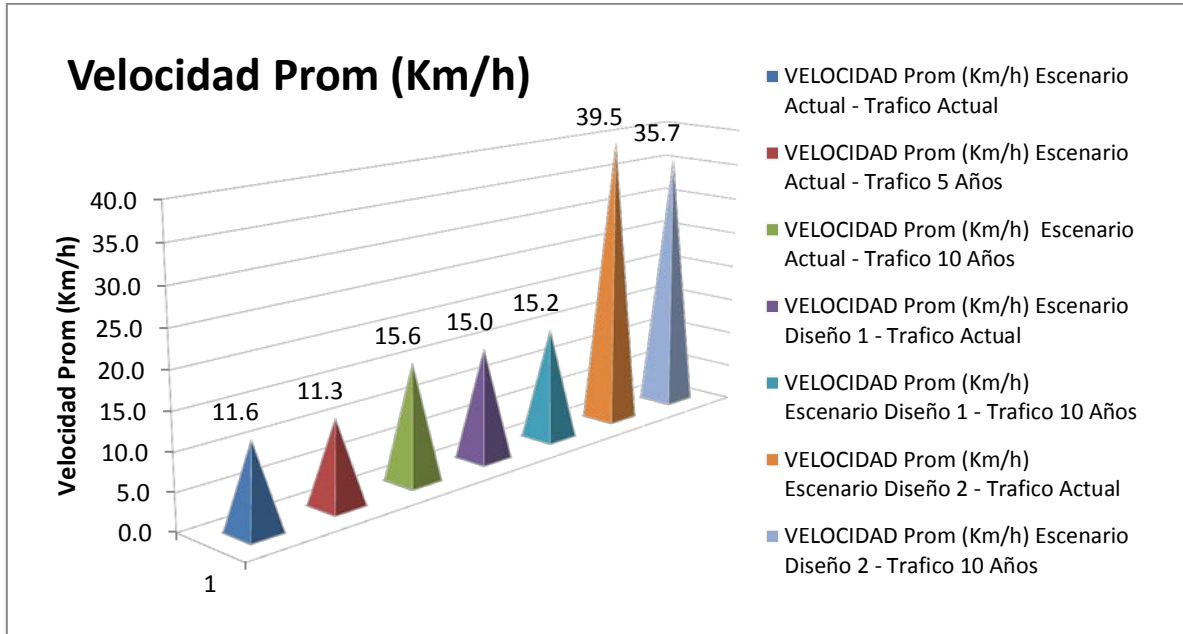
Fuente: Propia

Grafica 77 Comparación Media de Retraso Detenidos



Fuente: Propia

Grafica 78 Comparación Velocidad Promedio



Fuente: Propia

7.10 DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico se realizó de acuerdo a los modelos de tránsito realizados en la micro simulación con el software Vissim 7, teniendo como resultados que la opción más viable para el diseño es la glorieta elevada con deprimido (Opción 2).

Las velocidades promedio de desplazamiento encontradas en la simulación sirvieron como referencia para indicar la velocidad de diseño de la glorieta, el deprimido y sus conectores, por tal motivo se indicó que la velocidad de diseño es de 50 Km/h, para la glorieta compuesta por 4 carriles de 3.50m, el deprimido localizado sobre la Av. Ciudad de Cali se diseñó con una velocidad de diseño de 50Km/h compuesta de 2 calzadas de 3 carriles cada una y 3.20m de ancho, los conectores se diseñaron con una velocidad de diseño de 30 Km/h y está compuesta por 2 carriles de 3.2m.

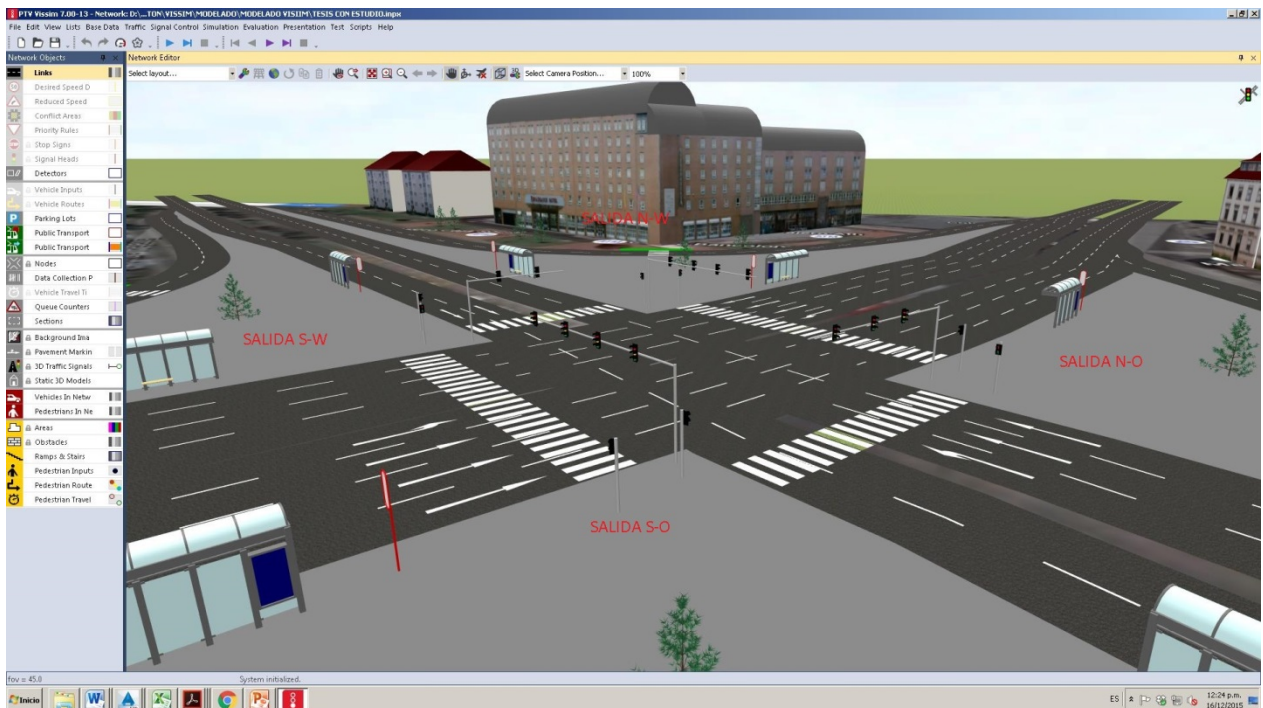
Para tener una mejor claridad del diseño geométrico ver el archivo digital **ANEXO AD Y ANEXO AE**.

7.11 PUENTE PEATONAL

Con el fin de mejorar la seguridad vial de la zona, y con el diseño geométrico de la glorieta a desnivel con el deprimido, como la mejor opción en cuanto a movilidad vehicular se refiere, se planteó la necesidad de proponer un puente peatonal que en cruz para conectar las 4 áreas de acceso en la intersección.

El puente peatonal planteado solo fue analizado desde el punto de vista de movilidad y seguridad para el peatón, por tal motivo solo se analizaron los tiempos de desplazamiento entre lo que es la intersección actual ver Imagen 68 y el diseño del puente planteado ver Imagen 69.

Imagen 68 Intersección peatonal actual

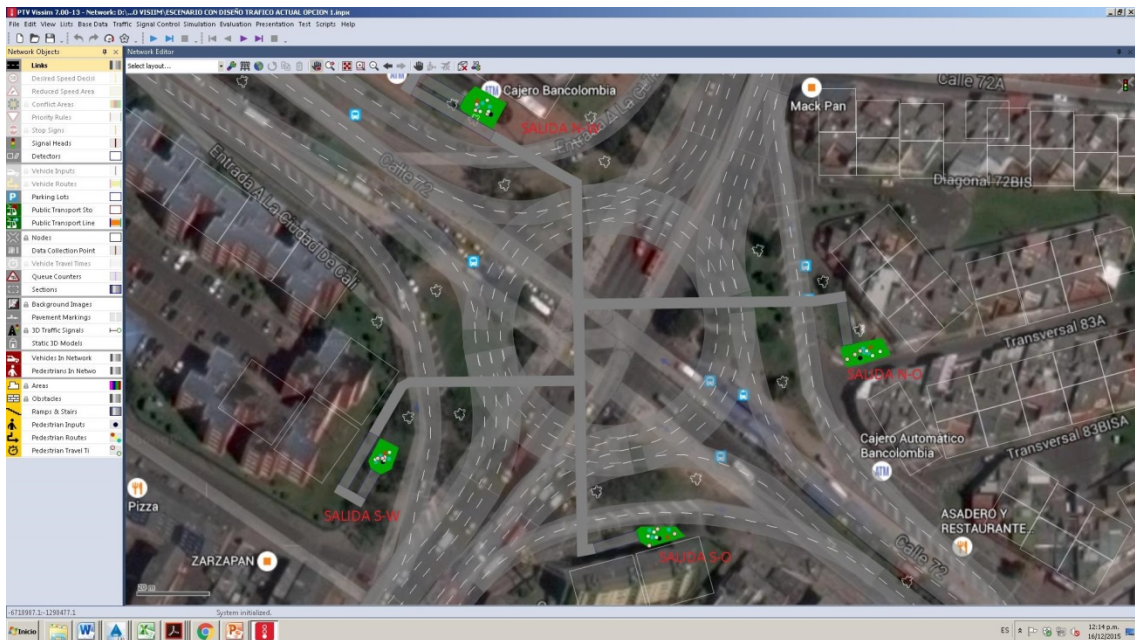


Fuente: Propia

Tabla 10 Intersección actual peatonal

INTERSECCIÓN ACTUAL PEATONAL			
Nº MOVIMIENTO	TIEMPO DE VIAJE (Min) Escenario Actual	ÁREA DE SALIDA	ÁREA DE DESTINO
1	0:02:26	SALIDA COSTADO S-O	SALIDA COSTADO N-O
2	0:04:12	SALIDA COSTADO S-O	SALIDA COSTADO N-W
3	0:03:12	SALIDA COSTADO S-O	SALIDA COSTADO S-W
4	0:02:52	SALIDA COSTADO N-O	SALIDA COSTADO N-W
5	0:04:24	SALIDA COSTADO N-O	SALIDA COSTADO S-W
6	0:02:54	SALIDA COSTADO N-O	SALIDA COSTADO S-O
7	0:02:54	SALIDA COSTADO N-W	SALIDA COSTADO S-W
8	0:03:50	SALIDA COSTADO N-W	SALIDA COSTADO S-O
9	0:02:45	SALIDA COSTADO N-W	SALIDA COSTADO N-O
10	0:02:58	SALIDA COSTADO S-W	SALIDA COSTADO S-O
11	0:03:56	SALIDA COSTADO S-W	SALIDA COSTADO N-O
12	0:03:02	SALIDA COSTADO S-W	SALIDA COSTADO N-W
	00:03:17		

Imagen 69 Diseño de puente peatonal



Fuente: Propia

Tabla 11 Resultados intersección con puente peatonal

INTERSECCIÓN CON PUENTE PEATONAL			
N° MOVIMIENTO	TIEMPO DE VIAJE (Min) Escenario con Diseño	ÁREA DE SALIDA	ÁREA DE DESTINO
1	0:04:12	SALIDA S-O	SALIDA N-E
2	0:04:54	SALIDA S-O	SALIDA N-W
3	0:03:56	SALIDA S-O	SALIDA S-W
4	0:04:38	SALIDA N-O	SALIDA N-W
5	0:05:07	SALIDA N-O	SALIDA S-W
6	0:04:08	SALIDA N-O	SALIDA S-O
7	0:06:00	SALIDA N-W	SALIDA S-W
8	0:04:37	SALIDA N-W	SALIDA S-O
9	0:04:50	SALIDA N-W	SALIDA N-E
10	0:03:56	SALIDA S-W	SALIDA S-O
11	0:04:54	SALIDA S-W	SALIDA N-E
12	0:05:53	SALIDA S-W	SALIDA N-W
	00:04:45		

Con el modelo del puente peatonal se asegura que el peatón tome esta opción como única opción de desplazamiento cercana, teniendo en cuenta la glorieta a desnivel con el deprimido como la mejor opción vehicular, aunque los tiempos de desplazamiento sean más largos la seguridad peatonal mejoraría haciendo que el peatón no interactúe con los vehículos como ocurre con la intersección actual.

8 CONCLUSIONES

Al analizar los modelos de micro simulación en la intersección actual semaforizada de la Av. Calle 72 por Av. Ciudad de Cali, en escenarios de tráfico vehicular actual , tráfico vehicular proyectado a 5 años (2020) y tráfico vehicular proyectado a 10 años (2025), se identificó que la intersección presenta problemas en movilidad, tiempos de desplazamiento, longitudes de cola extensas, niveles de Co2 altos, velocidad de operación baja de 11 Km/h y por consiguiente un nivel de servicio de calificación (F) en cada uno de sus movimientos y en la intersección.

Al analizar los modelos de micro simulación en la intersección de la Av. Calle 72 por Av. Ciudad de Cali con las 2 opciones de glorietas planteadas se diagnosticó que la mejor propuesta es la glorieta elevada con el deprimido y el puente peatonal, generando un nivel de servicio de calificación (A), tiempos de desplazamiento aceptables, longitudes de cola mínimas, niveles de Co2 mínimos y más amigables con el medio ambiente además de velocidades promedio de operación cercanos a los 40 Km/h.

Se determinó que la mejor opción en cuanto programas de simulación de tráfico vehicular y peatonal es el software Vissim 7, ya que contempla todas las variables numéricas y de diseño como señalización, composición vehicular y peatonal, tipos de vehículos y peatones, áreas de conflicto, áreas de reducción de velocidad, semaforización, rutas de vehículos y peatones, sistemas de transporte público y parqueaderos con los que se puede desarrollar un estudio lo más aproximado a la realidad.

9 RECOMENDACIONES

Para las modelaciones anteriormente mencionadas, no se tuvieron en cuenta las calibraciones de modelación que el software exige para tener resultados más acertados a la realidad.

Para los resultados obtenidos para CO₂ y NO_x sea hace necesaria una conversión a los sistemas establecidos en nuestro país, ya que el software Vissim 7 contiene por defecto la normativa y las unidades europeas.

10 BIBLIOGRAFÍA

BOX, P. & Oppenlander, J. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Cuarta edición, Institute of Transportation Engineers, Inc. Co-editores: Coordinación Nacional de Transporte, A.C., Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., México, 1985. 238 p.

Brilon, W. (2008) Turbo-Roundabout - An experience from Germany. In Transportation Research Board, National Roundabout Conference, Kansas City, Missouri.

Cal & Mayor y Asociados, S. C. (1998 y 2005) Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte en Santa Fe de Bogotá. Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, Secretaría de Tránsito y Transporte, The World Bank. Bogotá D.C.

Cal & Mayor y Asociados, S. C. (2005) Manual de auditorías de seguridad vial. Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, Secretaría de Tránsito y Transporte. Bogotá D.C.

Cal & Mayor, R. & Cárdenas, J. (2007) Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. Octava edición, Alfaomega Grupo Editor, México. 517p.

Carciente, J. (1980). Carreteras, Estudio y Proyecto. Caracas, Venezuela: Ediciones Vega 256p.

Cowan, R. J. (1975) Useful Headway Models. Transportation Research, Vol. 7, No. 6, pp. 371–375.

Elvik, R. & Vaa, T. (2006) El manual de medidas de seguridad vial. Dirección general de tráfico del Ministerio del Interior, Noruega. 1154p.

Engelsman, J.C. & Uken, M. (2007) Turbo roundabouts as an alternative to two lane roundabouts, Paper presented to the 26th Annual Southern African Transport Conference, South Africa, 9 - 12 July 2007. 8p.

Fellendorf, M. (2004) Calibration of VISSIM. 14th ptv vision User Group Meeting. Karlsruhe, Germany. 22p.

Fortuijn, L. G. H. (2009a) Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2096, pp. 16-24.

Fortuijn, L. G. H. (2009b) Turbo Roundabouts: Estimation of Capacity. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2028, pp. 83-92.

Fortuijn, L. G. H., & Harte, V. F. (1997) Multi-lane roundabouts: exploring new models. Traffic Engineering Working Days, CROW, Ed. Garber J. Nicholas y Hoel A. Lester. (2005) Ingeniería de tránsito y carreteras. Ed. Thomson, México. 1170p.

Giuffre, O., Guerrieri, M. & Grana, A. (2009) Evaluating Capacity and Efficiency of Turbo Roundabouts. In Transportation Research Board 88th Annual Meeting. Washington D.C., 14p.

Jovanović, G. & Lavrič, D. (2007) Microsimulation of "Turbo" Roundabouts. Budapest Conference and PTV Vision Workshops. 11p.

Ministerio de Transporte de la República de Colombia. (2008) Manual de señalización, Dispositivos para la regulación del tránsito en calles y carreteras de Colombia. Bogotá D.C. 267p.

Ministerio de Transporte, Obras Públicas y Administración del agua de Holanda. (2009) Glorietas - Aplicación y diseño, un manual práctico, 104p.

NCHRP, (2007) National Cooperative Highway Research Program. Glorietas en Estados Unidos. Reporte 572, Transportation Research Board, 125p.

Yperman, I. & Immers, B. (2003) Capacity of a turbo-roundabout determined by micro-simulation. In proceedings of the 10th World Congress on ITS, 10p.

.