

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO NEZAHUALCÓYOTL



***“DIAGNOSTICO OPERATIVO DE LA FLUIDEZ VEHICULAR PARA MEJORAR LA
MOVILIDAD Y SEGURIDAD VIAL, CASO DE ESTUDIO: CALZADA IGNACIO
ZARAGOZA CD. DE MÉXICO”***

Tesis

para obtener el Título de INGENIERO
EN TRANSPORTE

Presenta:

Luis Enrique Paredes García

Director de Tesis:

Mtro. Ricardo Pacheco Ruiz

Nezahualcóyotl, México, Octubre de 2018

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi vida he aprendido que siempre necesitamos de alguien, el ser humano no puede vivir apartándose de la sociedad, ni creer que no exista algo más poderoso que si mismo, he aprendido que las experiencias que he tenido no son casualidad o que la suerte sea como un volado, que lo bueno o malo sea tu destino. Todos hemos oído escuchar de Dios, sin embargo Dios no es como la religión (cual sea) lo describe, es mejor que eso...Porque Dios no mira lo que el hombre mira, Él mira el corazón de cada uno...

A DIOS.

Te agradezco padre celestial por permitirme concluir con esta meta, tú escuchaste mi corazón, confié en ti, me diste paciencia e inteligencia y te agradezco por ponerme a grandes personas a lo largo de mi camino, grandes personas que me apoyaron y me brindaron una gran amistad llena de humildad, conocimientos y que me apoyaron en este proyecto.

A mi Sr. Padre - Sra. Madre y Hermanos.

Agradezco por aquellos momentos, no solo durante la Licenciatura, si no a lo largo de la vida, hemos compartido grandes experiencias que en nuestra mente aún viven, Gracias Padre porque aún en la Licenciatura te preocupabas por mí, desvelándote, preocupado por mi bienestar y siempre tus sabios consejos que me decías, al igual que a ti Madre que siempre me tuviste mis alimentos calientitos y de que nada me faltara y tu humildad de hacer las cosas. A ustedes hermanos míos que físicamente nos parecemos pero no en forma de ser, ustedes siempre me apoyaron aunque estaba en un error y que poco a poco a sus consejos escuche, el amor de familia lo llevo en mi.

A Janik Erandi Jiménez Flores

El matrimonio es una etapa de la vida donde dos personas pones sus planes para un solo propósito, Agradezco a Dios por darme una hermosa mujer la cual hoy es mi esposa y que aun cuando me faltaba poco por terminar este proyecto me acepto y su apoyo me dio, por esa noches de desvelo que me acompañaba a traducir el software, Gracias mujer por amarme y entregarme tu vida. Te amo hermosa mujer de mi corazón, por ser parte de mi vida.

Al Mtro. Ricardo Pacheco Ruiz.

La palabra apoyar, tiene sinónimos de los cuales agradezco a Usted Profesor por darme de su valioso tiempo en este proyecto, gracias por esos conocimientos, experiencia y humildad de trabajar. La palabra apoyo, bien como lo mencione antes tiene varios sinónimos, me auxilio, me animo, me estimulo, me respaldo en cada asesoría, con palabras sabias llenas de humildad y experiencia. Una de las palabras de las cuales recuerdo que siempre me decía es “No te preocupes” y es cierto, porque cuando dejó de preocuparme las cosas son más fáciles. ¡GRACIAS!

Al Mtro. Juan Marcelino Mendoza Méndez.

Cuando todo se encuentra obscuro, puedes ver las estrellas y encontrar el camino. Una ocasión Profesor, me cito en las oficinas de la SEMOVI para darme asesorías y durante la revisión me dijo unas palabras que aún recuerdo “La mente no tiene límites”. Por lo que, también mi más reconocimiento estima por su calidad humana y profesional, por apoyarme con conocimiento y tiempo para terminar este trabajo, brindarme orientación y experiencia con esa humildad que lo caracteriza. ¡GRACIAS!

Al Mtro. Roberto Emmanuel Esqueda Sánchez.

El tiempo transcurre y no da vuelta atrás. Sin embargo es ese mismo tiempo en las personas viven y dejan que las cosas fluyan. Mtro. Esqueda por haberme brindado su amistad con la humildad que también lo caracteriza, su confianza, apoyo en tiempo, consejos y experiencia para terminar este proyecto. ¡GRACIAS!

Al Mtro. Reynaldo Olivares Alcalá.

...Si a las personas les gustas, te escucharán, pero si confían en ti harán negocios contigo.....Es una frase que me recuerda a la situación de mi instancia durante el Servicio Social, no por la palabra negocios, sino por la confianza que me brindó durante ese tiempo, y por el gran apoyo que me siguió dedicando aun culminando dicha etapa, Mtro. Olivares por aquellos momentos que sin saber acerca de la Especialidad con humildad me instruyo y con esa gran confianza me invitaba a participar con usted en diversos eventos, ¡GRACIAS!

...La Amistad es una perla difícil de encontrar y cuando la tenemos en nuestras manos no hay que dejarla ir...

A pesar que existan días calurosos y al mismo tiempo lluviosos o con fuertes vientos, Dios tiene un plan maravilloso y más cuando accedemos. Ángel Francisco Mendoza Juárez por esa amistad y confianza que se generó, por la oportunidad con humildad de apoyarme, de escucharme y brindarme los mejores consejos y orientaciones para la realización de este proyecto, por tener paciencia de instruirme e invitarme a trabajar en diversos proyectos laborales, por ese profesionalismo que te caracteriza, y si en algo coincidimos son en aquellas palabras que dejaron huella en mí, cuando participe en el primer trabajo contigo “La mejor Logística es la de Dios”. ¡GRACIAS!

La amistad no se da cuando dos personas tienen la misma edad, no se da cuando exista interés. Por brindarme tu confianza de manejar tu vehículo aun sabiendo que no llevaba lentes y mi vista no es como la de un águila, y no solo por eso si no también por brindarme tu apoyo, porque aun en tus momentos de descanso me ayudaste para este proyecto en diversas ocasiones, por darme esos mejores consejos y experiencia y aun en la actualidad. Ing. Gregorio García Reyes ¡GRACIAS!

La palabra Tritón tiene muchos significados, entre ellos el dispensador “Tritón para cerveza” y lo menciono no porque conservábamos una amistad en el vicio, sino porque el Tritón de cerveza se compone de tres patas, las cuales siempre están juntas y si una falta el envase se cae, por su amistad compañeros, compartiendo momentos de estudio, de diversión una amistad de jóvenes universitarios. José Emanuel Duarte Villegas y Carlos Manuel Hernández Buendía ¡GRACIAS!

Tardes calurosas que al salir de tu trabajo querías llegar a casa a descansar y sin embargo te desviabas a la Universidad para apoyarme en este proyecto, la paciencia y humildad con la que me enseñabas, y siempre cuando tenía duda de algo nunca te negabas; por tu amistad, confianza y valioso tiempo en apoyarme e instruirme de manera profesional en el conocimiento especializado y experiencia de la Ingeniería de Tránsito. Edson Benjamín Gallardo Saldívar ¡GRACIAS!

...La grandeza del hombre radica en humildad que lleva consigo mismo.

Es difícil no poder enlistar los nombres de las personas que he conocido y me han brindado de su tiempo, no precisamente en este proyecto, si no consejos sabios llenos de experiencias que me ha compartido, pero como lo mencione desde un principio Dios me ha puesto en lugares de los cuales he aprendido de esas grandes personas, En la Licenciatura tuve profesores que siempre me compartieron experticias y siempre me apoyaron de diversas maneras para culminar mis estudios profesionales. A todos los Profesores le doy las ¡GRACIAS! por escucharme y darme de su valioso tiempo.

Aquellos compañeros de mi generación y de otras generaciones e incluso de otras Licenciaturas que de diversas formas me dieron consejos o intercambiamos pensamientos sobre la vida de un Ingeniero, o de cualquier otro tema, siempre con pláticas amenas y debates de temas muy interesantes. ¡GRACIAS! Apreciables Compañeros.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I. MARCO METODOLÓGICO.....	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Planteamiento del Problema.....	5
1.3 Delimitación del problema.....	8
1.4 Objetivo General.....	8
1.4.1 Objetivos Específicos.....	9
1.5 Justificación.....	9
1.6 Hipótesis de investigación.....	9
CAPITULO II MARCO NORMATIVO.....	10
2.1 Declaración de los Derechos Humanos (1948).....	10
2.2 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	10
2.3 Ley de Movilidad del D.F. (2014).....	10
2.4 Programa Integral de Movilidad del D.F. (PIM) 2013-2018.....	13
2.5 Programa Integral de Seguridad Vial (PISV) “2016-2018” de la Ciudad de México.....	14
2.6 Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Áreas Urbanas y Suburbanas del D.F. (2001).....	14
2.7 Reglamento de Tránsito del Distrito Federal (2015).....	15
2.8 Ley de transporte y Vialidad del Distrito Federal (vigente).....	16
2.9 Norma oficial mexicana NOM-034-SCT2-2011, señalamiento horizontal y vertical en carreteras y vialidades urbanas.....	188
2.10 Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad 2014.....	19
CAPITULO III MARCO TEÓRICO.....	22
3.1 Transporte & Tránsito.....	22
3.2 Movilidad Urbana.....	22
3.3 Jerarquía Vial.....	233
3.4 Características para el funcionamiento de las intersecciones a nivel.....	25
3.4.1 Características físicas de intersecciones a nivel.....	266
3.4.1.1 Regulación de intersecciones.....	26
3.4.1.2 Análisis de flujos vehiculares.....	26

3.4.1.3 El nivel de servicio en intersecciones con semáforos.	277
3.5. Características operativas.	28
3.5.1 Movimientos direccionales.	28
3.5.2 Volúmenes vehiculares y peatonales.	29
3.6 Velocidad a de Operación.	30
3.6.1 Velocidad de recorrido.	30
3.6.2 Velocidad de marcha.	30
3.7 Características de los Dispositivos para Control de Tránsito.	311
3.7.1 Semáforos.	31
3.7.2 Requerimiento para la operación de la distribución de tiempo de las luces del semáforo.	36
3.7.3 Sistema coordinado de semáforos.	38
3.7.3.1 Clasificación de los sistemas coordinados para semáforos.	40
3.7.3.2 Centros de mandos, de control, de monitoreo, comunicaciones o inteligentes.	40
3.7.3.3 Requerimientos para la coordinación de semáforos.	47
3.8 Tipos de Solución.	53
3.9 Software especializado que permiten simular y evaluar el desempeño de las intersecciones semaforizadas:	53
3.10 Visión Cero.	56
CAPITULO IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO.	58
4.1 Metodología del estudios técnico.	58
4.1.1 Identificación de la problemática existente.	59
4.1.2 Visita preliminar de campo.	59
4.1.3 Estudios de aforo de 16 horas.	62
4.1.4 Estudios de inventario de campo.	63
4.1.4.1 Inventario de mobiliario y equipo semafórico.	63
4.1.4.1.1 Equipo y mobiliario semafórico vehicular y peatonal.	64
4.1.4.1.2 Mobiliario de semáforos peatonales.	73
4.1.4.1.3 Ciclos semafóricos y distancia entre cruces.	74
4.1.4.1.4 Uso de suelo.	75
4.1.4.1.5 Inventario de rutas de transporte público.	76
4.2 Identificación de la problemática existente.	77
4.3 Aforos Vehiculares.	78
4.3.1 Clasificación vehicular.	85

4.4 Estudios de tiempo de recorrido, velocidad y demoras.....	911
4.5 Secciones transversales.....	922
CAPITULO V. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.....	103
5.1 Análisis de la infraestructura vial.....	103
5.2 Análisis operacional de la semaforización.....	103
5.3 Análisis de la situación actual de modelación del software Synchro.....	1111
CAPITULO VI. RESULTADOS Y PROPUESTAS.....	1144
6.1 Resultados.....	1144
6.2 Propuestas.....	120
6.3 Estrategias de acciones de mejoramiento y seguridad a la movilidad vial.....	1277
6.4 Beneficios que se obtendrán de la movilidad y seguridad vial mediante la optimización del sistema coordinado de semaforización.....	1300
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	1311
BIBLIOGRAFÍA.....	1333
ANEXOS.....	1337.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Problema de congestionamiento en la intersección Circuito Interior ocasionado por los semáforos en la Calzada General Ignacio Zaragoza.	7
Ilustración 2. Problema de congestionamiento en la intersección Circuito Interior ocasionado por los semáforos en la Calzada General Ignacio Zaragoza.	7
Ilustración 3. Ascenso/descenso de pasaje ocasionado en doble fila en la Calzada General Ignacio Zaragoza.	8
Ilustración 4. Jerarquía de Movilidad.	11
Ilustración 5. Principios de Movilidad.	13
Ilustración 6. Puntos de Conflictos	25
Ilustración 7. Elementos que componen a un semáforo.	35
Ilustración 8. Disposiciones usuales de las señales luminosas en la cara de los semáforos vehiculares.	36
Ilustración 9. Semáforo para peatones.	36
Ilustración 10 Ubicación del poste sin ménsula para semáforo vehicular.	39
Ilustración 11 Ubicación del poste con y sin ménsula para semáforo peatonal.	39
Ilustración 12 Ubicación del poste con y sin ménsula para semáforo vehicular y peatonal.	42
Ilustración 13 Ubicación del poste con ménsula para semáforo vehicular.	44
Ilustración 14 Ubicación de USM para semáforo vehicular	44
Ilustración 15 Obra civil para poste con gabinete de la unidad de control.	46
Ilustración 16 Obra civil para bases en la colocación de postes.	46
Ilustración 17 Ubicación y número recomendado de cabezas de semáforos montados en poste en las intersecciones.	48
Ilustración 18 Diagrama espacio-tiempo como ejemplo para un plan de coordinación de tres intersecciones semaforizadas.	49
Ilustración 19 Imagen de funcionamiento de un sistema de control de tránsito.	52
Ilustración 20 Imagen actual del Centro Computarizado de Control Vial “Sistema SCAT” de la Ciudad de México “C2”.	52
Ilustración 21 Metodología del estudio técnico.	58
Ilustración 22 Localización de las intersecciones semaforizadas sobre la Calzada General Ignacio Zaragoza.	61
Ilustración 23. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 1 (Calz. General Ignacio Zaragoza y Viaducto Río de la Piedad)	64
Ilustración 24. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 2 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y calle 75-77)	65

Ilustración 25. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 3 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Av. Economía)	66
Ilustración 26. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 4 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Relaciones Exteriores)	67
Ilustración 27. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 5.....	68
Ilustración 28. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 6 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Circuito Interior).....	69
Ilustración 29. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 7 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Av. Iztaccihuatl).....	70
Ilustración 30 Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 8 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y calle 15).....	71
Ilustración 31 Sección transversal del cuerpo Norte de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en el sentido de Oriente –Poniente en su cruce con Viaducto Rio de la Piedad.....	99
Ilustración 32 Sección transversal del cuerpo Sur de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en su sentido de Poniente-Oriente en su cruce con Viaducto Rio de la Piedad.	100
Ilustración 33 Sección transversal del cuerpo Norte de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en su sentido de Oriente-Poniente en su cruce con la calle sin nombre frente altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso.....	101
Ilustración 34 Sección transversal del cuerpo Sur de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en su sentido de Poniente-Oriente en su cruce con la calle sin nombre frente altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso (metro Moct)	102
Ilustración 35 Localización de las intersecciones semaforizadas con mobiliario de cabezas peatonales.	105

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Volúmenes Vehiculares (Matutino Oriente-Poniente).	79
Gráfica 2. Volúmenes Vehiculares (Matutino Poniente-oriente.	80
Gráfica 3. Volúmenes Vehiculares (Vespertino Oriente-Poniente).	81
Gráfica 4. Volúmenes Vehiculares (Vespertino Poniente-oriente).	82
Gráfica 5. Volúmenes Vehiculares (Nocturno Oriente-Poniente).	83
Gráfica 6. Volúmenes vehiculares (Nocturno Poniente a Oriente.	84
Gráfica 7. Clasificación vehicular oriente-poniente (matutino).	86
Gráfica 8. Clasificación vehicular sentido poniente-oriente (matutino).	87
Gráfica 9. Clasificación vehicular sentido oriente poniente (vespertino).	88
Gráfica 10. Clasificación vehicular sentido poniente oriente (vespertino).	89
Gráfica 11. Clasificación vehicular sentido poniente – oriente (Nocturno).	90
Gráfica 12. Clasificación vehicular sentido poniente-oriente (Nocturno).	91
Gráfica 13. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Oriente-Poniente (matutino).	93
Gráfica 14. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Poniente-Oriente (Matutino).	94
Gráfica 15. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Oriente-Poniente (vespertino).	95
Gráfica 16. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Poniente-Oriente (vespertino).	96
Gráfica 17. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Oriente-Poniente (Nocturno).	97
Gráfica 18. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Poniente-Oriente (Nocturno).	98
Gráfica 19. Diagrama espacio – tiempo en la operación actual en la mañana del sistema de semáforos de la Calzada General Ignacio Zaragoza, ambos sentido de circulación.	110
Gráfica 20. Diagrama espacio – tiempo en la coordinación óptima en la mañana del sistema de semáforos de la Calzada General Ignacio Zaragoza, ambos sentido de circulación.	11026

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Nivel de Servicio en intersecciones semaforizadas.	27
Tabla 2. Clasificación general de los vehículos.....	30
Tabla 3 Relación de las intersecciones en ambos sentidos.....	60
Tabla 4 Nomenclatura de vehículos.	63
Tabla 5 Inventario de mobiliario de semáforos peatonales.	74
Tabla 6 Identificación del tiempo de ciclo semafórico en cada cruce.....	75
Tabla 7 Relación de rutas de transporte público.....	77
Tabla 8 Matriz de tiempos de semáforos vehiculares.	106
Tabla 9 Matriz de semáforos peatonales.	107
Tabla 10 Situación actual mediante la modelación del software Synchro.	113
Tabla 11 Resumen de indicadores de la situación actual por intersección mediante la modelación del software Synchro.....	113
Tabla 12 Simulación optima mediante la modelación del software Synchro.....	123
Tabla 13 Resumen de indicadores de la simulación optima por intersección mediante la modelación del software Synchro.....	123

Palabras Clave: Movilidad, Tránsito, Vialidad, Seguridad vial y Semáforos.

RESUMEN.

La Calzada General Ignacio Zaragoza, es una vialidad que se encuentra clasificada como Vía de circulación continua en categoría de radial y en arteria principal, debido a que dicha Calzada tiene dos tramos, el primero como su nombre lo menciona es una circulación para vehículos de velocidad continua y el segundo tramo que es nuestro caso de estudio tiene intersecciones a nivel y son reguladas por semáforos.

Para poder regularizar las intersecciones es necesario llevar a cabo un estudio de campo, analizando los flujos vehiculares, tiempos de reparto, fases, mobiliario y estudios de gabinete mediante programas computacionales que son empleados como herramientas que permiten modelar, evaluar tramo o tramos de estudio mediante una simulación de la red.

Para ello se debe realizar una metodología, debiendo describir los pasos que se llevan para la elaboración del tramo en estudio, teniendo principalmente la vialidad, identificando la problemática existente, llevando a cabo estudios de aforos vehiculares, velocidades, inventarios de equipo y mobiliario de la zona.

El estudio en gabinete, permite un análisis de lo recabado en campo, análisis de la infraestructura, análisis operacional de la semaforización, el cual este último es indispensable realizar mapas (no necesariamente a escala), con el propósito de identificar los tipos de semáforos que hay en cada intersección. El diagrama espacio tiempo, es una gráfica, la cual una línea representa un vehículo a la velocidad que se está circulando, los resultados son favorables, debido a la coordinación que hay entre cada semáforo de cada intersección.

El mobiliario de los semáforos está compuesto por cables, postes y cabezas de semáforos, son insuficientes para la cantidad de vehículos que transita en dicha vialidad, la situación operativa por cruce se encuentra en un nivel de servicio "F" lo que representa una operación vehicular con demoras mayores a 80 segundos por vehículo,

Con base a lo anterior el mejoramiento y seguridad a la movilidad vial se deben ejecutar acciones de programas en materia principalmente de mantenimiento,

conservación y seguridad vial de los señalamientos, horizontales y verticales, así mismo con ayuda de los centros del Comando (principalmente C2 “*Centro de Comando y Comunicación-En Plaza Tlaxcoaque*” y C4i4 “*Centros de Comando, Control, Comunicación, Cómputo, Inteligencia, Integración, Información e Investigación*”) para la coordinación, modernización del equipo semafórico y seguimiento de información de los hechos de tránsito que se registran en la Ciudad de México.

Con la oportunidad de diagnosticar la movilidad vehicular principalmente en la Calzada General Ignacio Zaragoza, se identificaron una cantidad de factores que determinaron problemas viales (falta de señalización vial; paradas de transporte público en lugares no autorizados; bases de transporte público colectivo en lugares inadecuados; mala operación de la distribución y coordinación de los tiempos de los semáforos por cruce y vialidad; mobiliario faltante y maltratado, y equipo obsoleto semaforizado; intervención de los agentes de tránsito mediante manipulación de los equipos semafóricos, entre otros) determinándose un mal desempeño operativo en la circulación de vehículos en general, y a razón de ello, se propuso sólo abordar como criterio a la solución integral al tramo de estudio “los dispositivos de Semáforos”, como parte fundamental de los sistemas inteligentes de transporte y/o Movilidad de la Ciudad de México; con los resultados y conclusiones del desarrollo del documento, muestran la propuesta operativa , de modernización y de inclusión de las intersecciones semaforizadas al sistema actual centralizado adaptativo de semáforos “C2” de la Ciudad de México, propiciando premisas en los beneficios a través de la disminución de las tasas de siniestralidad, reducción de las emisiones de contaminación atmosférica, incremento de la velocidad con base a lo permitido en la Reglamentación, disminución de los tiempos de traslado, y de un impacto directo social y económico favorable mediante la seguridad vial y de los costos operativos por los traslados de los vehículos que incrementan la productividad y competitividad de las actividades económicas en la Ciudad de México.

INTRODUCCIÓN.

La Ciudad de México siendo una de las más grandes urbes del mundo en población y territorio, presenta múltiples problemas de traslado de bienes y personas hacia los diferentes destinos, sea cual sea los motivos de viaje. Esta problemática se origina esencialmente en la vialidad y en la movilidad a través de los desplazamientos de los diferentes destinos y motivos de viaje de sus habitantes, sabiendo que para la solución de este fenómeno se deban tomar estrategias de gobierno e iniciativa privada, para que en coordinación mutua se logren alcanzar los objetivos a corto, mediano y largo plazo; estas estrategias deberán estar dirigidas al campo de la movilidad, principalmente a los elementos: “ vehículo, usuario, tránsito y vialidad con sus respectivos elementos de mobiliario urbano para fines de control de tránsito “, y así, mediante la educación vial y cumplimiento de las normas de tránsito, se puedan establecer resultados en beneficio a la movilidad urbana y a su población.

El presente documento es una clara muestra de interés de la Ingeniería en Transporte, donde los profesionistas, pasantes y estudiantes de esta Licenciatura, ponen énfasis en la especialidad de la Ingeniería de Tránsito, para participar y colaborar en sus diferentes formas con la iniciativa pública y privada, para identificar, analizar, diagnosticar y proponer acciones de mejora, donde los resultados de indicadores cualitativos y cuantitativos se sumen a otras disciplinas relacionadas al Urbanismo, para tener satisfactores de eficiencia constante en la Movilidad de los usuarios de la Ciudad de México como en su Área Metropolitana.

La Tesis plantea elaborar un diagnóstico operativo que permita resolver integralmente el problema de movilidad y seguridad vial en la Calzada General Ignacio Zaragoza, en su tramo Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente a la Estación del Metro Moctezuma a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, donde la Calzada se divide en dos tramos, el primero comienza desde el Eje 8 Sur Ermita Iztapalapa al Rio de la Piedad, el cual el tramo es de acceso controlado, esta investigación analizará el primer tramo mencionado, y que corresponde a la categoría de vía primaria de Arteria, cuya características representan intersecciones a nivel sin y con semáforos.

La metodología se aplicará bajo la perspectiva de movilidad y de la Ingeniería de Tránsito, que permitirá determinar un diagnóstico operativo donde los resultados estén dirigidos a la optimización de tiempos y coordinación de los semáforos; las fases de la metodología señalan la realización de los diferentes estudios que contempla las condiciones físicas, condiciones operativas, condiciones de los dispositivos para control de tránsito, y condiciones de Seguridad Vial.

La temática de la investigación se desarrolla en cinco capítulos:

En el capítulo I, Marco Metodológico, en este se describe los antecedentes, el planteamiento del problema, así como la delimitación del mismo, enfocándonos a los semáforos, el objetivo general, la justificación, e hipótesis de la investigación, los cuales ayudaran a tener un panorama actual sobre la vialidad.

El capítulo II, Marco Normativo, presentan diversas normatividades referentes a la movilidad y tránsito a nivel federal y especialmente en la Ciudad de México.

En la parte del capítulo III, Marco Teórico, la teoría que se abordara en esta tesis se describirá en este capítulo, el cual ayudará a tener panorama general de la investigación.

En lo concerniente al capítulo IV, Desarrollo de estudio, se fracciona en dos partes, la primera, comprende en estudios de campo, como son estudios de aforos, de velocidad y de inventarios de mobiliario como de las condiciones del estado físico de la infraestructura vial, y el segundo el análisis de la información antes mencionados.

En el capítulo V, Análisis y diagnóstico, en esta sección se presentan los resultados del análisis, evaluación y optimización de la simulación de la red vial objeto de estudio, mediante el programa computacional especializado Synchro.

Por último, el Capítulo VI, Resultados y propuestas, considera los resultados obtenidos del procesamiento del Capítulo V, donde se muestran indicadores cualitativos como cuantitativos, y a razón de ello, se enumeran una serie de propuestas encaminadas a la mejora y seguridad vial.

CAPITULO I. MARCO METODOLÓGICO

1.1 Antecedentes.

Baltierra (2015) manifestó que en su mayoría de las intersecciones de la Ciudad de México tienen algo en común que es la falta de señalización vial la cual está mal empleada, poniendo en riesgo la vida de peatones y movilidad de la zona. Otro aspecto atribuible hacia la movilidad son las dispersiones del tránsito hacia las delegaciones centrales de la ciudad, estas provienen de los municipios aledaños particularmente al oriente.

Hoy en día la Ciudad de México opera tres tipos de sistemas de semaforización, de los cuales solo uno permite el manejo automatizado, de acuerdo con cifras proporcionadas por el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP) las horas pico han duplicado, por lo que ya es común encontrar congestionamientos a todas horas y estas aglomeraciones se presentan principalmente de: 6:00 a 10:00, de 12:00 a 16:00, de 18:00 a 22:00 horas. (Consultado en:

<http://www.capital21.df.gob.mx/cdmx-contara-con-semaforos-inteligentes/>)

El programa delegacional de desarrollo urbano de Venustiano Carranza, cuya Calzada General Ignacio Zaragoza, en el tramo de estudio, hace mención que esta vialidad satisface la demanda de movilidad de grandes volúmenes de tránsito vehicular de la zona oriente hacia el centro de la Ciudad, contando con accesos y salidas con otras vialidades, pero la saturación de esta vialidad ha provocado que la velocidad de desplazamiento sea alrededor de los 20 kilómetros por hora.

1.2 Planteamiento del Problema

Para ello se realizó un análisis de campo el cual se observa las problemáticas que se presentan en la actualidad a lo largo de la vialidad objeto de estudio “Calzada General Ignacio Zaragoza”. Siendo las siguientes:

- Los ascensos y descensos de los pasajeros son un problema que toda vialidad presenta, sin embargo este problema vial se divide en dos factores muy distintos que originan congestionamientos viales, el ascenso y/o descenso del transporte público en doble fila y en lugares no autorizados.

- Los semáforos tiene como función regular el tránsito vehicular y peatonal, este apartado se verá más a detalle en otro contexto, sin embargo la operación de los semáforos no es la adecuada para esta vialidad, ya que en dos intersecciones son operados por agentes de policía de tránsito u otros, lo que conlleva a congestionamientos por más de 10 minutos.
- Aunado a ello cabe mencionar que los estacionamientos en doble fila son debido principalmente en vehículos de transporte publico cerca de sus bases lanzaderas.
- A lo largo de la vialidad (objeto o tramo de estudio) existe varios tipos de uso de suelo, y el comercial es el principal, los puestos ambulantes son otro obstáculo en la vía pública, lo que genera problemas para la circulación para los peatones en su infraestructura y con ello genera problemas de congestionamiento vehicular.
- El mantenimiento y conservación de la misma vialidad es problema de congestionamiento vehicular y en ocasiones problemas para la movilidad de peatones, ya que los realizan en horarios inadecuados y en ocasiones son prolongados.
- Los hechos de tránsito terrestre de tipo alcance, colisión perpendicular, o colisión lateral, son eventos que siempre surgen cuando una vialidad se ve aglomerada, esto debido al estrés de los conductores, este factor se ve muy involucrado con los semáforos, ya que son manipulados (como se ha mencionado con anterioridad).
- No solo los agentes de tránsito operan y/o manipulan los semáforos, también hacen alto y/o cierre de circulación, las razones no son conocidas, pero se puede atribuir a asuntos no relacionados con la operación vehicular.
- El problema que hoy presenta la Ciudad a diario en cualquier vialidad, no se salva de las marchas en la vía pública, generando entre congestionamientos vehiculares, así como de otros tipos de factores inconvenientes a la movilidad.
- Se ha dicho que los operadores de transporte público de pasajeros principalmente no tienen buena capacitación ya que reflejan su incompetencia para brindar el servicio, el cual desde mi óptica considero que efectivamente

no son aptos, pues sus maniobras inadecuadas propician cierres de circulación en otros carriles.

Se presentan algunas imágenes tomadas en campo durante el recorrido, haciendo la observancia de los problemas viales que se citaron anteriormente.



Ilustración 1. Problema de congestionamiento en la intersección Circuito Interior ocasionado por los semáforos en la Calzada General Ignacio Zaragoza.
Fuente: Fotografía propia.



Ilustración 2. Problema de congestionamiento en la intersección Circuito Interior ocasionado por los semáforos en la Calzada General Ignacio Zaragoza.

Fuente: Fotografía propia.



Ilustración 3. Ascenso/descenso de pasaje ocasionado en doble fila en la Calzada General Ignacio Zaragoza.
Fuente: Fotografía propia.

1.3 Delimitación del problema.

Dada la amplitud de los factores antes mencionados, para delimitar sólo un problema, se tomó en consideración el resultado del Estudio de Tiempos de Recorrido, que permitió determinar que la causa predominante en el tramo de estudio fueron los Semáforos, razón por la cual, el estudio estará dirigido a encontrar detalladamente mediante una metodología los elementos que ocasionan el mal funcionamiento de este dispositivo para control de tránsito.

1.4 Objetivo General.

La presente Tesis tiene como objetivo la elaboración de un estudio técnico que permita establecer medidas de solución y/o mitigación a través de un diagnóstico de la operación vial de los semáforos en Calzada General Ignacio Zaragoza, en su tramo Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente a la Estación del Metro Moctezuma a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso.

1.4.1 Objetivos Específicos.

- Identificar mediante estudios de campo la problemática vial que afecte la fluidez vehicular del tramo de estudio.
- Determinar el diagnóstico de operación de la red vial primaria Calzada General Ignacio Zaragoza en el tramo de estudio.
- Establecer las medidas de solución y/o mitigación si fuera el caso que permita la fluidez vehicular óptima y segura de la vialidad.

1.5 Justificación.

La Calzada General Ignacio Zaragoza de la Ciudad de México, es una vialidad mixta de tipo radial o acceso controlado y de arteria principal, que se encuentra comprendida mediante dos tramos, el primero conceptualizado en acceso controlado del Eje 8 sur Ermita Iztapalapa al Viaducto Rio de la Piedad, y el segundo de Arteria principal del Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente a la Estación del Metro Moctezuma a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso. La circulación en ambos cuerpos de la vía y en diferentes horarios del día, presenta grandes volúmenes de tránsito vehicular en sus sentidos de penetración y salida, es señalada por su ubicación geográfica e Histórica como una vialidad de las más importantes y problemáticas de la Ciudad de México.

Por lo anterior, es pertinente que los resultados del Estudio Técnico coadyuven a devolverle a la Calzada General Ignacio Zaragoza lo emblemático que representa a la Ciudad, en los aspectos fundamentalmente de movilidad, fluidez vehicular y de seguridad vial.

1.6 Hipótesis de investigación.

Con los resultados obtenidos del Estudio Técnico, se enfatiza entre otras medidas claves y de soporte, que con la mejora de mobiliario para fines de control de tránsito y operativa de la distribución y coordinación de los tiempos de los semáforos en el tramo de la vialidad en estudio, permitirá significativamente reflejar indicadores de calidad de eficiencia del sistema de movilidad de forma segura y sustentable.

CAPITULO II MARCO NORMATIVO

2.1 Declaración de los Derechos Humanos (1948).

En el Artículo 13 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos declara que toda persona tiene derecho a circular libremente y a elegir su residencia en el territorio de un Estado. (Consultado en:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0017/001790/179018m.pdf>)

2.2 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En el Artículo 11. De la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos declara que toda persona tiene derecho para entrar en la República, salir de ella, viajar por su territorio y mudar de residencia, sin necesidad de carta de seguridad, pasaporte, salvoconducto u otros requisitos semejantes.

2.3 Ley de Movilidad del D.F. (2014).

En la Ley de Movilidad del D.F. (2014) menciona que es un derecho de toda persona y de la colectividad a realizar el efectivo desplazamiento de individuos y bienes mediante los diferentes modos de transporte reconocidos por la Ley. En todo caso de objeto de la movilidad será la persona.

En su Artículo 1ro, Tiene por objeto establecer las bases, para planificar, regular y gestionar la movilidad de personas y transporte, permitiendo que los desplazamientos sean en condiciones de seguridad, calidad, igualdad y sustentabilidad, así mismo se debe sujetar a su jerarquía establecida. En la imagen 4.1 de la citada Ley de movilidad establece una jerarquía, en la cual la preferencia es el peatón dejando al último el vehículo particular, con el propósito de mejorar las condiciones de salud y protección del medio ambiente.

En las acciones que se mencionan en esta Ley, precisan que el plan integral Movilidad 2013-2018 (PIM) Es un documento que plasma, bajo una visión innovadora a cargo de la Secretaría de Movilidad, cuya estrategia es seguir para transformar la manera en que nos movemos diariamente por la ciudad, establece un precedente para avanzar hacia una movilidad más eficiente, segura, incluyente, accesible y sustentable, una nueva política que se enfoca en mover personas, no

sólo automóviles, bajo una nueva jerarquía de movilidad que otorga prioridad al peatón, ciclista y personas usuarias del transporte público, sobre el transporte de mercancías y el automóvil particular.

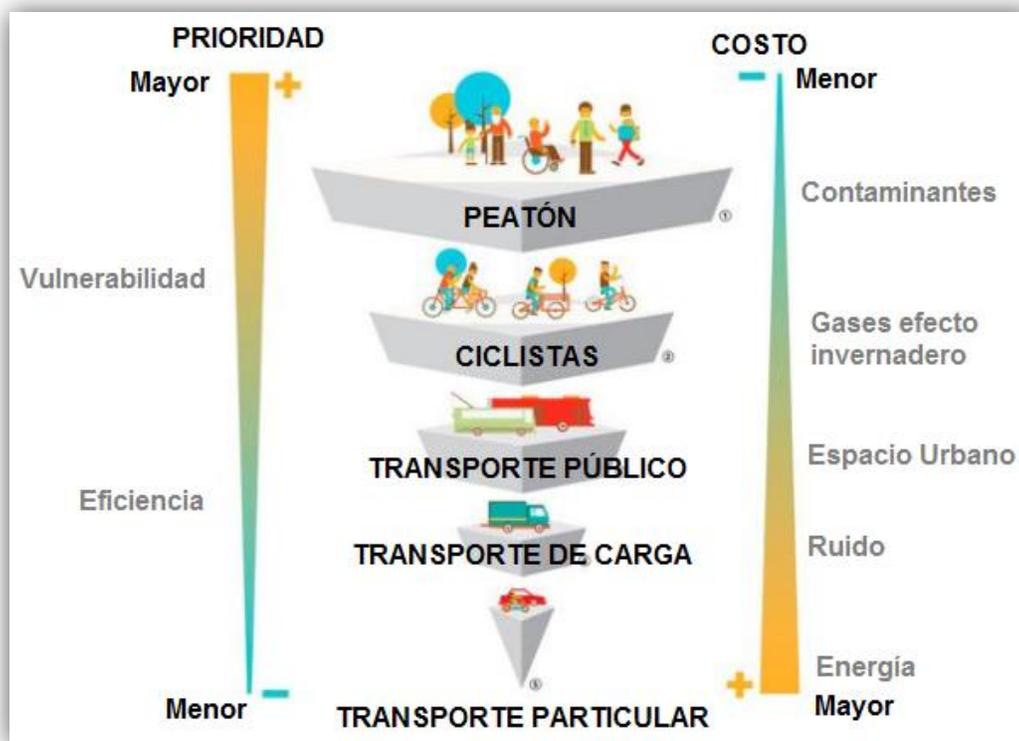


Ilustración 4. Jerarquía de Movilidad.
Fuente: Ley de movilidad del D.F. 2014.

El artículo 5. Precisa que la Integración al Desarrollo de las Personas con Discapacidad del Distrito Federal señala que entre las acciones prioritarias se incluyan los programas de accesibilidad universal que les garanticen el acceso, en igualdad de condiciones con las demás personas, al entorno físico, el transporte y las comunicaciones.

Artículo 7. Menciona que la Administración Pública al diseñar e implementar las políticas, programas y acciones públicas en materia de movilidad. En la imagen 5.1 la ley de movilidad establece los principios siguientes.

I. Seguridad. Privilegiar las acciones de prevención del delito e incidentes de tránsito durante los desplazamientos de la población, con el fin de proteger la integridad física de las personas y evitar la afectación a los bienes públicos y privados

II. Accesibilidad. Garantizar que la movilidad esté al alcance de todos, sin discriminación de género, edad, capacidad o condición, a costos accesibles y con información clara y oportuna;

III. Eficiencia. Maximizar los desplazamientos ágiles y asequibles optimizando los recursos disponibles, sin que su diseño y operación produzcan externalidades negativas desproporcionadas a sus beneficios.

IV. Igualdad. Equiparar las oportunidades de la población para alcanzar un efectivo ejercicio de su derecho a la movilidad, poniendo especial énfasis en grupos en desventaja física, social y económica, para reducir mecanismos de exclusión.

V. Calidad. Procurar que los componentes del sistema de movilidad cuenten con los requerimientos y las propiedades aceptables para cumplir con su función, ofrecer un espacio apropiado y confortable para las personas y encontrarse en buen estado, en condiciones higiénicas, de seguridad, y con mantenimiento regular, para proporcionar una adecuada experiencia de viaje.

VI. Resiliencia. Lograr que el sistema de movilidad tenga capacidad para soportar situaciones fortuitas o de fuerza mayor, con una recuperación de bajo costo para la sociedad y al medio ambiente.

VII. Multimodalidad. Ofrecer a los diferentes grupos de usuarios opciones de servicios y modos de transporte integrados, que proporcionen disponibilidad, velocidad, densidad y accesibilidad que permitan reducir la dependencia del uso del automóvil particular.

VIII. Sustentabilidad y bajo carbono. Solucionar los desplazamientos de personas y sus bienes, con los mínimos efectos negativos sobre la calidad de vida y el medio ambiente, al incentivar el uso de transporte público y no motorizado, así como impulsar el uso de tecnologías sustentables en los medios de transporte.

IX. Participación y corresponsabilidad social. Establecer un sistema de movilidad basado en soluciones colectivas, que resuelva los desplazamientos de toda la población.

X. Innovación tecnológica. Emplear soluciones apoyadas en tecnología de punta, para almacenar, procesar y distribuir información que permita contar con nuevos sistemas, aplicaciones y servicios que contribuyan a una gestión eficiente, tendiente a la automatización.

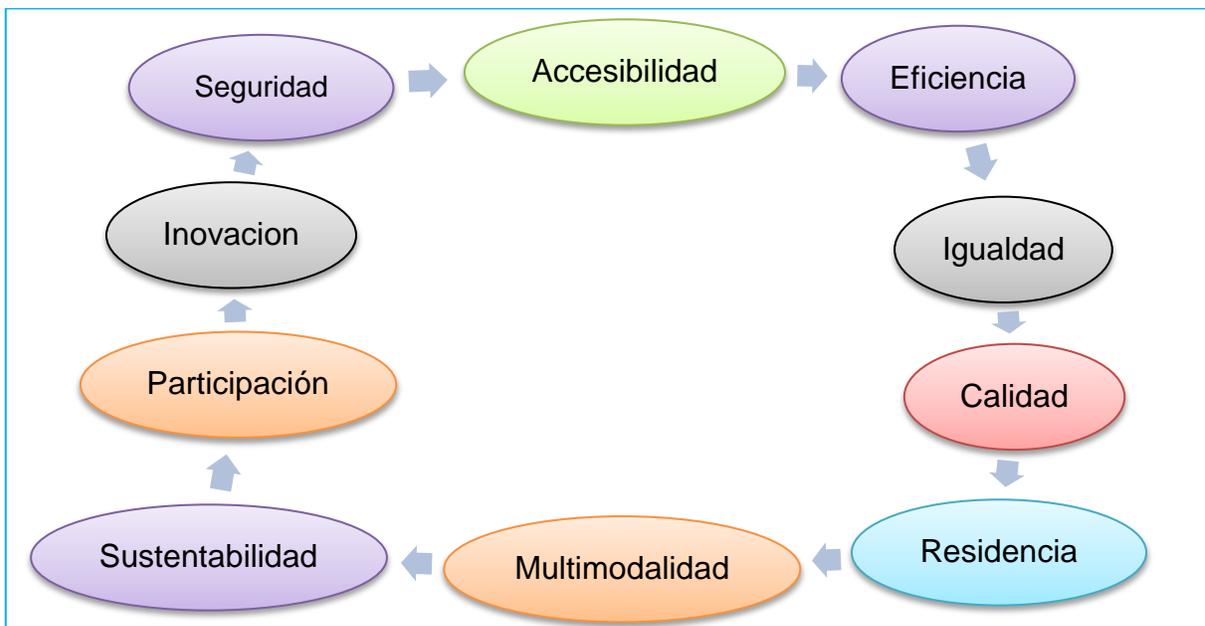


Ilustración 5. Principios de Movilidad.
Fuente: Ley de movilidad del D.F. 2014.

En el artículo 8. Estipula que todas las Autoridades de la Administración Pública del Distrito Federal, están obligadas a programar y ejecutar acciones específicas a favor de las personas con discapacidad.

El artículo 12 Fracción VIII señala que es atribución de la Secretaría de Movilidad someter a la aprobación del Jefe de Gobierno el Programa Integral de Movilidad el cual deberá guardar congruencia con los objetivos, políticas, metas y previsiones establecidas en los Programas Generales: de Desarrollo del Distrito Federal, de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal y del Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México. (Consultado en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99436.pdf>)

2.4 Programa Integral de Movilidad del D.F. (PIM) 2013-2018.

En el programa integral menciona que han avanzado significativamente con respecto a la movilidad sustentable logrando posicionarse como ciudad líder en la materia.

La Ciudad de México se ha transformado en una capital más dinámica, con una movilidad más eficiente y con más opciones de transporte amigables con el ambiente

La visión que tiene este programa es crear una política pública innovadora para transformar la movilidad urbana, con visión metropolitana y de largo plazo, Por ello, es necesario llevar a cabo un cambio de paradigma para enfrentar el reto de la movilidad, entendida como el conjunto de desplazamientos de personas y bienes que se realizan en la ciudad.

2.5 Programa Integral de Seguridad Vial (PISV) “2016-2018” de la Ciudad de México.

El Programa Integral de Seguridad Vial (PISVI) es una política pública de la Ciudad de México en materia de seguridad vial “Visión Cero”, que con base en programas y estrategias instrumentadas en diferentes ciudades del mundo, visualizan como objetivo un futuro en que nadie muera ni sufra lesiones para toda la vida en un hecho de tránsito, o sea, para llegar a cero fallecimientos en movilidad vial.

(Consultado en:

http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/2017/programas_desarrollo/programas_mediano_plazo/Programa%20Mediano%20Plazo%20Seguridad%20Vial.pdf)

2.6 Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Áreas Urbanas y Suburbanas del D.F. (2001).

En adelante Manual o Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F, es de carácter normativo, cuyo propósito de los dispositivos para el control del tránsito es procurar el ordenamiento de los movimientos, donde se establecen los principios básicos que deben seguirse en el proyecto y el uso predecibles al tránsito, a través del uso adecuado de los mismos, haciendo de la vialidad un elemento funcional del sistema nacional de comunicaciones. Otro objetivo de los dispositivos es proporcionar información y prevenir (cuando así se requiera) a los usuarios, para garantizar su seguridad y una operación efectiva del flujo vehicular y peatonal. Los dispositivos y obras para el control de tránsito nunca deben utilizarse como medios de publicidad. (Consultado en: <http://www.centrico.mx/docs/MDCTv1.pdf> y

<http://www.centrico.mx/docs/MDCTv2.pdf>

La clasificación de acuerdo a su función los dispositivos para el control de tránsito son:

- a) Señales
- b) Dispositivos para protección en desvíos, áreas de trabajo o eventos
- c) Dispositivos diversos
- d) Semáforos

Con respecto a los **semáforos** el Manual lo conceptualiza como aquellos dispositivos que por medio de indicaciones luminosas regulan el tránsito, estableciendo de esta forma el derecho de paso a través de una vialidad, tanto a vehículos como a peatones.

2.7 Reglamento de Tránsito del Distrito Federal (2015).

Las disposiciones de este reglamento son aplicables a peatones, conductores, pasajeros y propietarios de cualquier tipo de vehículo matriculado en el país o el extranjero y que circule en el territorio de la Ciudad de México. (Consultado en:

http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/documentos/nuevo_reglamento_transito.pdf

Estableciendo las normas respecto a sus movimientos y estacionamiento, en observancia a lo establecido en las leyes, reglamentos, acuerdos, decretos y normatividad local vigente, así como las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros o de carga y descarga. De igual forma, determina las condiciones legales y de seguridad a las que se deben ajustar los vehículos y sus conductores para su circulación

En el Artículo 1. Tiene por objeto regular la circulación de peatones y vehículos en vía pública y la seguridad en la Ciudad de México, cuyas disposiciones son aplicables a peatones, conductores, pasajeros y propietarios de cualquier tipo de vehículo matriculado en el país o en el extranjero que circule en el territorio de la Ciudad de México.

En el Artículo 2. Menciona que este reglamento estar basado en principios rectores los cuales permiten una mejora en la movilidad a cada usuario:

I.- La circulación en condiciones de seguridad vial es un derecho, por lo que todas las autoridades en el ámbito de su competencia deben adoptar medidas para garantizar la protección de la vida e integridad física de las personas, sobre todo de los usuarios vulnerables de la vía;

II. La circulación en la vía pública debe efectuarse con cortesía, por lo que los ciudadanos deben observar un trato respetuoso hacia el resto de los usuarios de la vía, así como a los agentes y personal de apoyo vial;

III. Se evitará la colocación de objetos que representen un obstáculo a la circulación de vehículos y tránsito de peatones;

IV. Se dará prioridad en la utilización del espacio vial de acuerdo a la siguiente jerarquía:

- a) Peatones; en especial personas con discapacidad y movilidad limitada
- b) Ciclistas;
- c) Usuarios del servicio de transporte público de pasajeros;
- d) Prestadores del servicio de transporte público de pasajeros;
- e) Prestadores del servicio de transporte de carga y distribución de mercancías; y
- f) Usuarios de transporte particular automotor y motociclistas.

2.8 Ley de transporte y Vialidad del Distrito Federal (vigente).

En el Artículo 1. Tiene por objeto regular y controlar la prestación de los servicios de transporte de pasajeros y de carga en el Distrito Federal en todas sus modalidades, así como el equipamiento auxiliar de transporte, sea cualesquiera el tipo de vehículos y sus sistemas de propulsión, a fin de que de manera regular, permanente, continua, uniforme e ininterrumpida se satisfagan las necesidades de la población; así como regular y controlar el uso de la vialidad, la infraestructura, los servicios y los elementos inherentes o incorporados a la misma, para garantizar su adecuada utilización y la seguridad de los peatones, ciclistas, conductores y usuarios. (Consultado en:

<http://www.aldf.gob.mx/archivo-18b25984124e5b832406deb1ea65c408.pdf>)

En el Artículo 15. El servicio de transporte en todas sus modalidades se ajustará al Programa Integral de Transporte y Vialidad del Distrito Federal. A fin de satisfacer las necesidades de la población y la demanda de los usuarios del servicio público de transporte con un óptimo funcionamiento, el Gobierno del Distrito Federal procurará la homologación de tarifas, horarios, intercambios, frecuencias y demás infraestructura y condiciones en las que se proporciona, buscando la conexión de rutas urbanas y metropolitanas con especial atención a las zonas que carecen de medios de transporte o que se encuentran mal comunicadas.

En el Artículo 89. Estipula que la vialidad y el tránsito en el Distrito Federal, menciona que se sujetarán a lo previsto en esta Ley, y demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables, y a las políticas establecidas por la Administración Pública, de acuerdo con las siguientes bases. Para propósito del Estudio solo se mencionaran cinco por ser las más relacionadas.

- I- La aplicación de políticas que atiendan a una mejor utilización de la vialidad, así como del tránsito de personas, ciclistas y vehículos.
- II- Las limitaciones y restricciones que se establezcan con objeto de preservar el ambiente, salvaguardar el orden público en la vialidad.
- III- Las limitaciones y restricciones que se establezcan para el tránsito de vehículos en la vialidad, con objeto de mejorar la circulación y salvaguardar la seguridad de personas.
- IV- El retiro de la vialidad de los vehículos y objetos que ilícitamente obstaculicen, limiten o impidan el uso adecuado de la vialidad o pongan en peligro el tránsito de personas o vehículos.
- V- La determinación de lineamientos para permitir el estacionamiento de vehículos en la vialidad y fuera de ella, de acuerdo con el uso de suelo autorizado y las disposiciones aplicables en materia de construcción, así como las medidas de auxilio, protección civil y emergencia que se adopten en relación con el tránsito de vehículos o peatones, en situaciones de fuerza mayor, caso fortuito, accidentes o alteración del orden público

2.9 Norma oficial mexicana NOM-034-SCT2-2011, señalamiento horizontal y vertical en carreteras y vialidades urbanas.

A continuación se resaltaré literalmente la sección del objetivo como del campo de aplicación de la Norma. (Consultado en:

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69940.pdf>

La Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los requisitos generales que han de considerarse para diseñar e implantar el señalamiento vial de las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal. El Campo de aplicación tiene el propósito de que el señalamiento vial sea de ayuda para que los vehículos, tanto del autotransporte federal como público en general, transiten en forma segura, la Norma es de aplicación obligatoria en:

- Las carreteras y vialidades urbanas federales.
- Las carreteras estatales y municipales.
- Las vialidades urbanas que sirvan de enlace entre las carreteras federales, estatales y municipales.
- Las vialidades urbanas que crucen a nivel con vías férreas, así como las que comuniquen a las terminales federales de autotransporte de pasaje o de carga, a los aeropuertos y aeropistas, a las estaciones ferroviarias, a los puertos marítimos, a los puertos fronterizos, a los parques industriales, a los destacamentos militares, de la Policía Federal, de la Cruz Roja Mexicana y a las instalaciones de protección civil; · las vialidades urbanas del Distrito Federal, y
- Otras vialidades urbanas que las autoridades estatales y municipales así lo establezcan.

Las intersecciones formadas por las carreteras y vialidades referidas, con otras vialidades urbanas, se señalarán conforme a lo establecido en la Norma: NOM-034-SCT2-2011.

2.10 Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad 2014.

En esta sección, se cita literalmente las consideraciones para su aplicación del contenido de este Manual. (Consultado en:

<http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/NUEVO-SENALAMIENTO/manualSenalamientoVialDispositivosSeguridad.pdf>

En congruencia con las recomendaciones de las Organizaciones internacionales en materia de señalización vial, la Secretaria de Comunicaciones y Transportes ha generado diversos documentos como son Manuales, Normas Técnicas y Normas Oficiales Mexicanas, con el propósito de que, en todas las vialidades del país la señalización vial sea uniforme; sin embargo, para facilitar su aplicación es necesario disponer de un documento que integre y de congruencia a los documentos hasta hoy utilizados para el diseño y proyecto de la señalización vial y dispositivos de seguridad.

Es así que la Dirección General de Servicios Técnicos, ha integrado un documento (este Manual) con los procedimientos y especificaciones técnicas necesarias para que los proyectos de señalización vial, señalamiento y dispositivos de protección en zonas de obras viales y dispositivos de seguridad, en los ámbitos Federal, Estatal y Municipal, se elaboren bajo los mismos principios y criterios técnicos, bajo el título de "MANUAL DE SENALIZACION VIAL Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD".

En el capítulo I, Generalidades del señalamiento, establece en el punto I.1, que:

El sistema vial surge para satisfacer la necesidad de comunicar ciudades y regiones o dentro del propio centro urbano. Todo usuario debe tener conocimiento del funcionamiento de dicha red para poderse desplazar sin contratiempos con rapidez y seguridad de un origen a un destino.

Dentro de los elementos que componen el sistema vial es importante resaltar el aspecto relativo a la señalización y a los dispositivos de seguridad, ya que su participación es primordial para el usuario de las vialidades, es por ello que el conjunto de señales verticales, señales horizontales y dispositivos de seguridad complementados entre si, tienen el objetivo de transmitir al usuario de carreteras y

vialidades urbanas la información suficiente para orientarlo sobre el sitio en que se encuentra y la forma de alcanzar su destino, prevenir sobre condiciones prevalecientes en la vialidad y regular el tránsito, además de coadyuvar a su seguridad vial durante su trayecto.

Las señales y dispositivos de seguridad deben mantener consistencia en términos de diseño e instalación, de tal forma que permitan la pronta identificación del mensaje que se pretende comunicar. La información que se transmite a los usuarios, debe ser clara y pertinente, utilizando primordialmente símbolos y pictogramas, además de leyendas cuando así se requiera.

La correcta aplicación, instalación, conservación y preservación del sistema de Señalización es responsabilidad de la autoridad de la carretera o vialidad urbana. La Autoridad correspondiente, en beneficio de los usuarios, determinara las condiciones más apropiadas para dar asesoría a los conductores sobre las condiciones de la vialidad, las regulaciones del tránsito y de los servicios.

La señalización vial se encuentra comprendida dentro del vasto campo de la Comunicación. Se debe utilizar un lenguaje común en todo el país, basado en los Principios internacionales para que la información que brinda el sistema de señalización sea interpretada unívocamente.

Las ordenes, advertencias, indicaciones y orientaciones ofrecidas por las señales viales deben ser una expresión homogénea, es decir, que a cada situación o evento corresponde un símbolo o un código. Por otra parte, el mensaje debe ser conciso con el fin de que el usuario pueda captar anticipada y correctamente el aviso emitido para una respuesta apropiada.

Por otro lado, en el contexto internacional existe la tendencia a preferir señales con pictogramas en lugar de textos, ya que su uso es universal facilitando una rápida comprensión del mensaje, contribuyendo así a una mayor seguridad vial. Lo anterior cobra especial relevancia al considerar que las economías y el tránsito se encuentran cada día más globalizados y que continuamente aumenta la cantidad de conductores extranjeros en cada país.

Es necesario señalar que tanto el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal, la NOM-034-SCT2-2011 y el Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad, se tomarán en cuenta el contenido de los documentos para los temas de

señalamiento vial y de semaforización, ya que son literaturas normativas y técnicas obligatorias y pertinentes para estudios y proyectos de Movilidad e Ingeniería de Tránsito en vías Federales, Estatales y Municipales en la República Mexicana, por lo que, la Ciudad de México está considerada actualmente también como Estado o Entidad Federativa.

CAPITULO III MARCO TEÓRICO.

Para dar apertura con esta investigación es esencial determinar conceptos los cuales son indispensables para este proyecto.

3.1 Transporte & Tránsito.

Según Rafael Cal y Mayor. R. & James Cárdenas G (2008) establece que la Ingeniería de Tránsito es aquella fase de la Ingeniería en Transporte siendo la aplicación de técnicas que estudia la planeación de proyectos geométricos de cualquier vialidad cuya finalidad es la seguridad y movilidad de los diferentes usuarios (peatón, ciclista, etcétera.) y/o mercancías. Y la Ingeniería en transporte se ocupa en la aplicación de las nuevas tecnologías para la planificación de los modos de transporte, proporcionando la movilidad segura y económica a personas y mercancías.

3.2 Movilidad Urbana.

La movilidad urbana bajo el enfoque de Autoridad, no importando la perspectiva de las diferentes disciplinas en que se estudie, dicho concepto en significado, función y responsabilidad y como derecho humano, debe ser con atención y participación ciudadana el dotar de infraestructura, equipamiento, mobiliario y servicios a todo espacio en la vía pública designado a la propia movilidad que realizan los usuarios, con el objeto de atender la estructura socioeconómica y espacial de la Ciudad, para garantizar con prospectiva sustentable las condiciones de eficiencia, seguridad, competitividad, productividad, conexión, accesibilidad y gestión, en función de un marco normativo, de políticas públicas, de implementación de sistemas inteligentes para la regulación, control y administración del tránsito, cuya visión sea el desarrollo e integración de los sistemas de movilidad urbana presente y futura. Pacheco R (2016)

3.3 Jerarquía Vial.

El **Reglamento de Tránsito del Distrito Federal** presenta la clasificación de la red vial de la Ciudad de México, donde a través del artículo 4 y en la sección de Anexos se señalan los conceptos y esquemas respectivamente, donde constituye que el concepto de Vialidad es el conjunto integrado de vías de uso común que conforman la traza urbana de la Ciudad, cuya función es facilitar el tránsito eficiente y seguro de personas y vehículos. Los demás conceptos de la clasificación se mencionan a continuación:

- Vía ciclista.
- Vía de acceso controlado.
- Vía peatonal.
- Vía primaria.
- Vía pública.
- Vía reversible.
- Vía secundaria, y
- Zona de tránsito calmado.

En la sección de Anexos con el numeral 2-Red Vial Primaria, aparece el tipo de vía, sus nombres, la nomenclatura y sus límites de inicio y final de las vías, que junto con las imágenes están representados los trazos de las vías, que a continuación se enlistan:

- I. Vía de acceso controlado – Circuito interior.
- II. Vía de acceso controlado - Anillo periférico.
- III. Vía de acceso controlado – Radiales.
- IV. Vía de acceso controlado – Viaductos.
- V. Arterias principales – Ejes Viales.
- VI. Arterias principales – Avenidas Primarias.

Para el caso de estudio, la Calzada General Ignacio Zaragoza se encuentra clasificada en los punto III y VI, siendo el punto III correspondiente a la **Vía de Acceso Controlado – en la categoría de Radiales** en el tramo de Viaducto A Río

de la Piedad al Eje 8 Sur Ermita Iztapalapa, y en el punto VI en la situación de **Arterias Principales en calidad de Avenidas Primarias**, en el tramo de Viaducto A Río de la Piedad al Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso.

Con base a la Norma oficial mexicana **NOM-034-SCT2-2011**, señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas, establece que la **Vialidad Urbana** es el conjunto integrado de vías de uso común que conforman la traza urbana, cuya función es facilitar el tránsito eficiente y seguro de personas y vehículos, y se clasifica en:

1.- Vía de Tránsito vehicular:		2.- Ciclovía:
1.1.-Vía Primaria:	1.2.- Vía Secundaría:	2.1.-Confinada.
1.1.1.-Vía de circulación continúa.	1.2.1.-Avenida secundaria o calle colectora.	2.2.-Compartida.
1.1.1.1.-Anular o periférica.	1.2.2.-Calle local.	2.3.-Separada.
1.1.1.2.-Radial.	1.2.2.1.-Residencial.	
1.1.1.3.-Viaducto.	1.2.2.2.-Industrial.	
1.1.2.- Artería principal.	1.2.3.-Callejón.	
1.1.2.1.-Eje vial.	1.2.4.-Cerrada.	
1.1.2.2.-Avenida primaria.	1.2.5.-Privada.	
1.1.2.3.-Paseo.	1.2.6.-Terracería.	
1.1.2.4.-Calzada.		

Al respecto, la Calzada General Ignacio Zaragoza se encuentra clasificada en esta Norma como **Vía de Circulación Continua en la categoría de Radial** en el tramo de Viaducto A Río de la Piedad al Eje 8 Sur Ermita Iztapalapa, y clasificada también como **Artería Principal** denominado como Calzada, mismo que se encuentra comprendida en el tramo de Viaducto A Río de la Piedad al Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso.

La Secretaria de Seguridad Pública del Distrito Federal, menciona que la Calzada General Ignacio Zaragoza, objeto de estudio, es una vialidad tipo mixta, y opera mediante varios tipos de velocidad de acuerdo al tramo en el que se circule. Para el

caso de estudio de investigación y análisis, se abocará al tipo de vialidad primaria en la categoría de Arteria Principal en el tramo que ya se mencionó en los párrafos anteriores.

3.4 Características para el funcionamiento de las intersecciones a nivel.

Las maniobras o movimientos direccionales en las intersecciones son trayectorias vehiculares que dan lugar a la aparición de puntos de conflictos, tales como:

- **Puntos de convergencia:** Son las trayectorias distintas que tienen los vehículos y salen siguiendo una trayectoria única.
- **Puntos de divergencia:** A los que llegan los vehículos siguiendo una trayectoria en común y salen siguiendo trayectorias distintas.
- **Puntos de cruce:** Son los que se cortan dos trayectorias distintas.

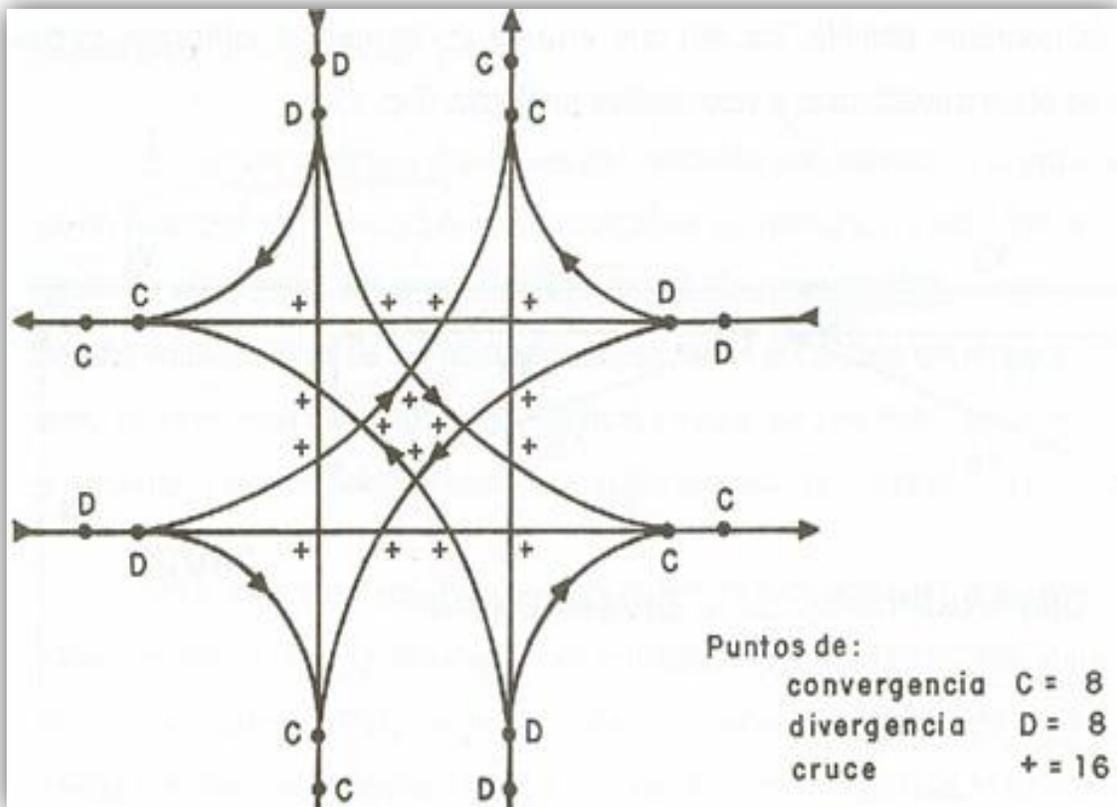


Ilustración 6. Puntos de Conflictos
Fuente: Rafael Cal Y Mayor (2008)

3.4.1 Características físicas de intersecciones a nivel.

De acuerdo al Manual de Proyecto Geométrico de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte "SCT" (1991) una intersección es un área donde dos o más vías terrestres cruzan o se unen, y se clasifican en:

- a) **Intersección a nivel.** Es la zona donde dos o más caminos se unen o cruzan a nivel, permitiendo la mezcla de los diferentes flujos de tránsito.
- b) **Intersección a desnivel,** es la zona donde dos o más caminos se interceptan a diferente nivel, con rampas que unen las distintas ramas de la intersección.
- c) **Paso,** es el cruce a desnivel, donde un camino se cruza con otro camino o vías terrestres o ductos, sin que puedan unirse.

3.4.1.1 Regulación de intersecciones.

La regulación de cada intersección debe ser conveniente dependiendo de los criterios como principalmente el nivel de servicio. Existen tres formas de regular una intersección:

- **Autorregulación:** Permite que los vehículos realicen sus movimientos libremente, respetando los que son prioritarios y definidos por un reglamento de tránsito.
- **Semaforización:** Todos los movimientos son controlados por un semáforo, los cuales permiten que las intersecciones no se atasquen, generando un grado de seguridad.
- **Intersecciones inteligentes:** Mediante arreglos geométricos se favorece la continuidad de un grupo de movimientos y cuya regulación depende de la intensidad de los mismos.

3.4.1.2 Análisis de flujos vehiculares.

Rafael Cal y Mayor et al (2008) describe que el análisis de los elementos del flujo vehicular se puede entender como las características del comportamiento del tránsito, puntualiza la forma de como circulan los vehículos en cualquier vialidad, lo que permite determinar el nivel de eficiencia de la operación.

3.4.1.3 El nivel de servicio en intersecciones con semáforos.

Se define a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida de tiempo perdido de viaje, consumo de combustible, incomodidad y frustración. El nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por el vehículo debida a la máxima demanda.

Nivel de servicio	Control de Demora por Vehículo (seg)
A	<10
B	>10 y >20
C	>20 y 35
D	>35 y <55
E	>55 y <80
F	>80

Tabla 1. Nivel de Servicio en intersecciones semaforizadas.
Fuente: Cal y Mayor. (2008)

1. **Nivel de servicio “A”:** Operación con demoras muy bajas. Menores de 10 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo, longitudes de ciclo corto pueden contribuir a demoras mínimas.
2. **Nivel de servicio “B”.** Operación con demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo. Algunos comienzan a detenerse.
3. **Nivel de servicio “C”.** Operación con demoras entre 20 y 30 segundos por vehículo La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.
4. **Nivel de servicio “D”.** operación con demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo. Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen y se hace más notables los ciclos malogrados.

5. **Nivel de servicio “E”**. Operación con demoras entre 55 y 80 segundos por vehículo. Se considera como límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones con v/c muy altas.
6. **Nivel de servicio “F”**. Operación con demoras superiores a los 80 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.

3.5. Características operativas.

3.5.1 Movimientos direccionales.

Existen dos tipos de aforos, los manuales y automáticos. Los aforos manuales, se realizan través de equipos o dispositivos móviles manipulados por las manos de aforadores y se les conoce como cuenta bultos, y mediante una tabla con un formato se hacen anotaciones del paso de vehículos en determinados periodos de estudio.

Los aforos automáticos. Se realizan mediante equipos semifijos colocados de forma superficial sobre la vialidad mediante contadores mecánicos de ejes de vehículos que son activados por:

- 1- Mangueras neumáticas, conocido como estaciones permanentes.
- 2- Dispositivos radares, estos se colocan de forma independiente o en el mobiliario urbano para detectar el paso de los vehículos.
- 3- Cámaras de circuito cerrado, adaptadas a las computadoras, que se colocan de manera independiente o en postes, donde la función es visualizar en tiempo real o grabado para posteriormente contabilizar el paso de los vehículos y/o personas.

No se ha establecido una duración estándar para efectuar un estudio de aforo tránsito, esto supone una libertad de hacerlo y de elegirlo. El criterio que debe seguirse en la elección es el grado de precisión y la variabilidad de los volúmenes durante la semana:

- **Aforos de una a tres horas:** Se realizan dentro del periodo de mayor demanda y sirven para determinar el volumen, así como estimar la composición vehicular.
- **Aforos de 16 horas:** Se realizan dentro de un horario matutino al nocturno de 6:00 a 22:00 horas. Los aforos de 48 horas se efectúan con medios mecánicos y deben realizarse en días hábiles.
- **Los aforos de 24 horas** se pueden efectúan mediante medios manuales y de preferencia mecánicos, y
- **Los aforos de una semana** como de mayor tiempo se deben realizar a través de estaciones permanentes.

3.5.2 Volúmenes vehiculares y peatonales.

En zonas urbanas, para el caso de intersecciones, se acostumbra a tomar los datos de volúmenes de tránsito según sus movimientos direccionales. Los posibles movimientos que pueden registrarse en una intersección según se hace mención en Fonseca (2002), son de paso, giro a la derecha y giro a la izquierda.

Tipo de vehículo		Núm. de ejes	Características	Símbolo
Vehículos ligero	Automóviles	2	2 ejes y 4 ruedas	Ap
	Camionetas		3 ejes y 4 ruedas	Ap
	Camperos		4 ejes y 4 ruedas	Ac
	Autobuses	2	5 ejes y 6 ruedas	B
Vehículos pesados	Camiones		Camiones grandes y pequeños de 2 ejes	C2
		3	Camiones de unidad rígida de 3 ejes	C3
			Camiones con 2 ejes en el tractor y 1 eje en el semirremolque	T2 S1
		4	Camiones con 2 ejes en el tractor y 2 ejes en el semirremolque	T2 S2
		5	Camiones con 3 ejes en el tractor y 2 ejes en el semirremolque	T3 S3
			Camiones con 2 ejes en el tractor y 1 eje en el semirremolque y 2 ejes en el semirremolque	T2 S1 R2

Vehículos especiales	Camiones y/o remolques	Variable
	Maquinaria agrícola	
	Bicicletas y motocicletas	
	Otros	

Tabla 2. Clasificación general de los vehículos
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. SCT.

3.6 Velocidad a de Operación.

La velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte y movilidad. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada.

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h).

3.6.1 Velocidad de recorrido.

La Velocidad de recorrido, llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurante, lugares de recreación, etcétera.

3.6.2 Velocidad de marcha.

La velocidad de cruce, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo sólo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido,

todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa asociada a la operación del tránsito. Por lo tanto, esta velocidad por lo general, será un valor superior a la de recorrido.

3.7 Características de los Dispositivos para Control de Tránsito.

De acuerdo al manual de Dispositivos para el control de tránsito del D.F los dispositivos de control de tránsito se clasifican en:

- Señalamientos Horizontales.
- Señalamientos Verticales.
- Señalamientos de Protecciones obras, y
- **Semáforos.**

3.7.1 Semáforos.

En el manual de los dispositivos para el control de tránsito en las zonas urbanas y suburbanas del D.F. señala que los semáforos son dispositivos eléctricos que por medio de indicaciones luminosas regulan el tránsito, estableciendo de esta forma el derecho de paso a través de una vialidad, tanto a vehículos como a peatones. Así mismo cita otros tipos de semáforos especiales que de manera normativa con imágenes dan la correcta explicación para su instalación y funcionamiento en la vía pública.

Con base al ***mecanismo de operación*** de los controles de semáforos, estos se clasifican:

- Semáforos para el control del tránsito de vehículos.
 - ✓ Semáforos no accionados por el tránsito (*control de tiempo fijo*)
 - ✓ Semáforos accionados por el tránsito
 - Totalmente accionados.
 - Parcialmente accionados.
- Semáforos para pasos peatonales
 - ✓ Zonas de alto volumen peatonal.
 - ✓ En zonas escolares.

- Semáforos Especiales.
 - ✓ Semáforo en destello o intermitente o Cintilante.
 - ✓ Semáforo de destello para el cruce con vías férreas.
 - ✓ Semáforo de destello para indicar alto.
 - ✓ Semáforo de destello para indicar peligro.
 - ✓ Semáforo de destello para intersecciones.
 - ✓ Semáforo de destello para regular la velocidad.
 - ✓ Semáforo de destello para zonas escolares.
 - ✓ Semáforo para regular el uso de carriles.
 - ✓ Semáforo para maniobras de vehículos de emergencia.
 - ✓ Semáforo para puentes levadizos
 - ✓ Semáforo para casetas de peaje.

Los semáforos con base al manual, **no deben instalarse en las intersecciones**, a menos que cumplan con dos o más de los requisitos que se mencionan a continuación:

- 1.- Que se iguale o se sobrepase el volumen mínimo de vehículos.
- 2.- Cuando sea necesaria la interrupción del tránsito continuo.
- 3.- Que se iguale o se sobrepase el volumen mínimo de peatones.
- 4.* Cuando sean necesarios cruces escolares.
- 5.- Para facilitar la circulación progresiva.
- 6.- Cuando pertenezca a un sistema de ruta principal.
- 7.- Cuando existan antecedentes de accidentes.

El manual menciona que los semáforos se deben utilizar en las intersecciones de las diferentes vialidades. Para garantizar que el proyecto y el funcionamiento del semáforo son los correctos, se requiere efectuar un estudio de **Ingeniería de Tránsito** y de las características físicas del lugar.

También señala el manual, que para **la instalación de semáforos sea la óptima**, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

a) En una intersección controlada por semáforos es conveniente tener una capacidad de tránsito adecuada. Por eso, puede justificarse la ampliación de la vialidades que se intersectan, ya que se reducen las demoras causadas por la asignación del derecho de paso en las intersecciones controladas por semáforos.

b) Siempre es conveniente tener al menos dos carriles para el tránsito en cada punto de acceso a una intersección controlada por semáforos; asimismo resulta muy conveniente una ampliación adicional en la vialidad al salir de la intersección, a fin de hacer que el tránsito fluya de manera más efectiva.

Ventajas operativas en la instalación de los semáforos:

- La ordenación de la circulación de tránsito y optimización de la capacidad de las calles.
- La reducción en la frecuencia en los hechos de tránsito terrestre.
- Mantener una circulación continua o casi continua a una velocidad constante.
- Permite interrumpir de manera periódica los volúmenes de tránsito intensos de una vialidad.

Consecuencias en la operatividad y otros aspectos en la instalación de semáforos:

- Incurrir gastos injustificados para problemas de sencilla solución.
- Causar demoras injustificadas a cierto número de usuarios, sobre todo si se trata de volúmenes de tránsito pequeños.
- Producir reacciones desfavorables a los usuarios.
- Incrementar número de accidentes.
- Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo, cuando no hay grandes volúmenes de tiempo.

Mobiliario, equipo y obra civil que conforman la instalación de semáforos en la vía pública. (Pacheco R, 2013):

- **Mobiliario:**
 - ✓ Posterío o Unidad de soporte: Poste con ménsula o látigo, poste vertical sin ménsula y USM (Unidad de Soporte Múltiple).
 - ✓ Cabeza de semáforo vehicular y peatonal.
 - ✓ Elementos de sujeción o herrajes para su instalación, para la cabeza de semáforo a la posterior utilizada.
 - ✓ Cable de control, para conexión aérea y subterránea de la unidad de control a las cabezas de los semáforos.
 - ✓ Cable para acometida, de la energía eléctrica a la unidad de control.
 - ✓ Cable o antena de comunicación de datos para conexión del Control o Controlador de Semáforos al Centro de Mando, de Control, de Cómputo o de Comunicación. Dicha comunicación de datos es para fines de: comunicación bidireccional de información (control, monitoreo, supervisión y operación) del Centro de Mando al Controlador del semáforo.

- **Equipo:**
 - ✓ Unidades de Control o Controlador de semáforos. (identificándose en campo en cada cruceo el tipo de funcionamiento respecto al mecanismo de operación)
 - ✓ Detectores vehiculares para derecho de paso como para aforo o conteo y estadística de vehículos y peatones.
 - ✓ Cámaras de circuito cerrado de televisión para fines de gestión o control de tránsito.
 - ✓ Sistema de comunicación
 - ✓ Botones para derecho de paso peatonal.
 - ✓ Bocinas para derecho de paso a personas discapacitadas ciegas.
 - ✓ Pantallas informativas.

- **Obra civil:**
 - ✓ Bases para unidad de control, para postearía con y sin ménsula , y para USM.

- ✓ Canalización subterránea de una, dos o más vías o ductos de concreto y P.V.C sobre banqueteta y arroyo vehicular.
- ✓ Registros eléctricos en general como para semáforos, para canalización con ductos para introducción de cables de control y de acometida de manera subterránea.

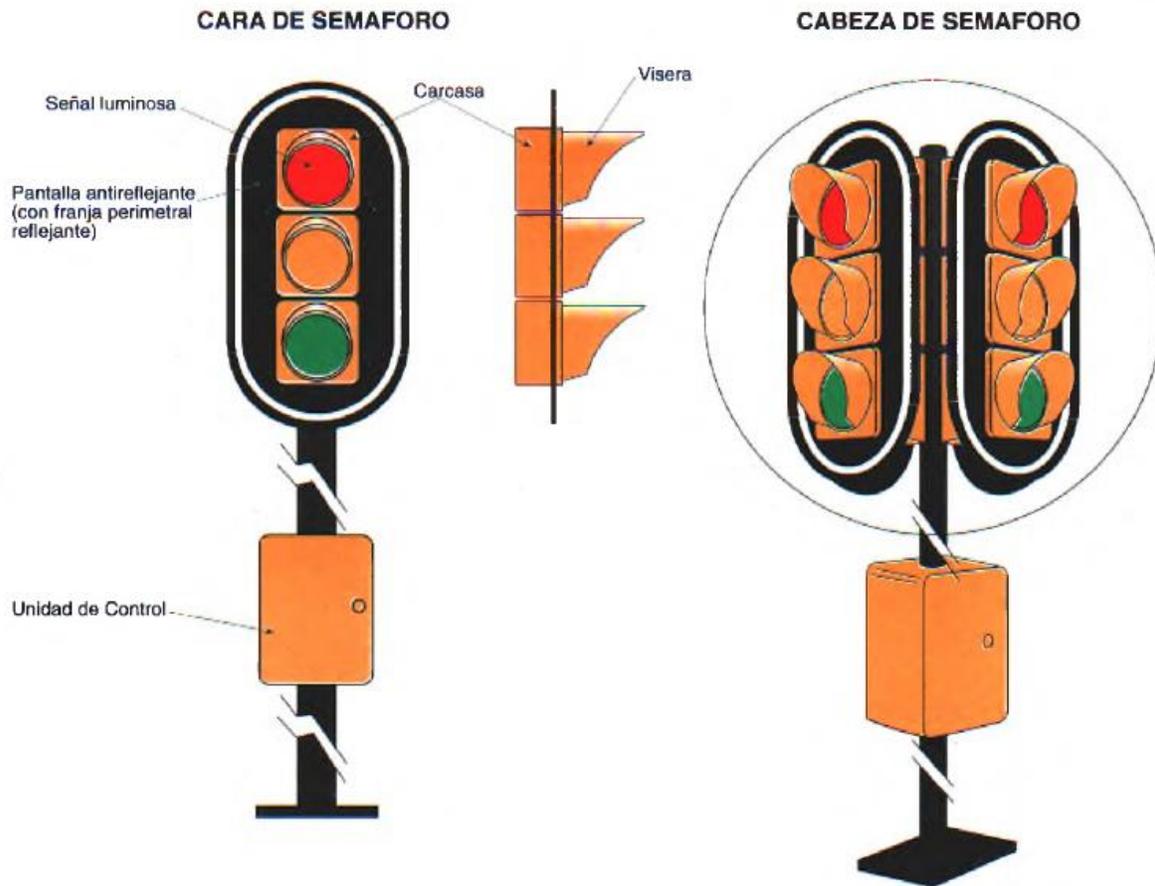


Ilustración 7. Elementos que componen a un semáforo.
Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

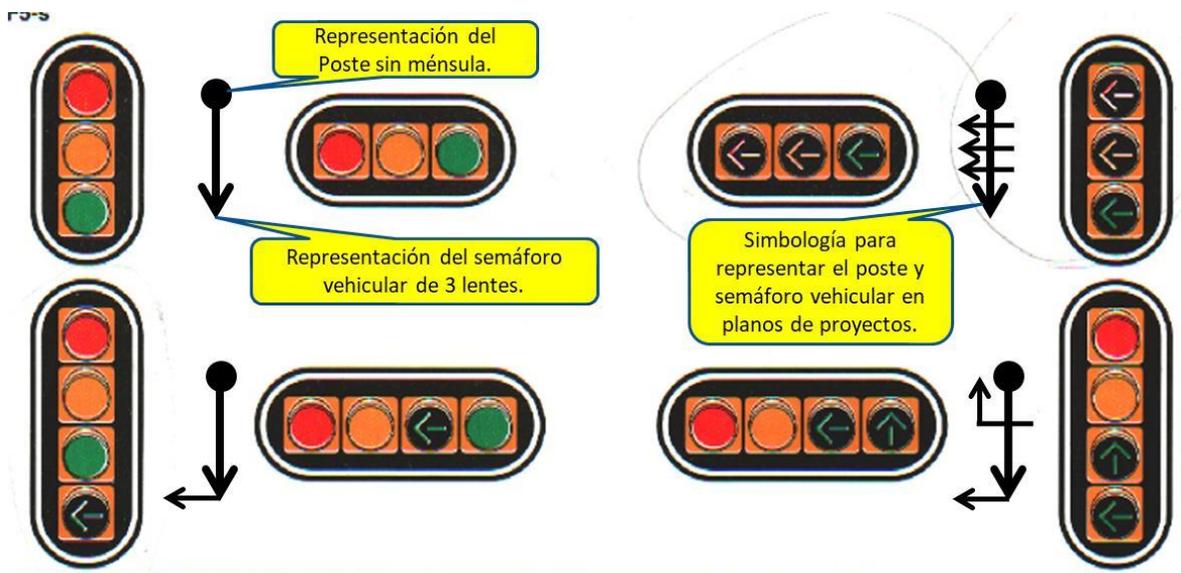


Ilustración 8. Disposiciones usuales de las señales luminosas en la cara de los semáforos vehiculares.
Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

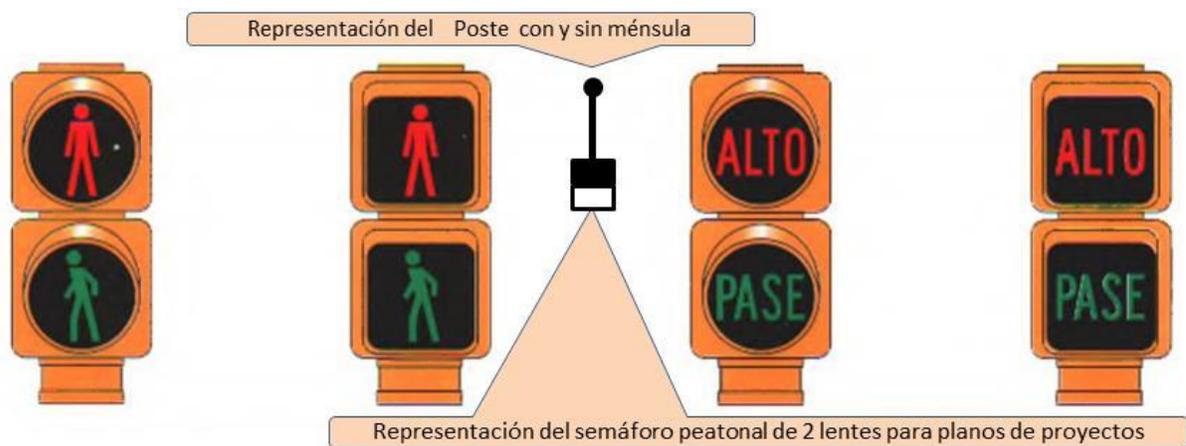


Ilustración 9. Semáforo para peatones.
Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

3.7.2 Requerimiento para la operación de la distribución de tiempo de las luces del semáforo.

Según el Manual de dispositivos para el control de tránsito en el D.F, la **Unidad de Control o Controlador del semáforo** es el conjunto de mecanismos de control, generalmente alojados dentro de un gabinete, que sirven para realizar los cambios de señales luminosas en los semáforos.

Generalmente los fabricantes de estos equipos diseñan **la estructura electrónica para que funcione de manera estándar bajo cinco tipos de operaciones:**

- a) De apagado.
- b) De desfaseamiento.
- c) De destello.
- d) De secuencia de fases, y
- e) De variación de ciclos e intervalos.

Aunado a lo anterior, el diseño de la misma Unidad de Control contempla cuatro parámetros básicos para la configuración de la programación con base a los resultados del Estudio de la Ingeniería de Tránsito:

- a) **Ciclo.** Es el tiempo total requerido para una secuencia completa de fases o de las indicaciones del semáforo. (**tiempo de ciclo o ciclo semafórico**)
- b) **Fase.** Es la parte del ciclo que corresponde a cualquier movimiento de vehículos o a la combinación de movimientos direccionales simultáneos en los que se da el derecho de paso durante uno o más intervalos.
- c) **Intervalo.** Es el tiempo que dura las Fases o cualquier indicación del semáforo.
- d) **Desfaseamiento.** Es el número de segundos que tarda en aparecer la indicación de SIGA en un semáforo, después de un instante dado que se toma como punto de referencia de tiempo. Esta expresado en % de ciclo y se usa para referirse al tiempo que se necesita para despejar intersecciones complejas.

Se debe tomar en cuenta en esta sección otros conceptos que son inherentes a la operación de la coordinación, reparto de tiempos y programación de los mismos datos en los controles de semáforos:

- **Maniobras o movimiento direccional vehicular y peatonal.** Son las trayectorias vehiculares y peatonales representadas a través de trazos de flechas que se llevan a cabo en las vías y cruces o intersecciones.
- **Secuencia de fases.** Es el conjunto de fases dentro de un ciclo semafórico

- **Diagrama de la secuencia de fases y reparto de tiempos en el ciclo semafórico.** Es un esquema que representa la secuencia de fase y el reparto en los intervalos de tiempo.
- **Planes de coordinación.** Representa la determinación de los ciclos semafóricos durante el día, horario o evento.
- **Programación de los desfases, reparto de tiempo y ciclo semafórico.** Es la captura de datos en las Unidades de Control, en el Control Maestro o en el Sistema de Semáforos en los Centros de Mando, resultado del cálculo del reparto de tiempos, desfase, tiempo de ciclo, planes de coordinación y otros datos para funcionamiento del Sistema a través de comandos de ejecución.
- **Intervalo de tiempo todo rojo.** Es la asignación de tiempo en el que todas las cabezas de semáforos sus luces se programan en color rojo para fines de seguridad vial.

3.7.3 Sistema coordinado de semáforos.

Esta sección como lo desarrolla el Manual de dispositivos para el control de tránsito en el D.F, considera al Sistema Coordinado de Semáforos como una serie de controles adyacentes o sucesivos interconectados, que tienen coordinadas sus funciones básicas a través de un **Control Maestro**, con el fin de aumentar la efectividad de los movimientos del tránsito.

El **Control Maestro** (servidor) es esencialmente un **Centro de Maniobras** que distribuye automáticamente las señales de Control generadas sobre los circuitos de los Controles del Sistema.

La generación de las señales se hace a base de programación del tiempo. Estas señales controlan la selección de los parámetros deseados a través del **Sistema**. Los semáforos con Control de Tiempo Fijo y los Accionados por el Tránsito, así como la combinación de ambos son perfectamente adaptables para coordinar los movimientos del tránsito (secuencia de fases por intersección y por vialidad).

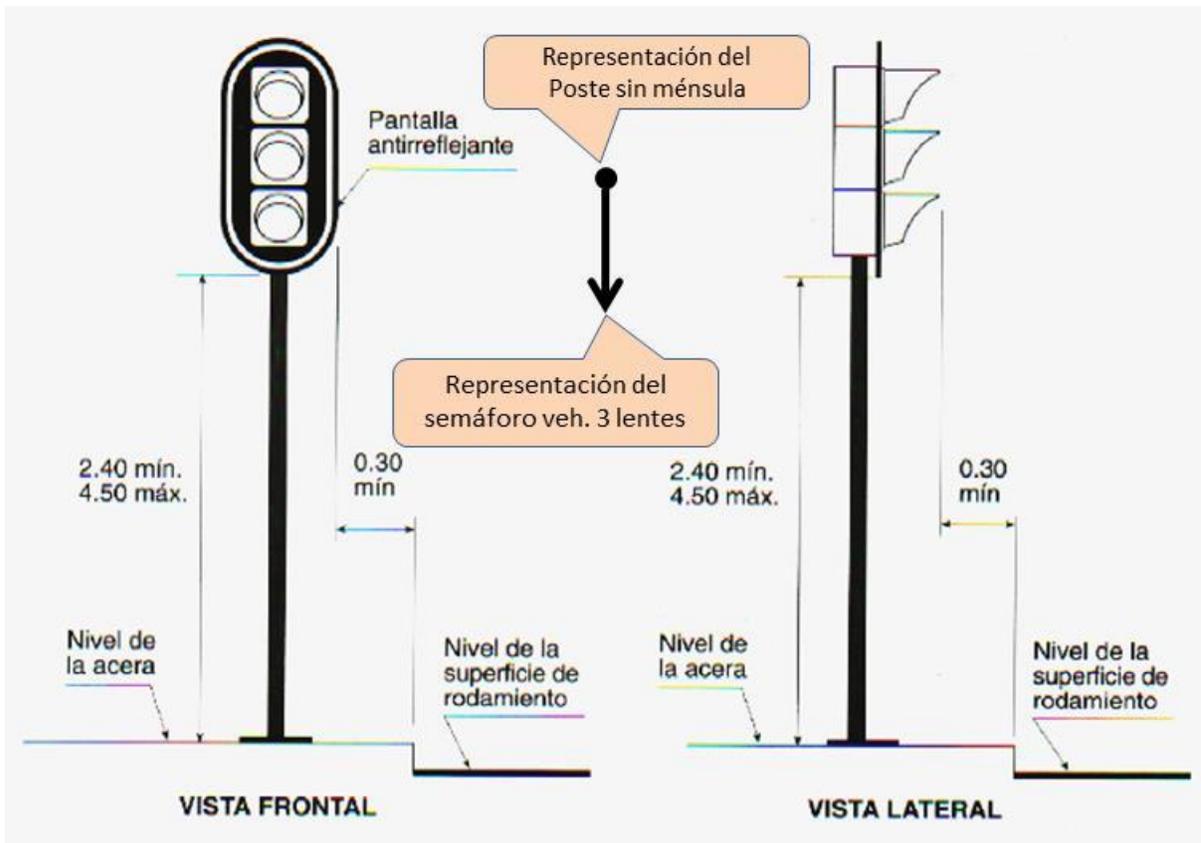


Ilustración 10 Ubicación del poste sin ménsula para semáforo vehicular.
 Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

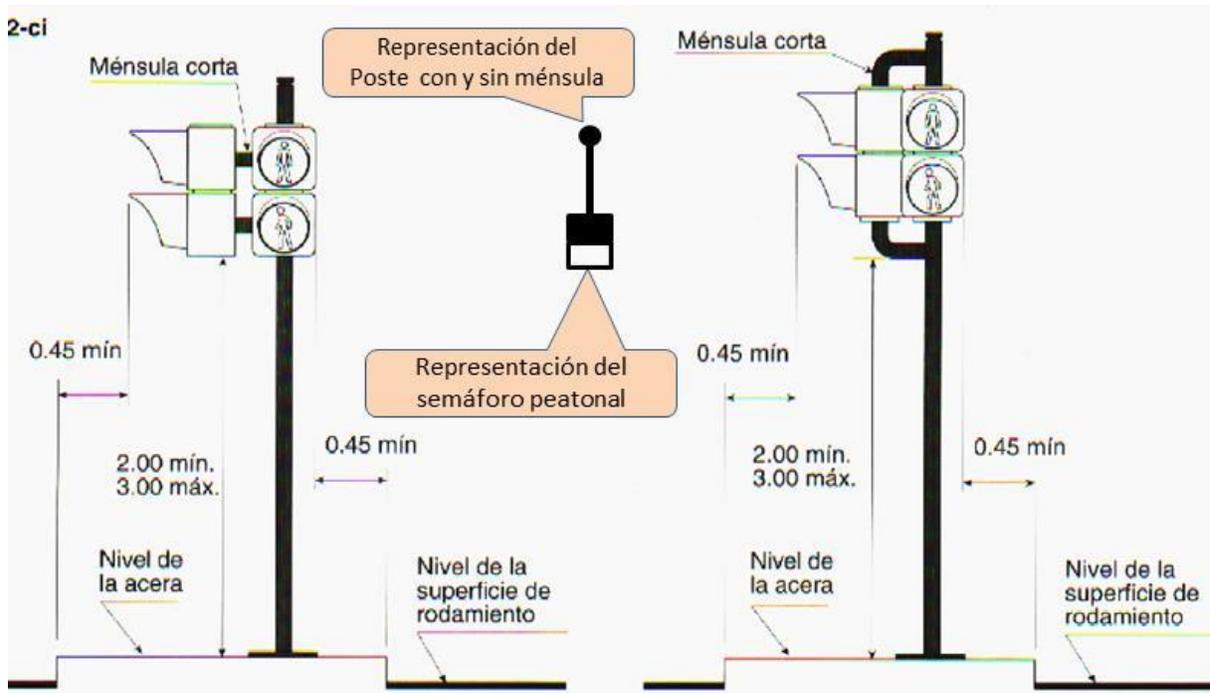


Ilustración 11 Ubicación del poste con y sin ménsula para semáforo peatonal.
 Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

3.7.3.1 Clasificación de los sistemas coordinados para semáforos.

El termino **Desfasamiento** como lo refiere el Manual, también es empleado mediante el enfoque de la Ingeniería de Tránsito como **Coordinación de los semáforos** cuya apreciación es determinar un desfase entre el comienzo de los períodos verdes en cada intersección de acuerdo con la velocidad que el tránsito posee y las distancias entre cruces.

El manual clasifica a los sistemas de coordinación para semáforos más utilizados de la siguiente manera:

- 1.- Sistema Coordinado Simultáneo.
- 2.- Sistema Coordinado Alternado.
- 3.- Sistema Coordinado Progresivo.

3.7.3.2 Centros de mando, de control, de monitoreo, comunicación o inteligentes:

El termino **Sistema** es el conjunto de equipos situados en un lugar que concentra todos los controladores de semáforos instalados en las intersecciones de una Urbe, se encuentran organizados en vialidades, áreas, subareas, zonas, y gestionadas, monitoreadas y controladas mediante un Servidor (control maestro) bajo un régimen centralizado absoluto, jerárquico o adaptativo en un **Centro de Mando o Control** ubicados estratégicamente en la Ciudad, estos lugares son instalaciones, infraestructura y equipamiento tecnológico especializado para atender las necesidades y situaciones cotidianas principalmente de seguridad pública o ciudadana, de control de tránsito como de emergencias cuando se presentan. Pacheco R. (2016)

Los **Centros de Mando o Centros de Control**, también llamados **Centros de Monitoreo**, son espacios en donde una serie de operadores monitorean datos o video para reaccionar de manera inmediata ante alarmas, emergencias o eventos haciendo uso de sistemas de información para agilizar su interpretación.

(Consultado en: <http://www.grupocovix.com/pages/soluciones>)

Estos Centros tienen una diversidad de nombres que las autoridades, medios noticieros como del uso y costumbres ciudadana las identifican:

- Centros de Mando o Comando.
- Centros de Información.
- Centrales de Comunicación.
- Centrales de Emergencias.
- Centro de Control.
- Centro de Monitoreo Urbano.
- Centro de Atención de Emergencias.
- Centros Inteligentes,
- Centro de Llamadas o Call Center.
- Control Rooms (Salas de Control), etc.

Los nombres formales que se le asignan a estos Centros son:

- 1) C1, asignado a los Centros de Comunicación (SECOM).
- 2) C2, asignado a los Centros de Comando y Comunicación.
- 3) C3, asignado a los Centros de Comando, Comunicación y Control.
- 4) C4, asignado a los Centros de Comando, Comunicación, Cómputo y Control.
- 5) C4i4 asignados a los Centros de Comando, Control, Comunicación, Cómputo, Inteligencia, Integración, Información e Investigación.
- 6) C5, asignado a los Centros de Comando, Comunicación, Cómputo, Control y Coordinación.

El Centro “C4i4” es un Sistema de Seguridad único que tiene la Ciudad de México, trabajo en conjunto, coordina y coadyuva con los otros 5 Centros de Comando y Control de Tránsito denominados C2, que se encuentran localizados en 5 lugares estratégicos de la misma Ciudad; El C4i4 es un Centro de Operaciones desde donde se generarán acciones para prevenir y combatir la delincuencia u organizar la reacción inmediata de cuerpos de seguridad y emergencia ante cualquier tipo de contingencia por catástrofes naturales, además

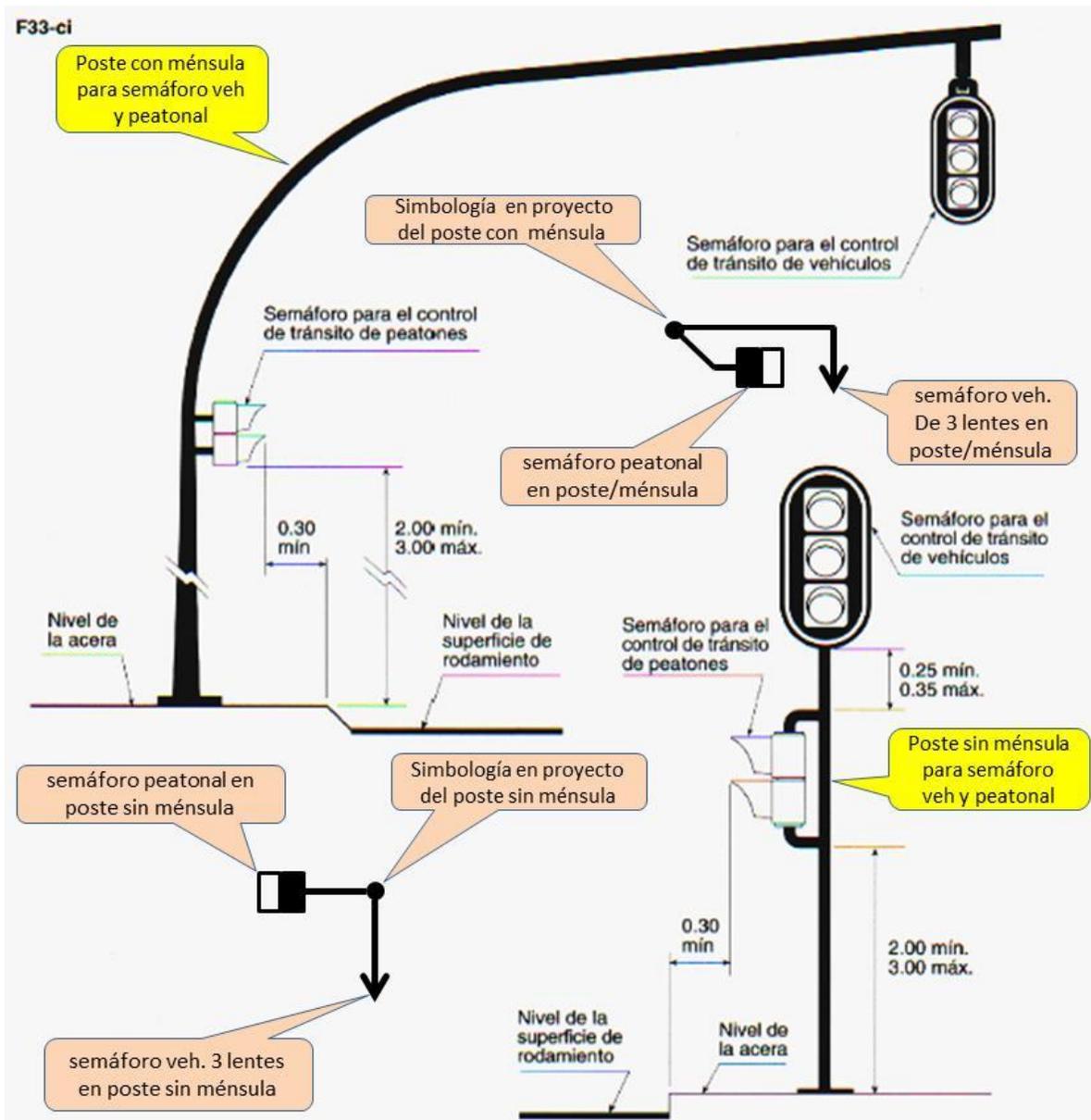


Ilustración 12 Ubicación del poste con y sin ménsula para semáforo vehicular y peatonal.
Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

De dar atenciones de reportes ciudadanos de cualquier tipo, para canalizarlos a las áreas y/o Órganos correspondientes de la Administración Central como de las Delegaciones de la Ciudad.

(Consultado en: <https://www.youtube.com/watch?v=wPZXcKZRkXo> y <https://www.youtube.com/watch?v=wM0e2P86DOU>, <http://elfederalista.mx/?p=20768>)

Retomando la información de los servicios complementarios que integran los Centros de Comando actuales, como parte de dichos servicios se enfatiza lo concerniente al Tránsito principalmente vehicular, esto significa que la tendencia principal de las **Salas o Centros de Operaciones es para fines de Control de Tránsito** en lugar de Operaciones de Seguridad y Emergencias, y/o también pueden significar la combinación de ambo en el entendido que la Sala de Control de Tránsito se encuentre dentro o forma parte de los C2 ó C4 que actualmente operan en las Ciudades, Municipios o Estados de la República Mexicana. Pacheco R. (2016)

De acuerdo a Cal y Mayor & Cárdenas G. (2008) en su capítulo de Semaforización, informa que la Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI) del Gobierno del Distrito Federal, actualmente la Ciudad de México, cuenta con un Sistema Computarizado de Control de Tránsito de alta tecnología formado por una red de 3,076 intersecciones con semáforos, de los cuales 1,810 están controlados con sistemas de reloj de alta precisión y 1,246 con semáforos computarizados, donde 300 de ellas pertenecen al nuevo **Sistema Adaptativo para Control de Tránsito (SCATS)**. Desde entonces al **Sistema de Semáforos se le ha conocido como: Sistema Centralizado Adaptativo de Semáforos del D.F.**

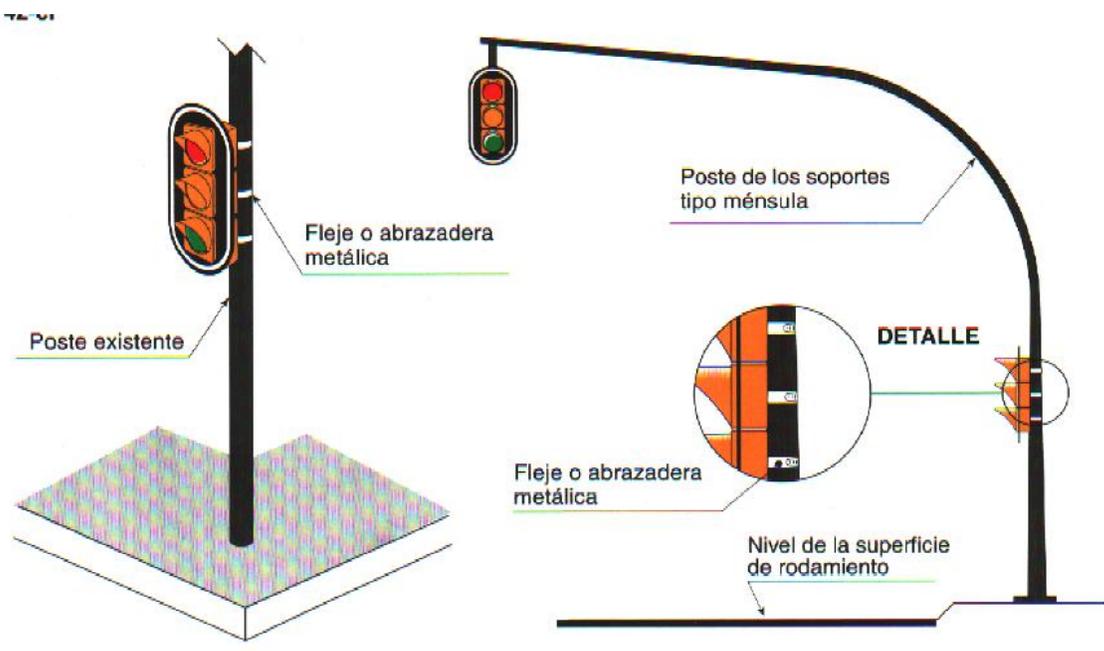


Ilustración 13 Ubicación del poste con ménsula para semáforo vehicular
 Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

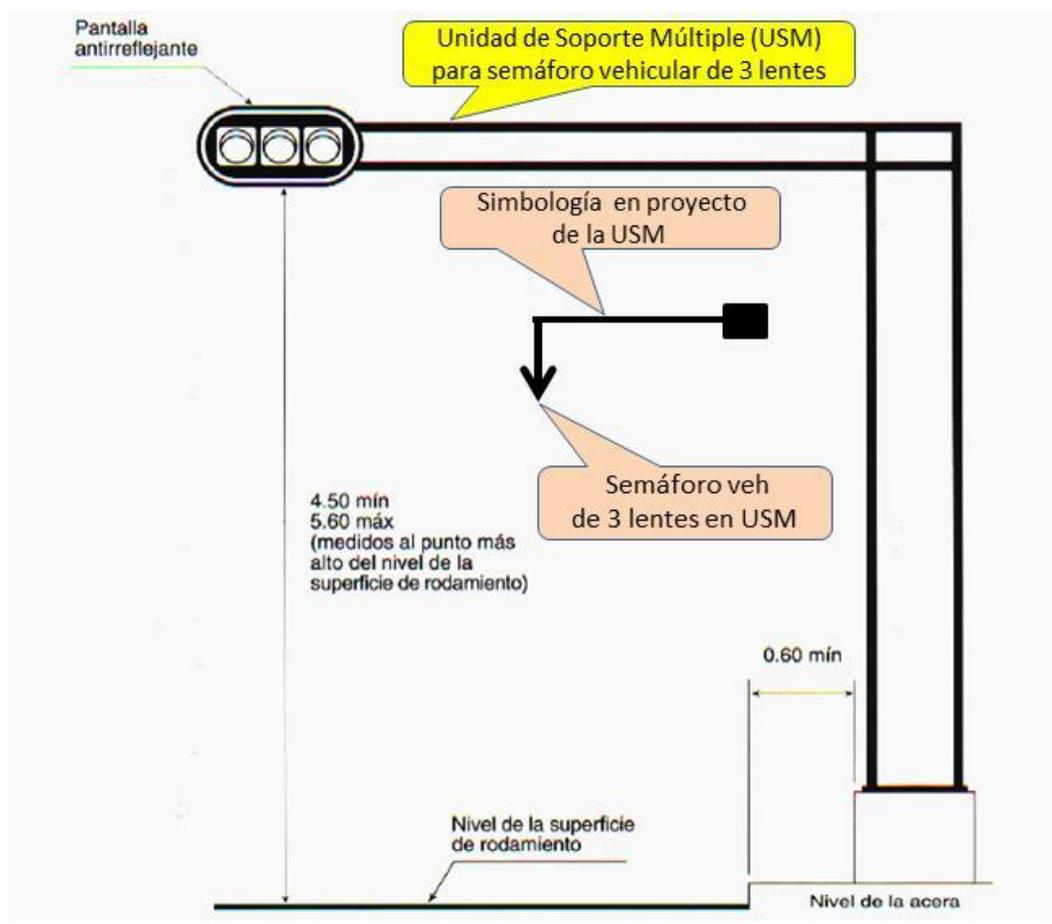


Ilustración 14 Ubicación de USM para semáforo vehicular
 Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

Con fecha 7 de marzo de 2016, el Universal en línea en la sección de Metrópoli, a través de la Reportera Fanny Ruiz Palacio, entrevista al C. Fernando Alejandro Martínez Badillo, Subsecretario de Tránsito de la Secretaría de Seguridad Pública de la Ciudad de México, donde establece ciertos datos del Sistema de Semáforos de la Ciudad, señalando que 3, 200 intersecciones se encuentran semaforizadas, menciona que el **Sistema actual cuenta con 3 Subsistemas**, siendo casi el 30% (960) de Semáforos Centralizados incorporados al Centro de Monitoreo actual, y el restante 70% (2,240) no lo están. Por lo que busca en un futuro inmediato incorporar nuevas tecnologías mediante un **Sistema Adaptativo de Gestión de Tránsito Vehicular**, conocido como Semáforos Inteligentes.

Se expone una relación de nombres utilizados para los Centros con fines de Control de Tránsito. Pacheco R. (2016):

- Sistema Computarizado de Control de Tránsito:
- Sistema Computarizado de Control Vial.
- Sistema Computarizado de Semáforos.
- Sistemas inteligentes de Semáforos.
- Sistema de Control Dinámico del Tránsito.
- Sistema Centralizado de Semáforos.
- Sistema Adaptativo para el Control del Tránsito.
- Sistema Adaptativo de Gestión de Tránsito Vehicular.
- Sistema de Gestión de Tráfico Urbano.
- Sistema de Gestión de Control de Tránsito y Movilidad.

Un claro ejemplo de estos Centros de Control y/o Computarizado llamados Sistemas es el que se encuentra funcionando y operando en la Ciudad de México “C2” dentro de la **Subsecretaría de Control de Tránsito**, dependiente de la Secretaría de Seguridad Pública, (Consultado en:

<http://www.ssp.df.gob.mx/transito.html>; <http://elfederalista.mx/?p=20768> y <http://www.ssp.df.gob.mx/transito.html>)

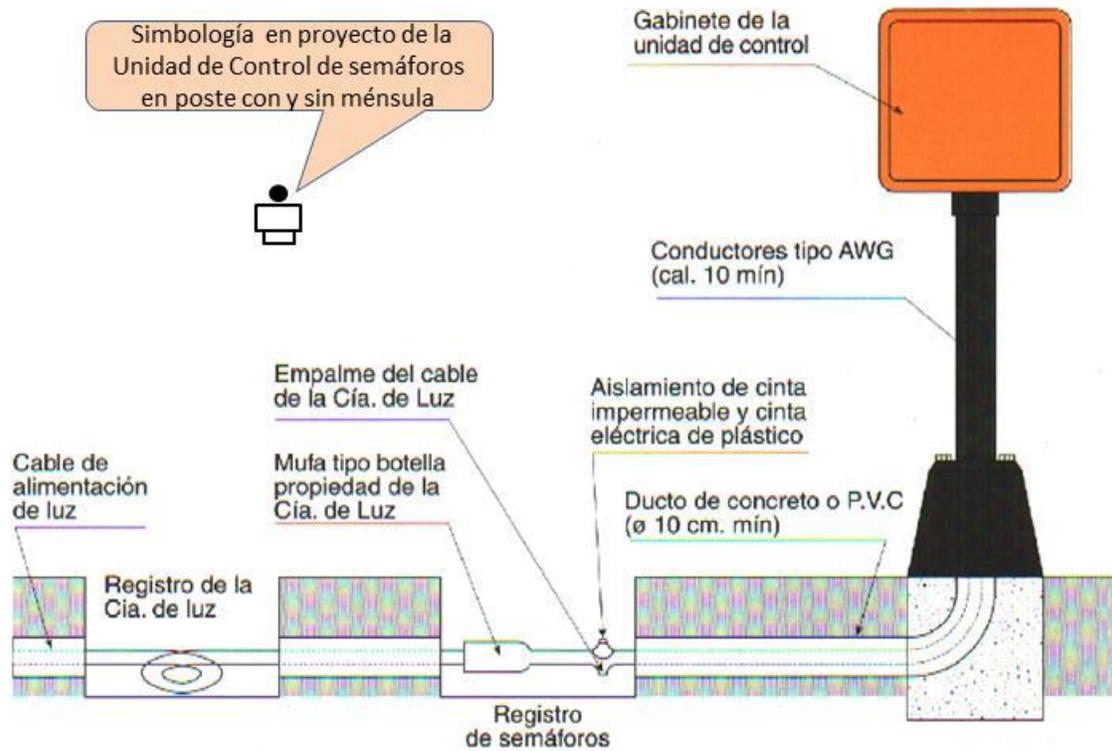


Ilustración 15 Obra civil para poste con gabinete de la unidad de control.
 Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

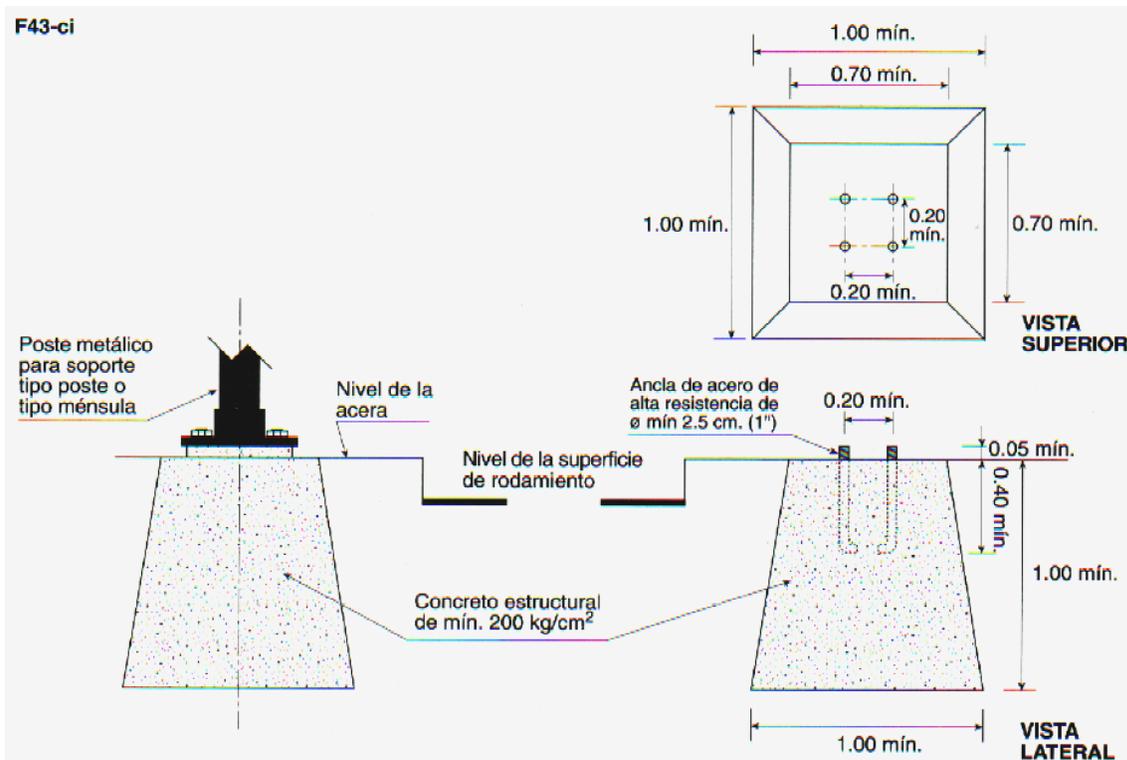


Ilustración 16 Obra civil para bases en la colocación de postes.
 Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito del D.F.

La Subsecretaría de Control de Tránsito, ubicada en Plaza Tlaxcoaque, es la encargada de determinar y autorizar los operativos para vigilar el cumplimiento de las disposiciones, establecer en el ámbito de su competencia mecanismos de coordinación, colaboración y comunicación estrecha y permanente con instituciones del Gobierno Federal, Estatal y Municipales, así como del Distrito Federal a fin de garantizar el desplazamiento libre y seguro de personas y vehículos en la vía pública. (Consultado en:

<http://www.ssp.df.gob.mx/transito.html>)

3.7.3.3 Requerimientos para la coordinación de semáforos.

En las vialidades urbanas que cuentan con intersecciones a nivel sin semáforos, se regulan mediante señalamientos restrictivos de derecho de paso (Alto, Ceda el Paso, Uno x Uno, Preferencia o Prioridad de Paso), y cuando no existas señales los conductores deben proceder de acuerdo a las reglas de circulación del Reglamento de Tránsito; con respecto a las intersecciones reguladas por semáforos, los conductores deben también proceder a la circulación con base al Reglamento de Tránsito como principalmente de las indicaciones de luces de las cabezas de semáforos (Verde, Ámbar y Rojo).

Cuando en las vialidades se presentan varios cruces o intersecciones con semáforos, se pueden detectar que algunos de estos cruces en sus ciclos semafóricos puedan operar distinto o estar igual sincronizados a los demás ciclos semafóricos de las intersecciones. Mediante un Estudio de Ingeniería de Tránsito se pueden identificar la compatibilidad de los ciclos semafóricos de cada intersección, permitiendo diagnosticar la eficiencia en la operación vehicular, y con ello elaborar acciones que permitan solucionar y mitigar sustancialmente la problemática presentada.

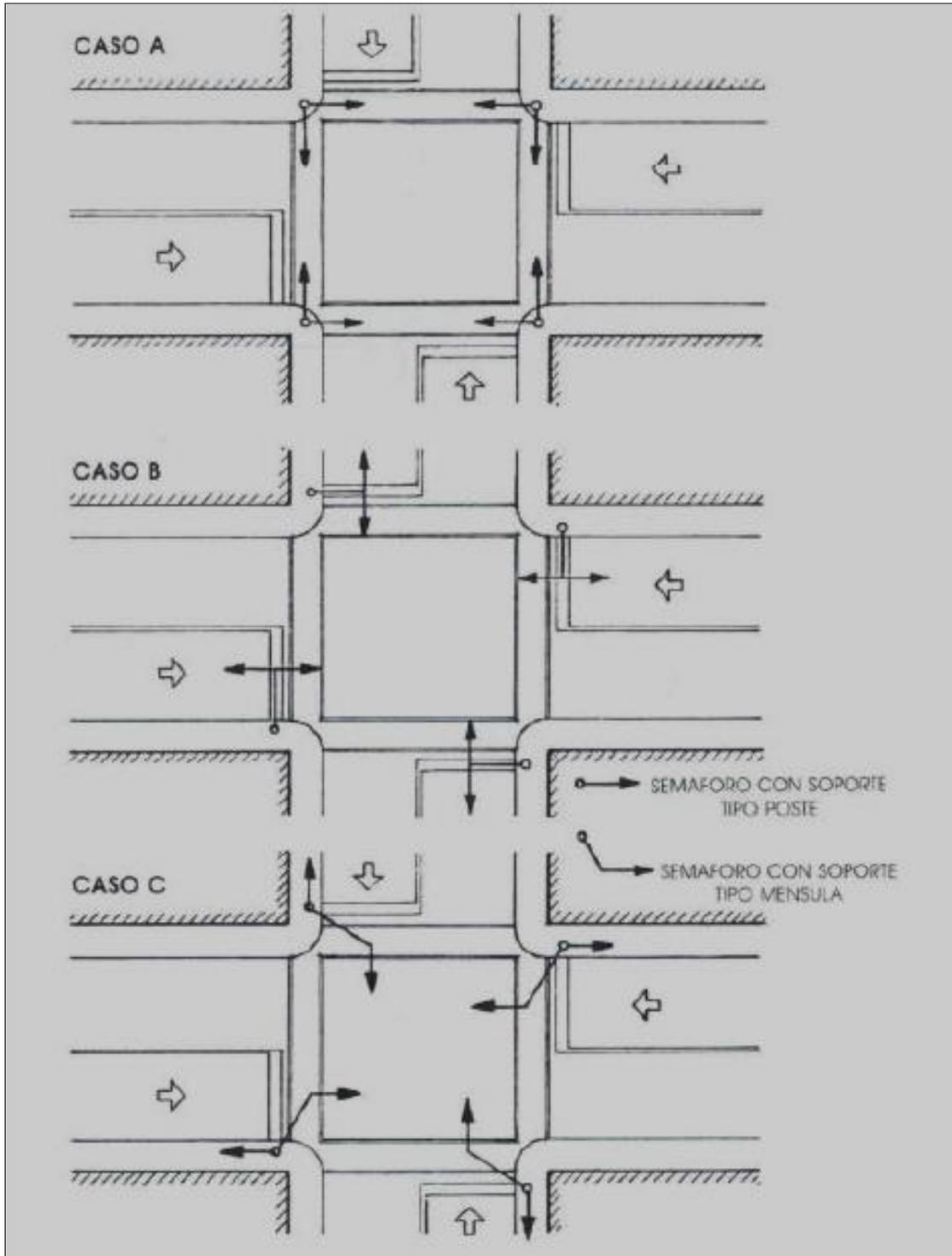


Ilustración 17 Ubicación y número recomendado de cabezas de semáforos montados en poste en las intersecciones

Fuente: Manual de Dispositivos para Control de Tránsito en calles y carreteras de la SCT.

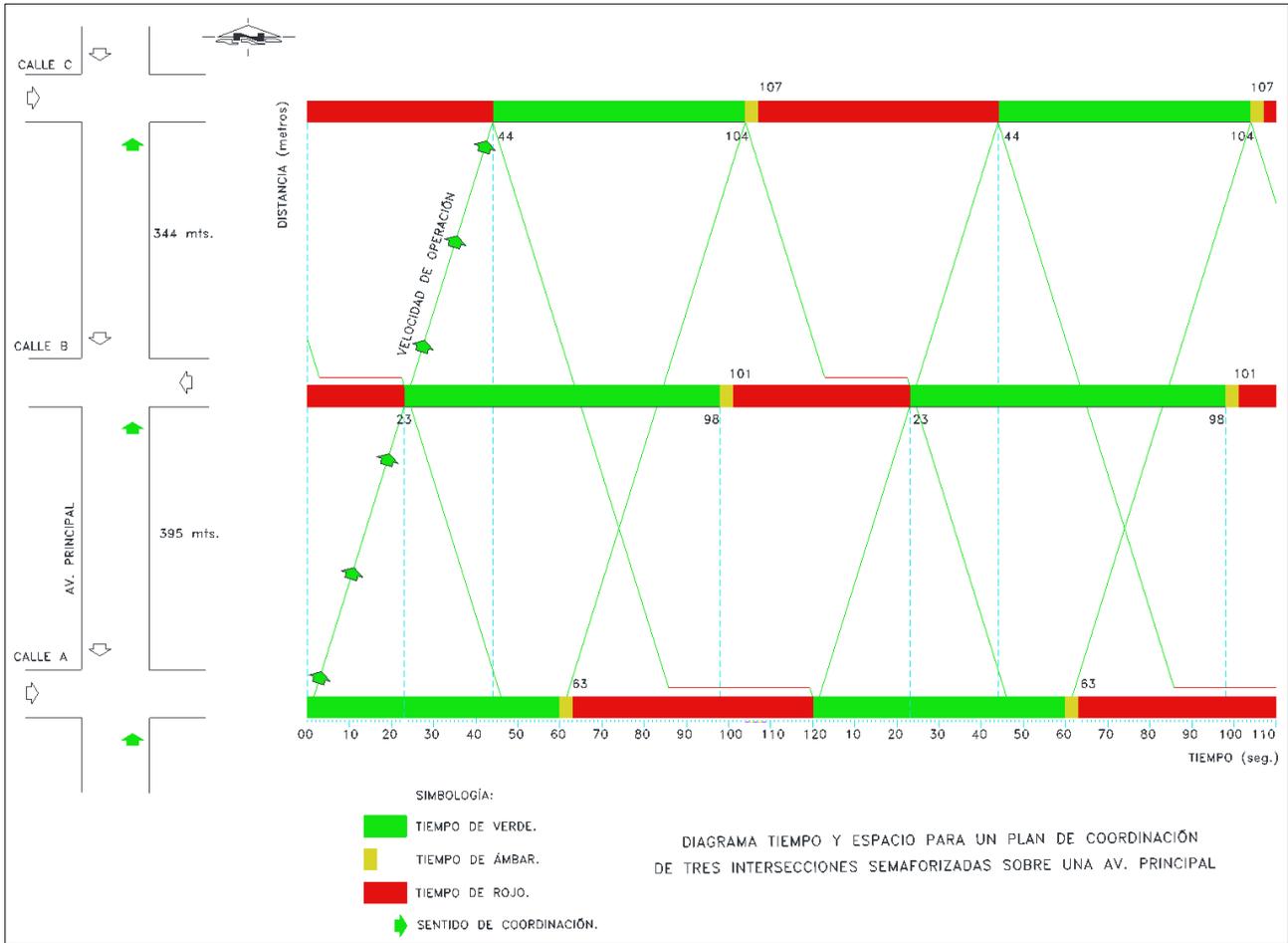


Ilustración 18 Diagrama espacio-tiempo como ejemplo para un plan de coordinación de tres intersecciones semaforizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Para optimizar la operación de la coordinación de los semáforos en red abierta como cerrada, deben contemplar las siguientes recomendaciones. Pacheco R (2013):

- Realizar estudios y análisis de tiempos de recorridos, velocidad y demoras antes y después para obtener indicadores cualitativos y cuantitativos de o las vialidades en estudio.
- Establecer el diseño de una velocidad de operación constante acorde a lo permitido en la vía para determinar el desfase adecuado al sistema de coordinación que se diseñe (simultáneo, alternativo y progresivo).

- Diseñar planes de coordinación por semana, día, horario y evento, que contemple tiempos de ciclo semafóricos compatibles o comunes, según los resultados de los estudios y criterio técnico del proyectista o responsable o especialista.
- Establecer criterios de coordinación para aspectos físicos, operativos y de seguridad vial (días, horarios y eventos, secuencia de fases, sistemas de coordinación “simultaneo-alternado-progresivo”, planes de coordinación, semáforos en todo rojo, despejes vehiculares, sentidos de circulación, cercanías entre cruces, usos del suelo, cruces simples y conflictivas, giros o vueltas izquierdas o derechas, reducción de carriles, estacionamiento en vía pública, etc).
- Identificar el grado de obsolescencia o modernización de los controles de los semáforos instalados, ya que esto dependerá identificar la compatibilidad electrónica de los controles para los criterios de sincronización de forma electrónica, y de coordinación a manera de Ingeniería de Tránsito. (Controles de semáforos mecánicos, electromecánicos, electrónicos y computarizados)
- Conocimiento total de la estructura del Sistema de Semáforos (Control Maestro semi o centralizado absoluto, jerárquico y/o adaptativo), del funcionamiento de los comandos del Centros de Mando para fines de control de tránsito, y de los controles de semáforos para programación del mismo.
- Identificación de los Sistemas de Semáforos existentes sobre las redes viales (esto si lo hubiera, de las empresa diversas que tengan contratos de operación y manteniendo de los sistemas), para descubrir la compatibilidad electrónica, y esto permita diseñar y contemplar electrónicamente la sincronización y coordinación de los semáforos.
- Identificación del Sistema de Comunicación de datos entre controladores de semáforos y centros de mando (vía radio o inalámbrico, vía cable, vía satélite).
- Determinar adecuadamente las distancias entre cruces sobre la vialidad a coordinar, tomando en cuenta criterios de referencia para las mediciones.
- Realizar el levantamiento geométrico o topográfico de los cruces para identificar el número de accesos que la conforman.

- Identificar y contemplar zonas y cruces con alta demanda de peatones y escolares.
- Identificar y obtener estudios de campo en aspectos de infraestructura vial, de operación y de control de tránsito, y de seguridad vial: aforos vehiculares y peatonales, velocidad de operación, identificación y obtención de los desfases, ciclos semafóricos y reparto de tiempos de los semáforos, inventario de mobiliario y equipo de semáforos, inventario del señalamiento horizontal y vertical, identificación de cruces simples-conflictivos y con semáforos, levantamiento geométrico de las vialidades y cruces, inventario de estacionamiento de vía pública, inventario y maniobras de ascenso y descenso de rutas de transporte público de pasajeros, inventario de bases de transporte público, identificación y revisión de lugares y cruces con índices y reportes de accidentes de tránsito, e identificación de agentes de tránsito manipulando los controles de semáforos.
- Realizar análisis de capacidad, niveles de servicio, modelación y simulación antes y después mediante software especializado, para la coordinación y reparto de tiempos en cruces y vialidades respectivamente, para obtener indicadores comparativos de diagnóstico, de eficiencia y mejoramiento de la red vial en estudio.
- Retroalimentación para la calibración y ajustes de la modelación de la red vial en estudio.

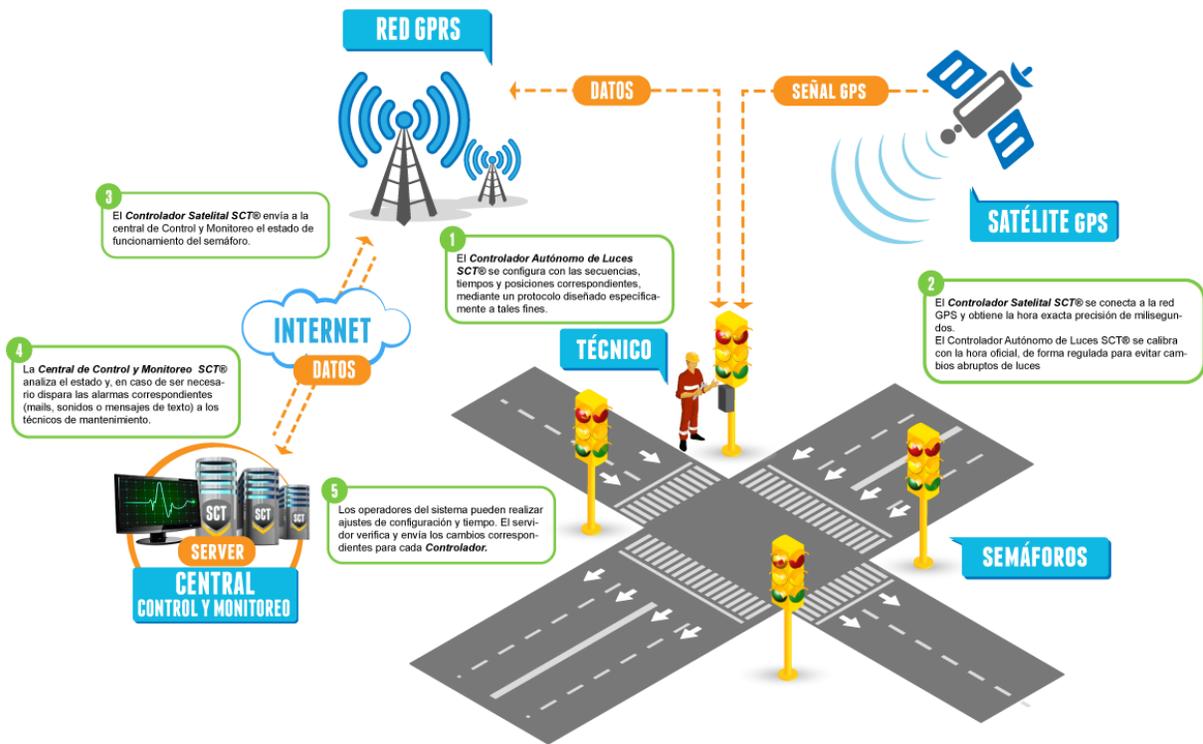


Ilustración 19 Imagen de funcionamiento de un sistema de control de tránsito.
 Fuente: Consultado en: <http://www.sctvial.com/como-funciona/>



Ilustración 20 Imagen actual del Centro Computarizado de Control Vial “Sistema SCAT” de la Ciudad de México “C2”.
 Fuente: Consultado en:
<https://meganoticias.mx/tu-ciudad/distrito-federal/noticias/item/157424-apoyan-con-camaras-de-vigilancia-operativo-en-transporte-publico-local.html>

3.8 Tipos de Solución.

James Cárdenas G et al. (2008) establece los tipos de solución que depende de factores múltiples entre ellos los costos, para ello se establecen tres tipos según.

a) Solución Integral.

Construcción de nuevos tipos de vialidades, creación de nuevo trazo, renovación total del trazo urbano.

b) Solución parcial de alto costo.

Modificación de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control en semáforos automáticos.

c) Solución parcial de bajo costo.

Legislación y reglamentación adaptadas al tránsito, organización del sistema de calle, proyecto específico y apropiado a las señales de tránsito y semáforos, canalización del tránsito, priorización y eficiente organización de transporte público, calles y aceras peatonales, y construcción de terminales y estacionamientos.

3.9 Software especializado que permiten simular y evaluar el desempeño de las intersecciones semaforizadas:

Los software son programas computacionales que son empleados como herramientas que facilitan los trabajos diarios en los ámbitos laborales, ya que son los procesadores, las bases de datos, hojas de calculo. (Consultado en: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tlahuelilpan/ingenieria_softwar_e/herramientas_computacionales/herramientas_computacionales_final.pdf)

- 1- **Highway Capacity Software (HCS)** Es un programa computacional especializado que permite analizar y evaluar la capacidad vial y nivel de servicio de carreteras y vialidad urbana, por ejemplo; Calles y vialidades urbanas, Intersecciones con y sin semáforos, carreteras y autopistas, entrecruzamientos de carreteras y más. Para su aplicación se debe realizar un aforo, se tabulan los aforos en un hoja de calculo para determinar la hora de maximan demanda. (Consultado en: <http://hcstransito.blogspot.mx/2012/09/uso-del-hcs.html>)

2- SYNCHRONización = Sincronización (SYNCHRO). También es un programa computacional especializado que permite analizar, evaluar, modelar y realizar simulación de la operación del tránsito en la red vial en estudio.

(Consultado en: <https://sites.google.com/site/synchrosimtraffic/>)

3- PTV GROUP. Agrupa varios software especializado para simulación microscópica para modelar flujos de tráfico multimodales. Proporciona las condiciones ideales para probar diferentes escenarios de tráfico de una forma realista y muy detalla de la implementación. Consultado en: <https://www.ptvgroup.com/es/traffic-software/simulacion-del-trafico/>)

Existen en el medio otros software especializados que realizan análisis, modelación, operación, evaluación, optimización y simulación en materia de transporte y tránsito, por lo que, para fines del Estudio y por cuestiones prácticas se empleará el Software o Programa “**Synchro**”, cuyas razones entre otras, es por que esta disponible en el Centro Universitario UAEM Nezahualcoyotl, y es uno de los software accesibles y disponibles en el mercado, utilizados por autoridades, empresas, universidades y consultores expertos en la materia.

A continuación, según James Cárdenas G et al. (2008) se conceptualizan algunos términos que son indicadores resultado del análisis del software, donde los resultados se muestran en el Capítulo IV y V:

Demoras: Es la demora media por control que experimentan los vehículos que circulan por un acceso, llegan y son detenidos por la acción de la luz roja del semáforo. También se analiza y se obtiene indicadores para toda intersección.

Análisis del Nivel de Servicio (NS): El nivel de servicio de una intersección semaforizada, se definen a través de las demoras de los grupos de carriles (acceso), las cuales representan para el usuario conductor una medida de tiempo perdido de viaje, consumo de combustible, incomodidad y frustración, en general se expresa en términos de la demora media de los vehículo detenidos por la acción de la luz roja

del semáforo del acceso. También se analiza y se obtiene indicadores para toda intersección.

Relación volumen a capacidad (V/c): La relación volumen o flujo a capacidad es el grado de saturación por acceso de la intersección, o sea, es la proporción o tasa de funcionamiento a la que opera (demanda o flujo vehicular actual) el acceso con respecto a su capacidad.

Colas: Las colas, filas o filas de espera, son el número de vehículos que esperan ser servidos, sin incluir aquellos que actualmente están siendo atendidos. Para el caso de los semáforos, se entendería como la cantidad de vehículos que se acumulan en los carriles o en el grupo de carriles por la acción de la luz roja del semáforo en el acceso,

La calidad de la progresión del flujo vehicular entre intersecciones se describe a través de seis tipos de llegadas a los accesos de las intersecciones, para cada grupo de carriles:

Tipo 1: Grupos densos que llegan al inicio del rojo. Calidad de progresión muy deficiente, como resultado de la optimización de toda la malla.

Tipo 2: Grupos moderados que llegan a la mitad del rojo. Progresión desfavorable en calles de doble sentido.

Tipo 3: Llegadas aleatorias. Representa la operación en intersecciones aisladas o no interconectadas, o donde los beneficios de la progresión son mínimos.

Tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde. Progresión favorable en calles de doble sentido.

Tipo 5: Grupos denso que llegan al inicio del verde. Calidad de progresión, altamente favorable,

Tipo 6: Progresión excepcional. Grupos densos que progresan a través de varias intersecciones espaciadas.

3.10 Visión Cero.

Es un proyecto de seguridad vial multinacional que busca lograr un sistema de tránsito sin muertes o lesiones graves. Empezó en Suecia y fue aprobado por su parlamento en octubre 1997. Un principio básico de la visión es que 'la vida y la salud nunca pueden ser intercambiadas para otros beneficios dentro de la sociedad' en vez del principio convencional de comparar los costos y beneficios de forma que se le asigne un valor monetario a la vida y salud y se utilice ese valor para decidir cuánto dinero invertir en un sistemas de tránsito con un riesgo aceptable. (Consultado en: https://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n_Cero)

Visión Cero está basada en cuatro principios:

- **Ética:** La vida y salud humanas son primordiales y toman prioridad por encima de la movilidad y otros objetivos del sistema de tránsito.
- **Responsabilidad:** Proveedores y reguladores de sistemas de tránsito comparten responsabilidad con los usuarios del mismo.
- **Seguridad:** Los sistemas de tránsito tienen que tomar en cuenta errores humanos y minimizar tanto la posibilidad de errores como el daño posible cuando ocurren y,
- **Mecanismos para cambio:** Los proveedores y reguladores de sistemas de tránsito tienen que hacer todo lo posible por garantizar la seguridad de todos los ciudadanos, cooperar con usuarios de la vía, y estar dispuestos a cambiar para conseguir seguridad vial.

Otra perspectiva de Visión Cero, es la que expone el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT) a través de la Publicación Técnica No. 466 “Visión Cero en Seguridad Vial”, donde el Enfoque de Sistema Seguro (ESS) o Visión Cero, alienta una visión de cero accidentes mortales y lesiones graves (Visión Cero). Este enfoque está destinado a combatir las principales causas de los accidentes, de tal manera que las consecuencias de estos no sean fatales ni sus secuelas dejen lesionados de gravedad. (Consultado en:

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt466.pdf>)

Los principios fundamentales del ESS, son:

- **Los seres humanos suelen cometer errores que pueden conducir a accidentes viales.** Este principio es el reconocimiento de que las personas somos falibles y cometemos equivocaciones que pueden generar accidentes.
- **El cuerpo humano es frágil por naturaleza,** y tiene una capacidad limitada para resistir las fuerzas derivadas de las colisiones.
- **A diferencia del enfoque que culpaba exclusivamente a la víctima,** el ESS considera que tanto los usuarios de las vías como los proveedores de los distintos componentes del sistema (p. ej. diseñadores de las vías; gerentes viales; responsables de las regulaciones, su seguimiento y atención; la policía; los organismos de justicia; los fabricantes de vehículos; las empresas de transporte; los servicios de salud; etc.) comparten la responsabilidad de adoptar medidas para que los accidentes viales no conduzcan a lesiones mortales o graves. Por lo tanto, reconoce que la víctima puede tener parte de la culpa pero ello no exime de su responsabilidad a los distintos proveedores del sistema.
- **Todas las partes del sistema deben reforzarse,** caminos, zonas laterales, velocidades, vehículos y uso vial – de tal manera que si una falla, otras partes aún seguirán protegiendo a todas las personas involucradas.

En otras palabras; en el ESS, los componentes del sistema deben diseñarse para evitar el error humano así como para perdonarlo de manera que en caso de ocurrir este; ello no conlleve la generación de muertes o lesiones graves. En esto reside la importancia de la disciplina de los “Factores Humanos” en este enfoque. Adicionalmente, el ESS demanda la realización de acciones sistémicas que sean contundentes y efectivas; es decir, definitivas.

CAPITULO IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO

4.1 Metodología del estudios técnico.

En este capítulo está encaminado para explicar los pasos que se llevaron para la elaboración de esta investigación con la finalidad de estudiar el tránsito vehicular y los lineamientos que se obtuvieron para recolectar los datos en campo, en el área de estudio de la Calzada General Ignacio Zaragoza tramo Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente a la Estación del Metro Moctezuma a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, Ciudad de México. Esta metodología está basada en las técnicas de la ingeniería en tránsito.

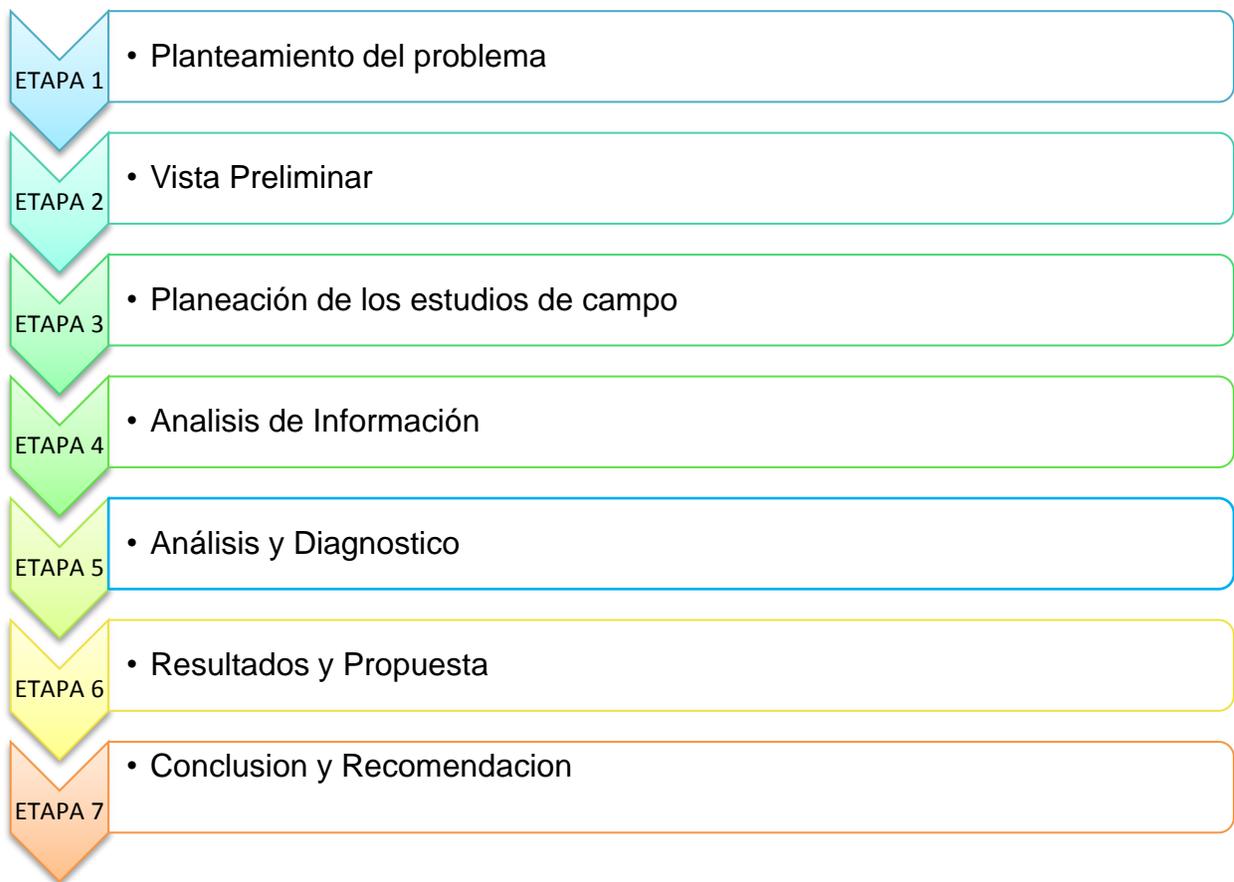


Ilustración 21 Metodología del estudio técnico.
Fuente: Elaboración propia.

Se hace mención de algunas herramientas y material que se utilizaron para la obtención de los datos que fueron proporcionadas por la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl, ahora Centro Universitario UAEM Nezahualcóyotl:

- Edómetro para la medición de la vialidad.
- Contadores mecánicos (cuenta bultos), para el conteo de vehículos en sus diversas clasificaciones de los movimientos direccionales.
- Chalecos reflejantes, que permite la identificación física del personal técnico de campo.

Otros materiales de apoyo que permitieron el eficiente registro de datos, fueron:

- Tabla de apoyo.
- Lápices
- Borradores.
- Formatos suficientes para los aforos.
- Croquis suficientes para la ubicación y registro de los estudios encomendados.
- Documento elaborado por la Universidad, el cual da la información de los estudios acordados.
- Credencial para el personal técnico.

4.1.1 Identificación de la problemática existente.

A efecto de definir las condiciones de la red vial con respecto a los flujos vehiculares que circulan en la vialidad y la identificación de problemas derivado de varios aspectos sociales, de tránsito y de transporte, los cuales conllevan a un problema vial.

4.1.2 Visita preliminar de campo.

Por experiencia empírica se determinó que es un tramo con un alto índice de congestionamiento vehicular, y los tiempos de fases de los semáforos en la Calzada General Ignacio Zaragoza es de poco tiempo. La recopilación de diversas fuentes de información también permitió conocer a detalle la situación actual en la que se

encuentra la vialidad. Se realizó un recorrido por la vialidad en transporte público, particular y como peatón con la finalidad de conocer el comportamiento de los diferentes usuarios que transitan por dicha vialidad y así mismo familiarizarse con el comportamiento de la zona.

Con las visitas y recorridos preliminares en la zona de estudio tramo Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente a la Estación del Metro Moctezuma a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, para ubicar de manera estratégica los puntos de análisis. Una vez detectado las intersecciones y sus características geométricas, cuya razón debido a su sentido de circulación no coinciden los nombres de las calles o avenidas, es por ello que dentro de este punto se realizó un inventario de las intersecciones, para tener con certeza la información y que en el análisis no exista equivocación alguna por esta falta. Para ello se realizó una relación de los nombre de los cruces con respecto a la vía en estudio:

Número de cruce	Sentido Oriente-Poniente	Sentido Poniente-Oriente
1	Rio de la Piedad "Viaducto"	Estación metro Moctezuma
2	Calle 75	Calle Miguel Rivera Cambas
3	Av. Economía	Retorno 91
4	Relaciones Exteriores	Av. Jesús G. Villa
5	Asistencia Publica	Circuito Interior
6	Circuito Interior	Asistencia Publica
7	Av. Iztaccihuatl	Relaciones Exteriores
8	Calle 15	Av. Economía
9	Calle Miguel Jacintes	Calle 77
10	Estación metro Moctezuma	Rio de la Piedad "Viaducto"

Tabla 3 Relación de las intersecciones en ambos sentidos.
Fuente: Elaboración propia.

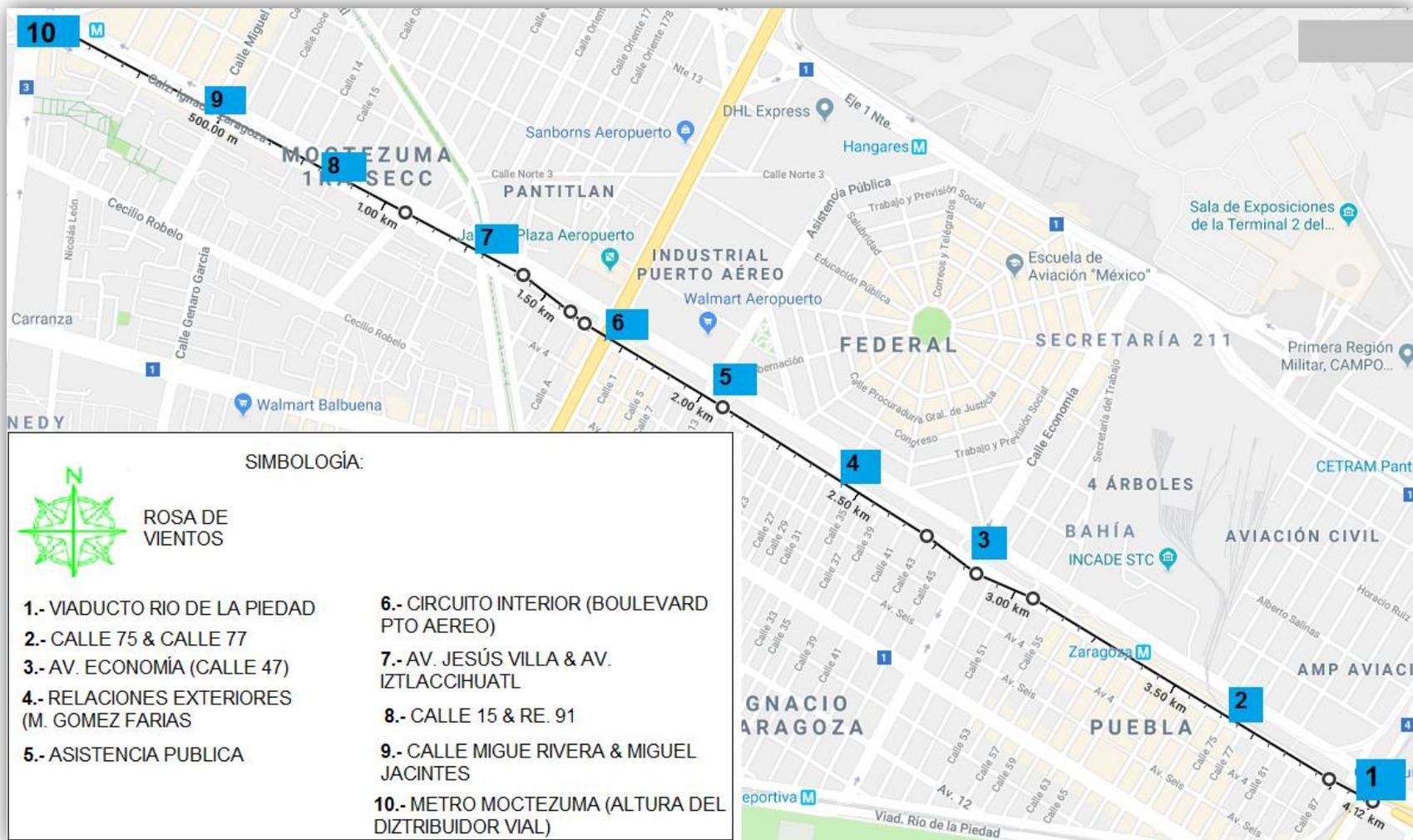


Ilustración 22 Localización de las intersecciones semaforizadas sobre la Calzada General Ignacio Zaragoza.
Fuente: Elaboración propia utilizando el google maps.

4.1.3 Estudios de aforo de 16 horas.

Para determinar los días en que podrían ser realizadas estas mediciones se analizó información de otros documentos relativos a la descripción del comportamiento del tránsito en el área de estudio. De esta manera, el estudio fue posible identificar los días típicos representativos que reflejan las condiciones del tránsito promedio durante una semana típica.

En dicho estudio se realizaron aforos con estaciones maestras con una duración de 16 horas durante tres días típicos (martes, miércoles y jueves), que tuvieron por objeto identificar las mayores variaciones de los volúmenes vehiculares en cuestión. Se determinó lo siguiente:

- Aforo vehicular por movimientos direccionales: El estudio procedió a los resultados de 16 horas, aplicándose principalmente a las horas picos como periodos críticos de la vialidad. El estudio tiene como propósito el conteo de vehículos por acceso, de acuerdo a la clasificación o composición vehicular. Dicho aforo se realizaron cortes de 15 minutos durante una hora, el cual comprende para determinar el periodo más crítico (Volumen Horario de Máxima Demanda “VHMD”).

Se realizaron formatos, en los cuales se registraron los movimientos direccionales de los vehículos. Dichos formatos, son para obtener datos el número de vehículos que cruzan en la intersección. Los tipos de vehículos que fueron considerados para esta investigación son, cuya nomenclatura se utilizó para que fueran identificados en campo. Nicholas J, Garber y Lester Hoel (2004) Mencionan que se debe disponer de los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso y su composición en términos de su clasificación vehicular, de la misma forma se debe considerar el número de autobuses urbanos que realizan paradas, antes y después de la intersección. Se debe aforar los flujos peatonales. Una vez adquirido la sensibilidad del comportamiento del flujo vehicular se procedió a realizar el levantamiento de la información de campo. Dichos estudios consintieron en mediciones de aforos continuos en un horario de 06:00 a 22:00 horas.

El conteo o aforo de vehículos se realizó basándose en el criterio de clasificación de unidades expuesto en la tabla 4.

TIPO	MODO	CLASIFICACIÓN
Transporte Particular y Taxis	Automóviles	A
	Camionetas	
Transporte Público	Van	B2
	Autobuses	
Transporte de Carga	Camiones de dos ejes	C2
	Camiones de tres ejes	C3
	Camiones Articulados	T3S3 o T3S3R2

Tabla 4 Nomenclatura de vehículos.
Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Estudios de inventario de campo.

En las inspecciones preliminares antes del estudio, también dio pauta para realizar mapas previos sin escala, ni medidas en el programa de AutoCAD, los cuales fueron utilizados para hacer inventarios de la vialidad.

4.1.4.1 Inventario de mobiliario y equipo semafórico.

En este tipo de estudio de campo se recolectaron información sobre los dispositivos de control de tránsito en cada intersección semaforizada.

En dichos mapas se registraban sus características, como por ejemplo:

- Ubicación y cantidad de mobiliario y equipo semafórico.
- Cantidad de lentes por cada cabeza de semáforo.
- Los semáforos peatonales son de tipo de iluminación de leds, mientras que los vehículos su iluminación es de foco incandescente.

4.1.4.1.1 Equipo y mobiliario semafórico vehicular y peatonal.

Se realizaron mapas donde se aprecia la cantidad y ubicación de mobiliario y equipo semafórico que existen en los accesos de cada intersección, identificando el sentido de circulación, así como las estaciones de aforo vehicular.

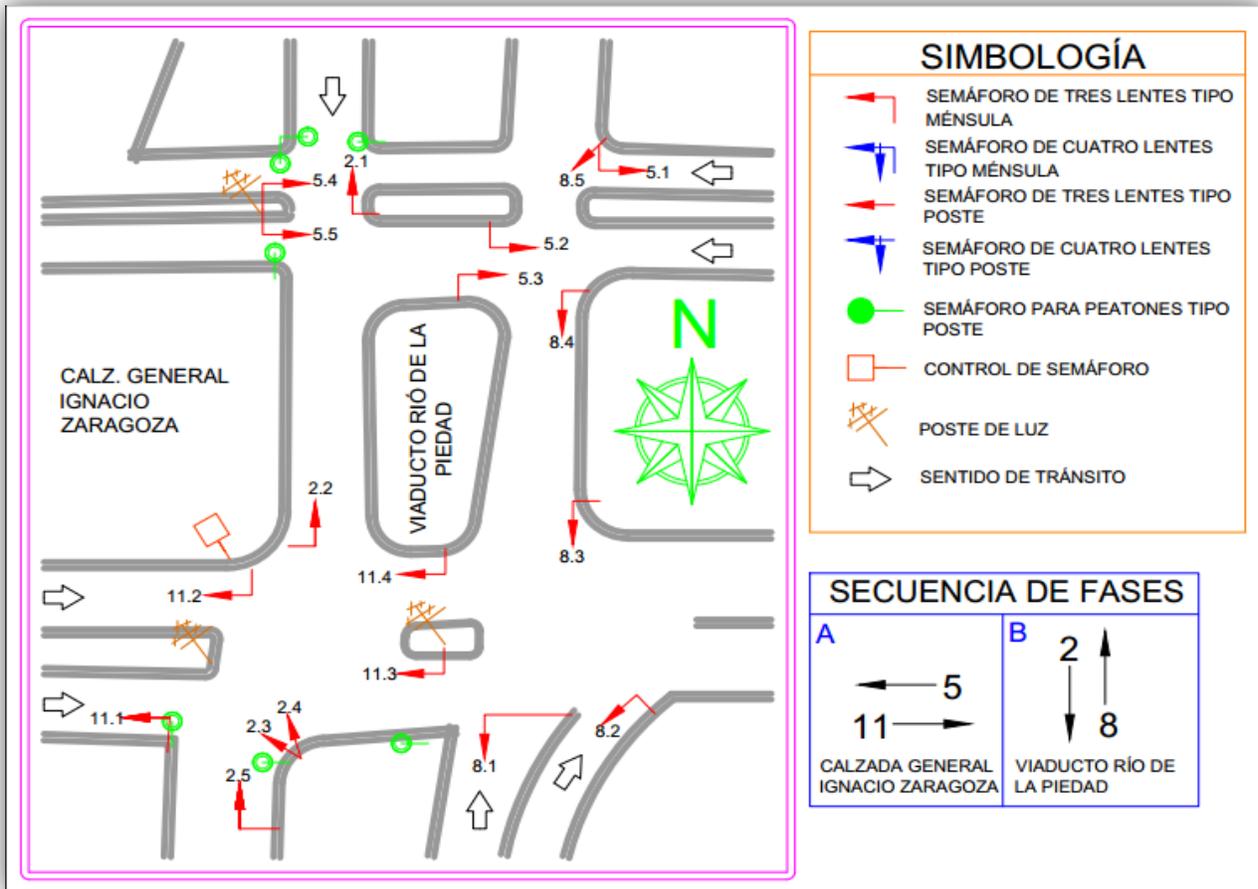


Ilustración 23. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 1 (Calz. General Ignacio Zaragoza y Viaducto Río de la Piedad)
Fuente: Elaboración propia.

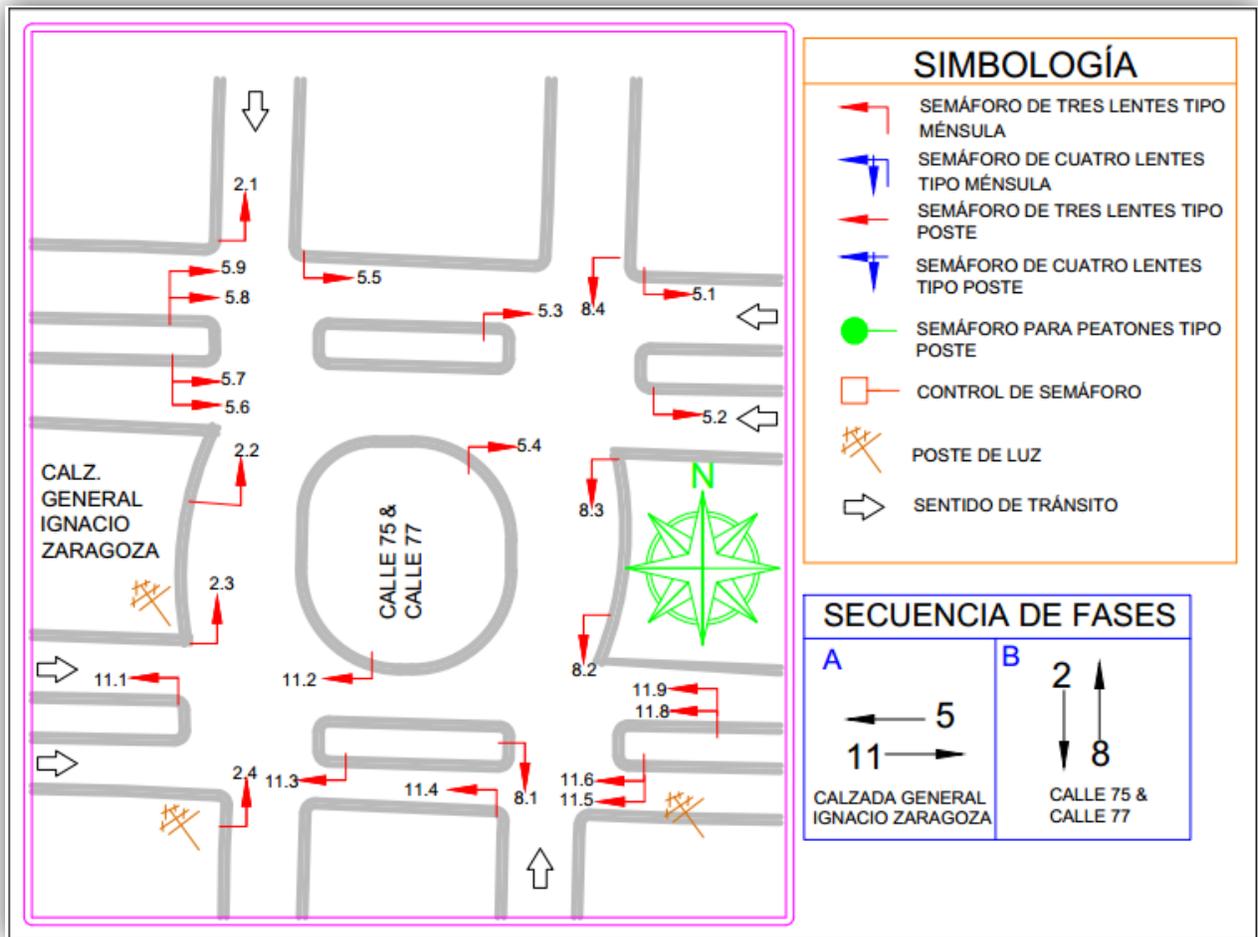


Ilustración 24. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 2 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y calle 75-77)
Fuente: Elaboración propia.

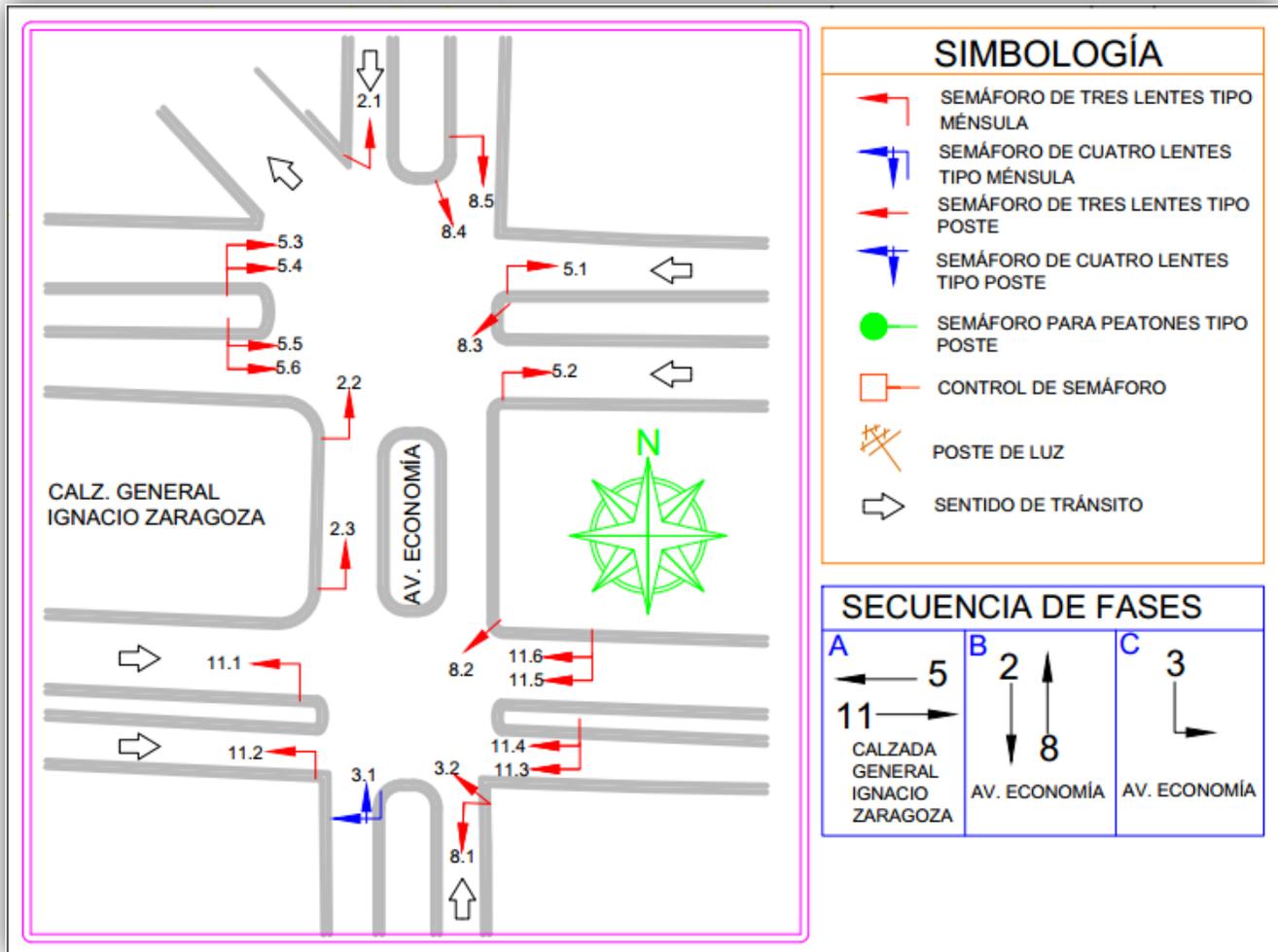


Ilustración 25. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 3 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Av. Economía)
Fuente: Elaboración propia.

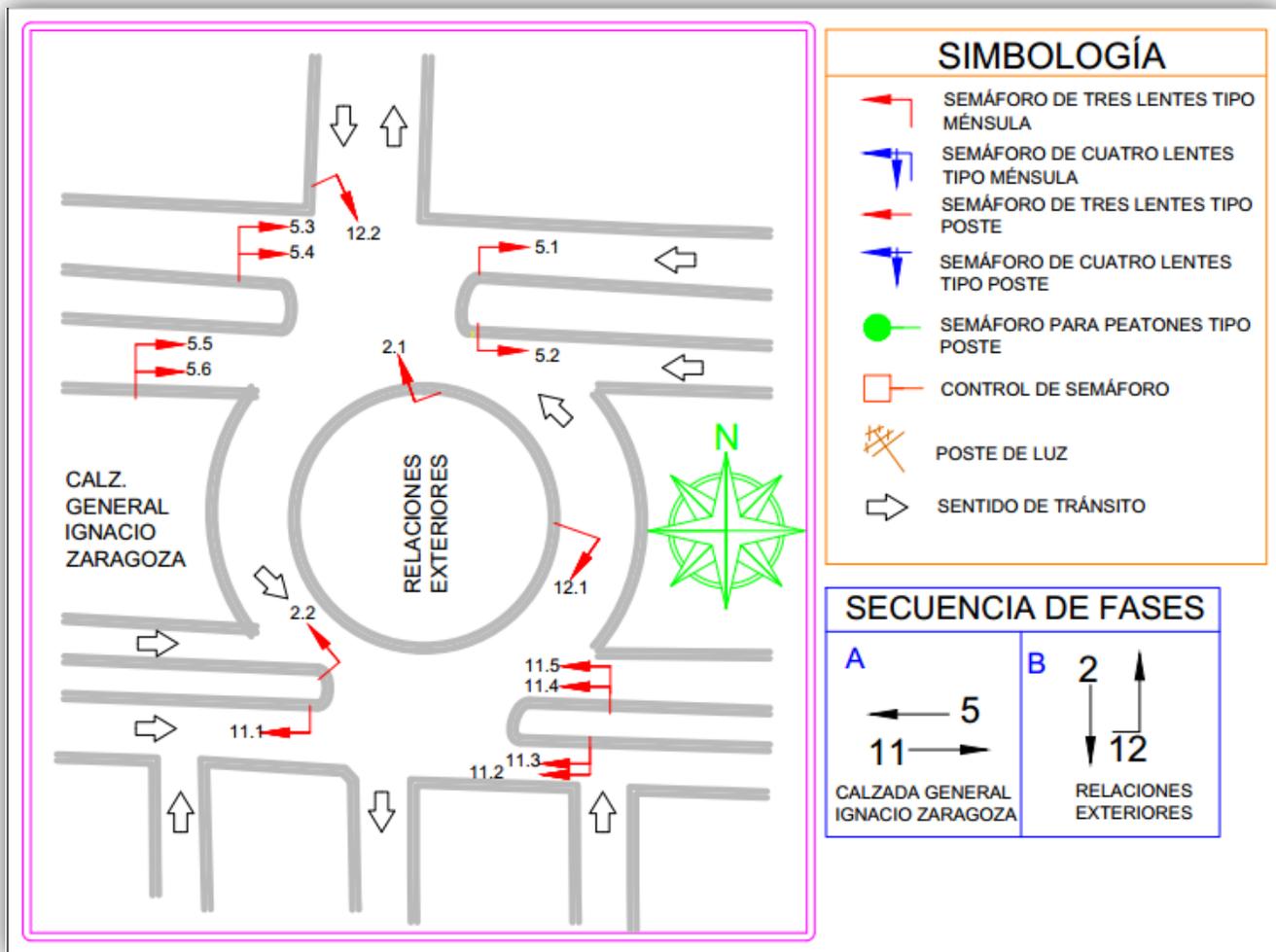


Ilustración 26. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 4 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Relaciones Exteriores)
Fuente: Elaboración propia.

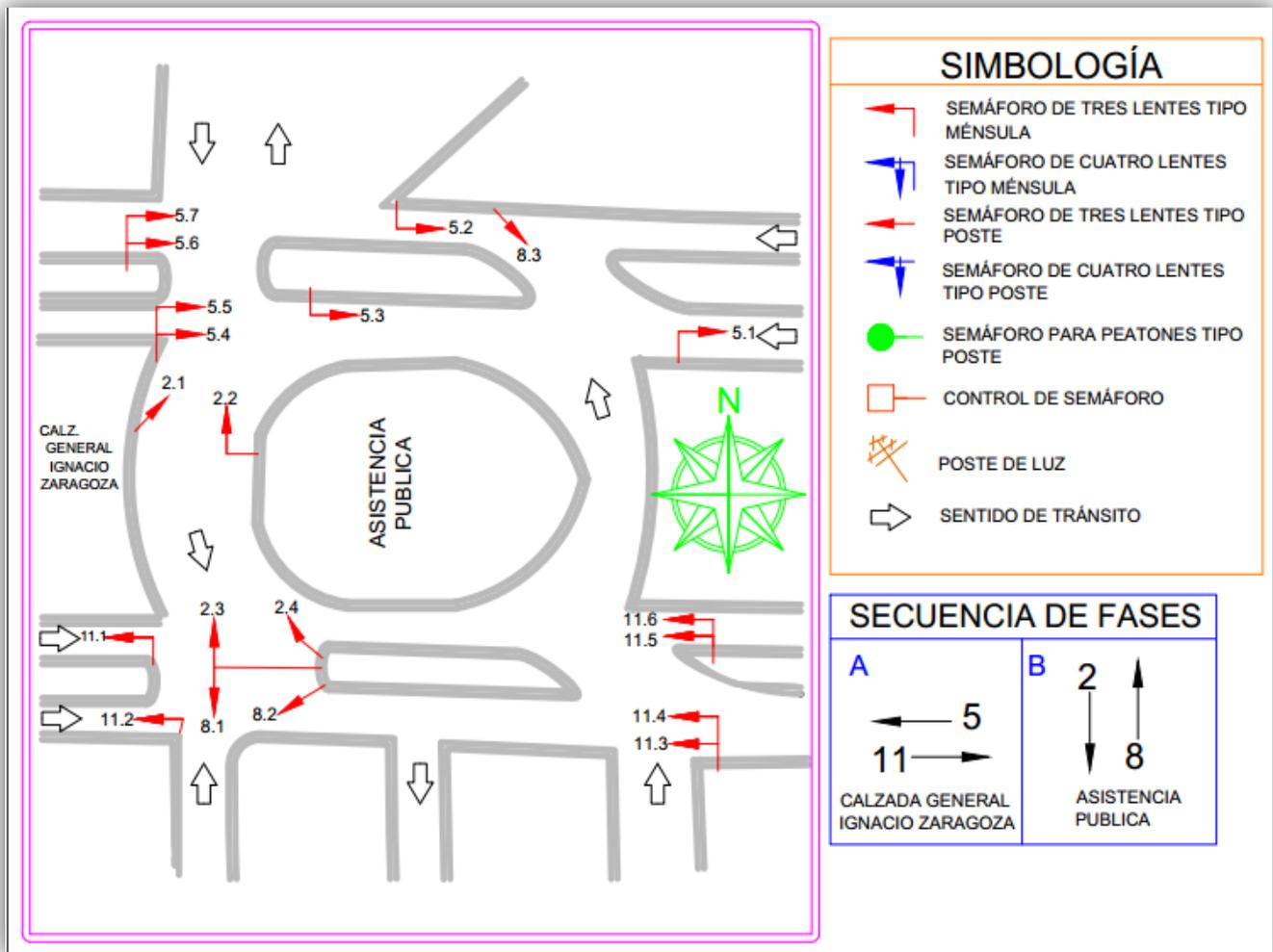


Ilustración 27. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 5 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Asistencia Pública)
Fuente: Elaboración propia.

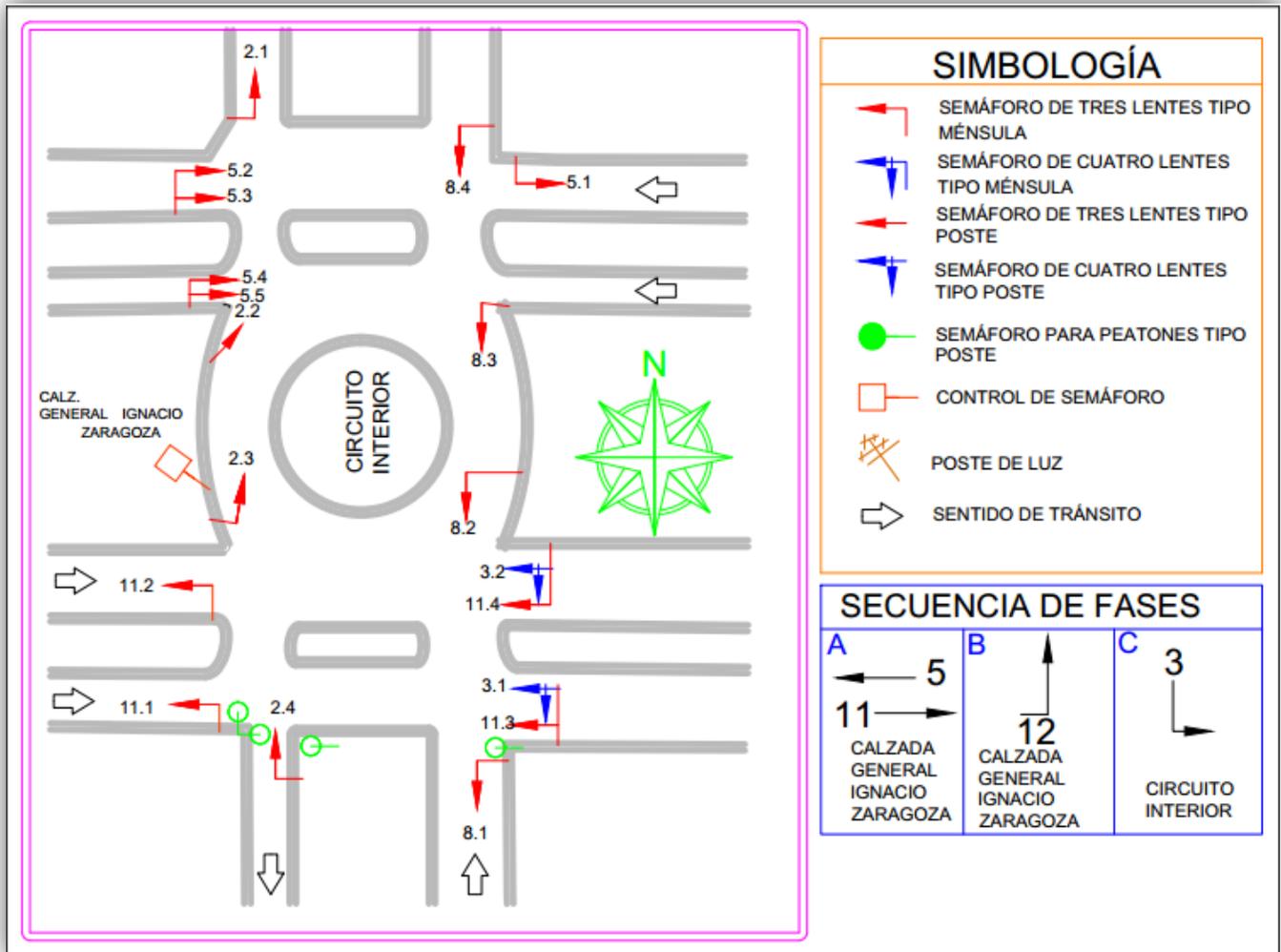


Ilustración 28. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 6 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Circuito Interior)
Fuente: Elaboración propia.

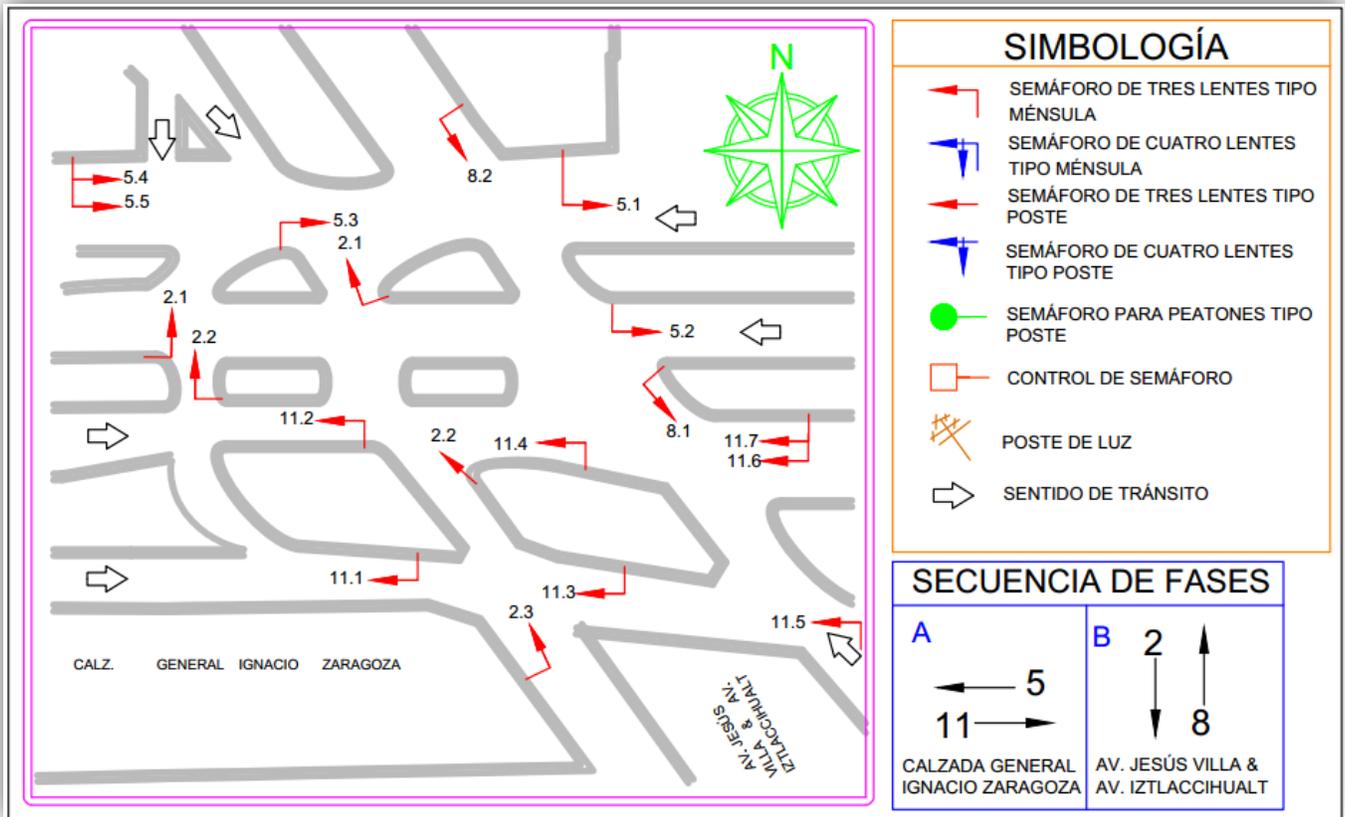


Ilustración 29. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 7 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Av. Iztaccihualt)
Fuente: Elaboración propia.

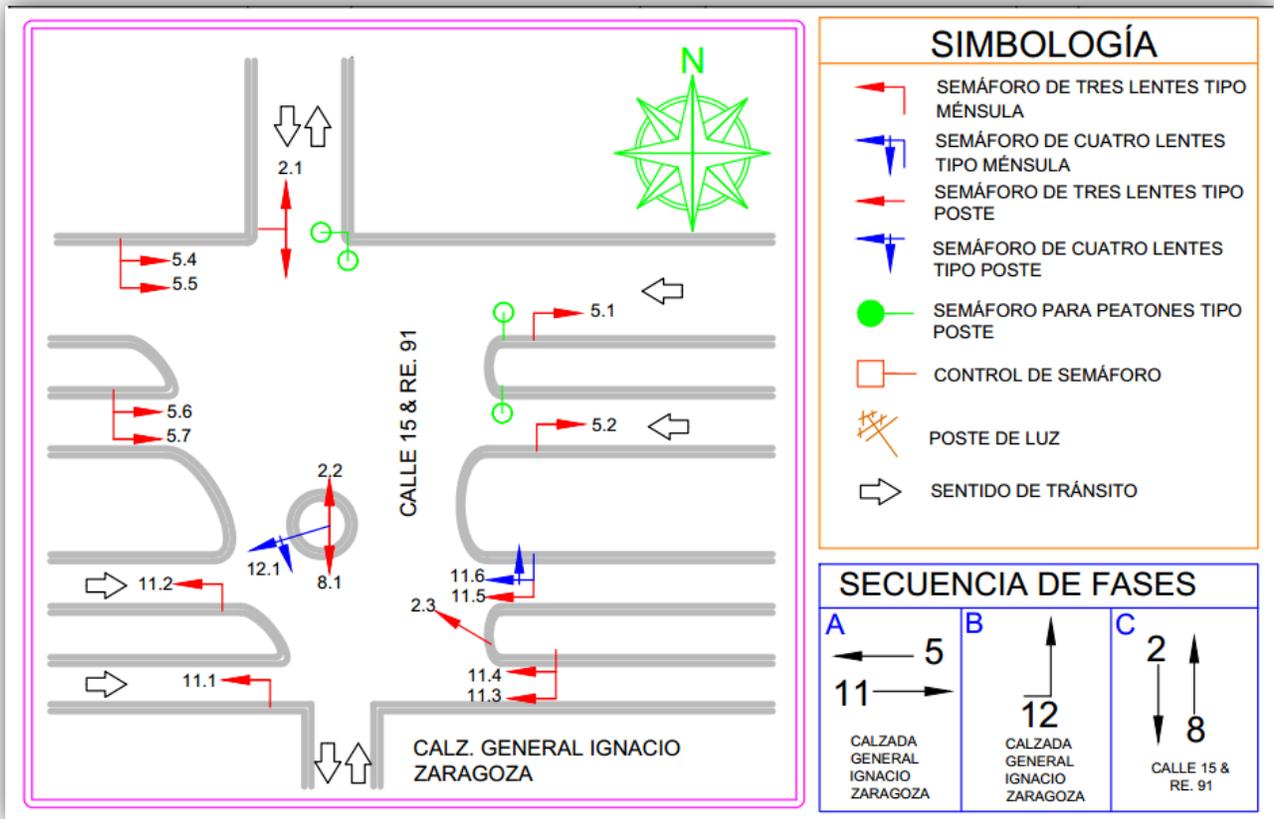


Ilustración 30 Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 8 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y calle 15)
Fuente: Elaboración propia.

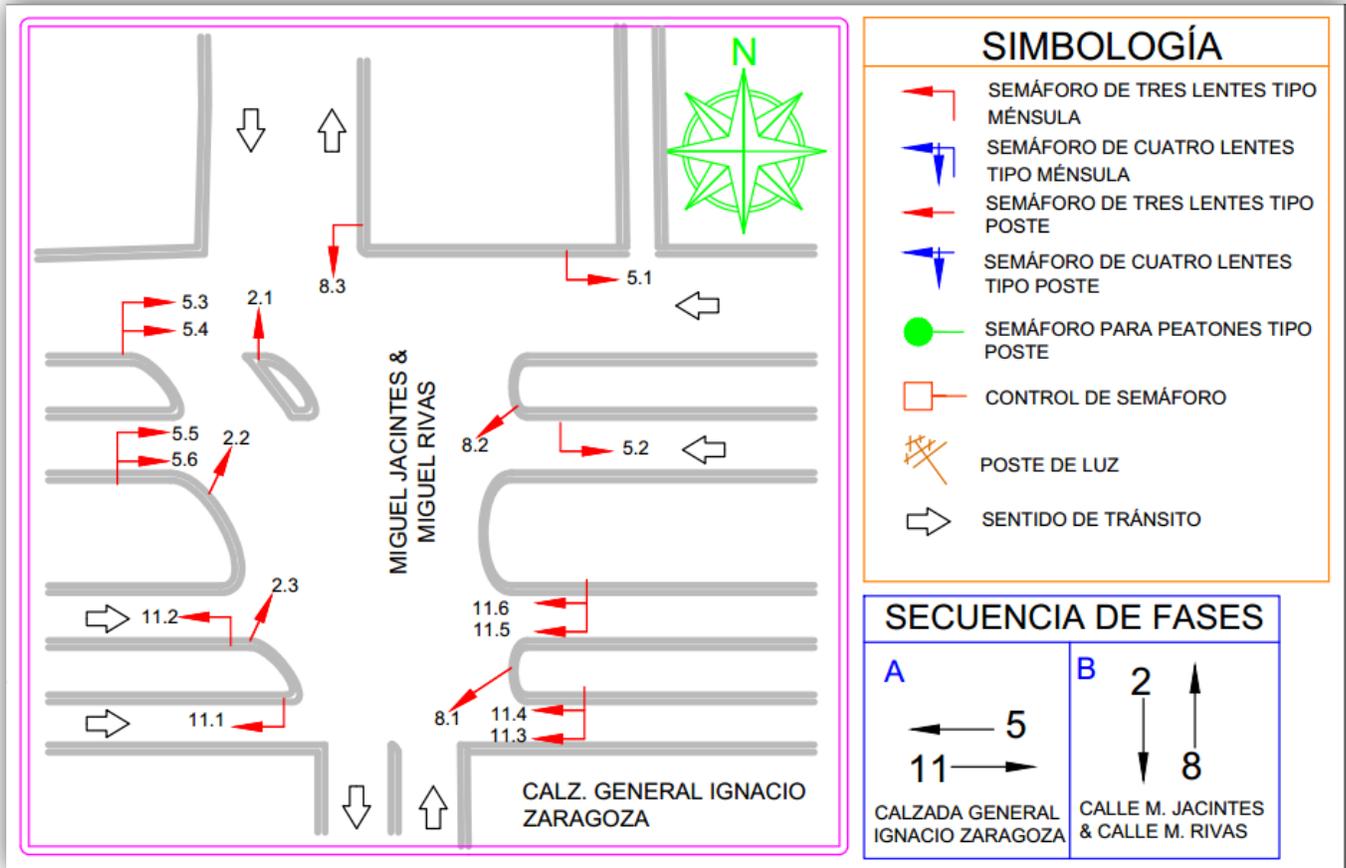


Ilustración 31. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 9 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y calle Miguel Jacintes)
Fuente: Elaboración propia.

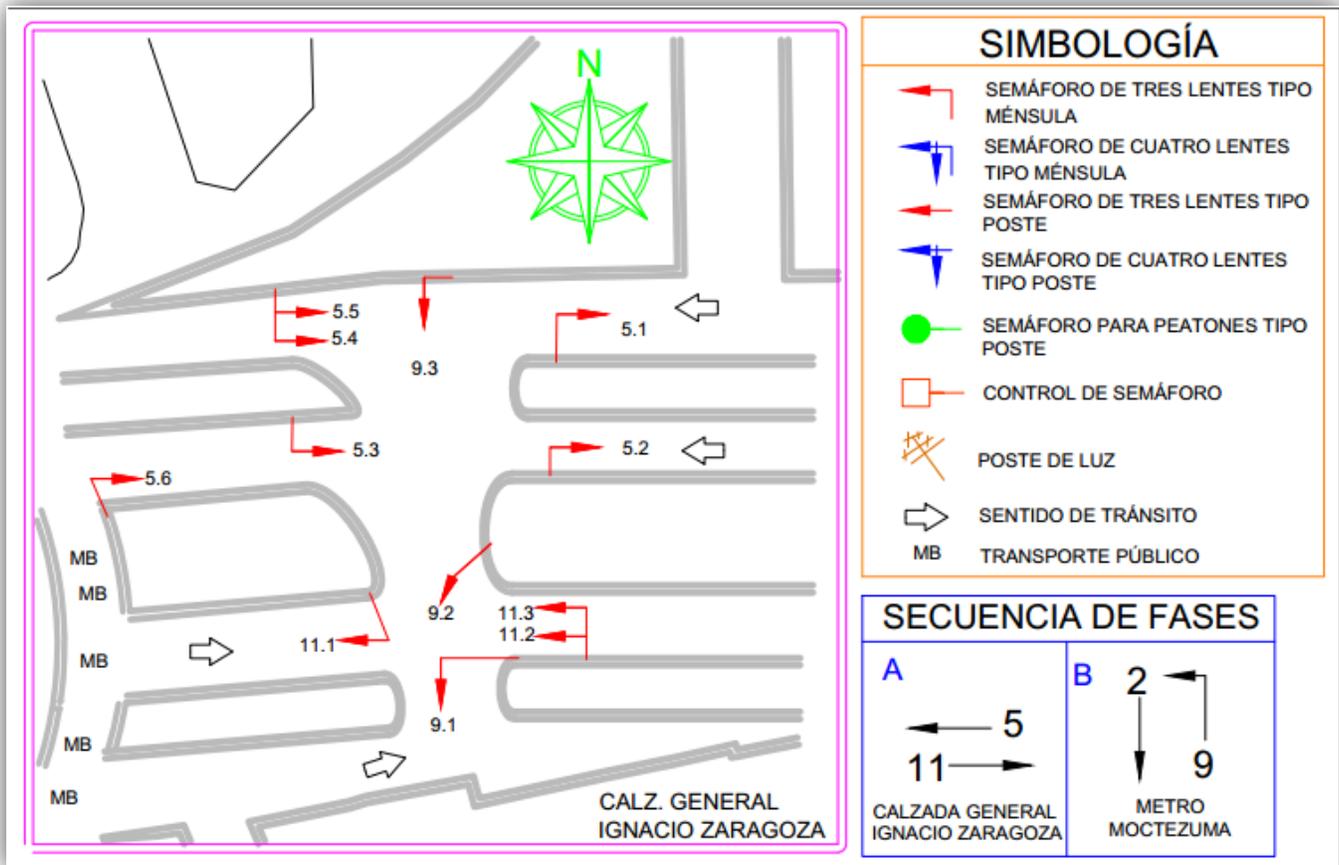


Ilustración 32. Inventario de mobiliario, equipo e identificación de la secuencia de fases de la intersección semaforizada No. 10 (Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y Estación Metro Moctezuma)
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.1.2 Mobiliario de semáforos peatonales.

Solo se localizaron pocos semáforos para peatones, y no en todas las intersecciones, algunos de ellos no operaban correctamente. Para ello en la tabla 5 se hace mención de los tipos y cuantos semáforos existen en cada intersección y sentido.

Intersección Poniente-Oriente	T/ poste
Viaducto	2
Calles 75 y 77	0
Av. Economía	1

Relaciones Exteriores	0
Asistencia Publica	0
Circuito Interior	3
Av. Jesús. G Villa y Av. Iztlaccihuatl	0
Calles 15 y Retorno 91	0
Calle Miguel Jacintes y Calle Miguel Rivera	0
Cambas	0
Eje 3 Ote Francisco del Paso y Troncoso	0
Intersección Oriente-Poniente	
Viaducto	2
Calles 75 y 77	0
Av. Economía	2
Relaciones Exteriores	0
Asistencia Publica	0
Circuito Interior	3
Av. Jesús. G Villa y Av. Iztlaccihuatl	0
Calles 15 y Retorno 91	0
Calle Miguel Jacintes y Calle Miguel Rivera	0
Cambas	0
Eje 3 Ote Francisco del Paso y Troncoso	0

Tabla 5 Inventario de mobiliario de semáforos peatonales.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.1.3 Ciclos semafóricos y distancia entre cruces.

En esta sección se presenta los tiempos de los ciclos semafóricos y distancias de cada intersección en el tramo en estudio.

Intersecciones de la vialidad con sentido Oriente - Poniente	Tiempo de ciclo (seg)	Distancia entre semáforos (mts)
Viaducto	variable	380
Calles 75 y 77	128	850
Av. Economía	113	424
Relaciones Exteriores	113	377

Asistencia Publica	113	294
Circuito Interior	variable	375
Av. Jesús. G Villa y Av. Iztlaccihuatl	113	350
Calles 15 y Retorno 91	103	349
Calle Miguel Jacintes y Calle Miguel Rivera Cambas	103	420
Eje 3 Ote Francisco del Paso y Troncoso	116	0

Tabla 6 Identificación del tiempos de ciclo semafórico en cada cruce.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.1.4 Uso de suelo.

A lo largo del tramo se identifican varios tipos de suelo, y se considera relevante su estudio porque están asociados a la generación de viajes, es decir, los viajes generados en zonas habitacionales no son los mismos a los que se generan en zonas industriales. Con base a las visitas preliminares efectuadas se describen los usos de suelo existentes en el tramo comprendido a su estudio.

- **Uso de Suelo tipo Habitacional:** Las zonas de uso habitacional predomina en la Calzada General Ignacio Zaragoza, en su visita preliminar se obtuvieron entre las siguientes colonias: Ampliación Civil y Colonia Puebla.
- **Uso de suelo tipo comercial:** Las zonas comerciales se presenta a lo largo del tramo de la Calzada General Ignacio Zaragoza en estudio, incluyendo por debajo del puente vehicular de Circuito Interior. Aunado a ellos las salidas de los centros comerciales y del Sistema de Transporte Colectivo (metro) los puestos ambulantes en la vía pública obstaculizan los accesos, invadiendo parcial y totalmente las banquetas.

Los centros comerciales que se identificaron son: Chedraui, Suburbia, Wal-Mart, Cine polis, Burger King, Oxxos, y puestos ambulantes que en su mayoría son pequeños, los cuales se encuentran: dulcerías, venta de equipos electrónicos, venta de comida rápida, entre otros, estos puestos aunque son de dimensiones de aproximadamente 2 x 4 mts. Invaden las banquetas provocando que los peatones se desplacen por el arroyo de circulación vehicular.

- **Uso de suelo tipo servicios:** En el tramo de estudio de la vialidad, se presenta varios tipos de instalaciones de servicios: hospitales, oficinas (particulares), bancos, restaurantes, gasolineras, estacionamientos y autos lavados, etcétera.

Estas instalaciones en su mayoría temprano atraen viajes con motivo de trabajo, y de salida general de regreso viajes hacia sus hogares, también identificándose sobre el camellón central parques recreativos.

4.1.4.1.5 Inventario de rutas de transporte público.

A lo largo de la vía se en localizan bases y paraderos de transporte público y en su caso hay empresas de transporte público que la hacen sin considerar que son lugares prohibidos.

Intersecciones de la vialidad con sentido Oriente - Poniente	Bases de Transporte	
	Paradero	Base
Viaducto		Ruta 27
		Ruta 1
Calles 75 y 77	Metro	
	Zaragoza:	
	SMA	
	ADTex	
	Chimalhuacán	SMA
	Sn Francisco	
	Ruta 36	
Ruta 12		
RTP		
Ruta 37		
Relaciones Exteriores	Ruta 36	Ruta 98
		ANG
Asistencia Publica		Ruta 28
Circuito Interior	Ruta 11a	Sitio Taxis

		Cardenales
		Ruta 98
		Ruta 28
Av. Jesús. G Villa y Av. Iztlaccihuatl		Ruta 83
		Ruta 107
Calles 15 y Retorno 91		Autobuses Fipsa
		Ruta 88
Calle Miguel Jacintes y Calle Miguel Rivera Cambas		Ruta 98
		Ruta 3
Eje 3 Ote Francisco del Paso y Troncoso	Ruta 3	Ruta 62
		AUTSA

Tabla 7 Relación de rutas de transporte público.
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Identificación de la problemática existente.

La problemática vial que existe en el tramo de estudio, deriva varios aspectos sociales, como antes se mencionó en el Capítulo I, el gran flujo o demanda vehicular que se desplaza en la mañana del oriente de la ciudad de México al centro de esta misma supera la oferta de la infraestructura vial.

El problema vial ya se encuentra identificado tanto por el aspecto físico de la infraestructura vial como operativo de los semáforos, ya que la carga vehicular habitual del día en un sentido y tarde-noche en el sentido contrario representa congestión vial constante, aunado a esta problemática vial con la identificación de agentes de tránsito manipulando los controles semafóricos.

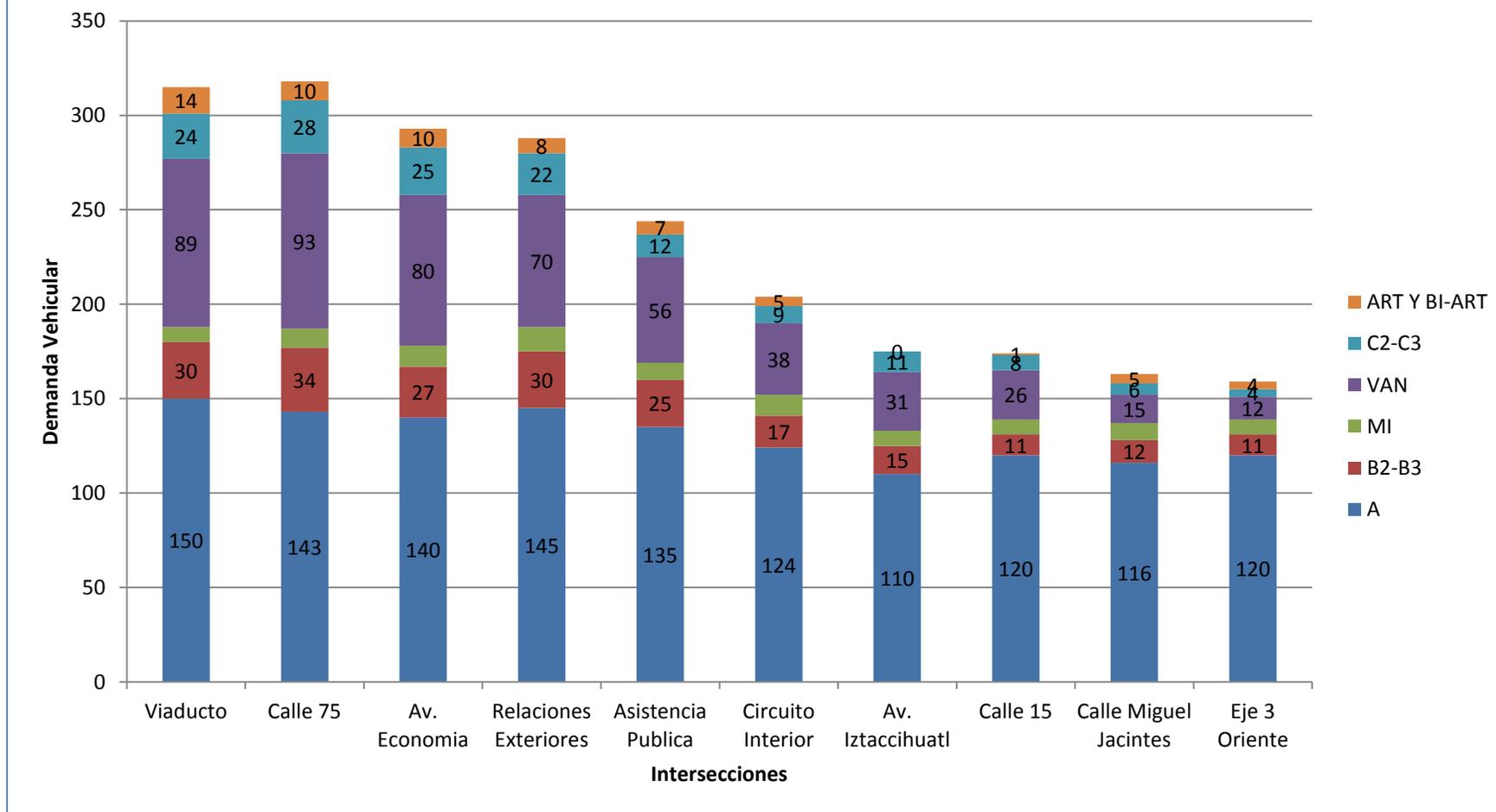
Dentro de las diez intersecciones semaforizadas sobre la vía en estudio, dos de ellas son manipuladas en su operación de los tiempos y ciclos semafóricos por agentes de tránsito, lo que conlleva a generar congestiones viales recurrentes en todo el día, afectando a las demás intersecciones en su fluidez vehicular en el tramo en estudio, y aunado a ello, de las ocho intersecciones semaforizadas restantes, presentan mal reparto de los intervalos de tiempo y ciclos semafóricos, ya que son incompatibles dichos ciclos para garantizar los desfases o coordinación de las intersecciones semaforizadas.

4.3 Aforos Vehiculares.

Los estudios efectuados que se realizaron de ingeniería en tránsito en el tramo de estudio, fueron para el propósito de determinar la operación de tránsito. Dichos estudios se realizaron dentro del horario pico, que relativamente en todo momento es hora valle u hora pico, ya que los volúmenes vehiculares varían de un día típico a otro.

La mediciones que se obtuvo fue en horarios antes mencionados, en la siguiente grafica se aprecia en general el volumen vehicular en turno matutino en un sentido de oriente – poniente, es decir con el flujo de entrada a la Ciudad de México.

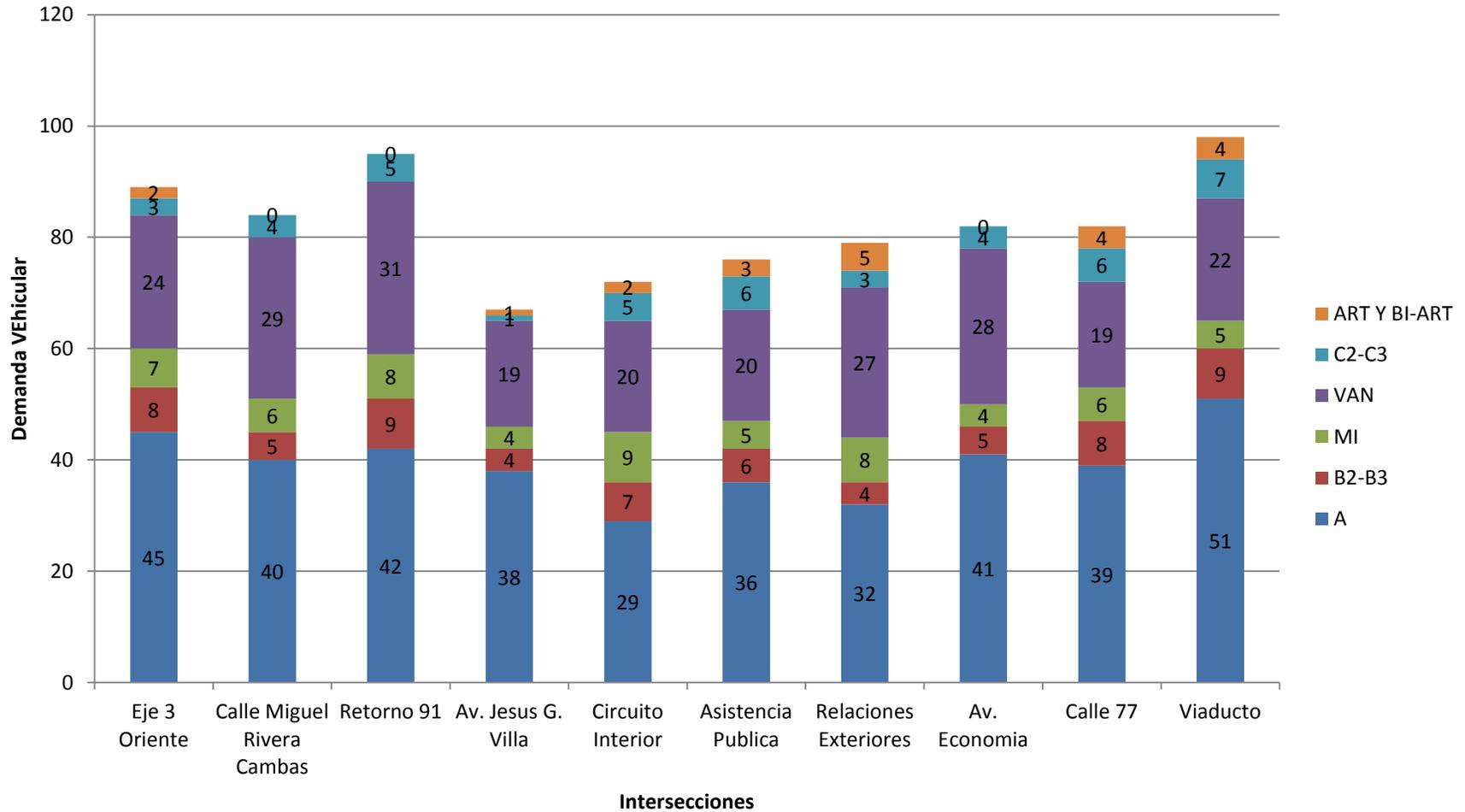
Volumenes Vehiculares de Oriente - Poniente



Gráfica 1. Volúmenes Vehiculares (Matutino Oriente-Poniente).

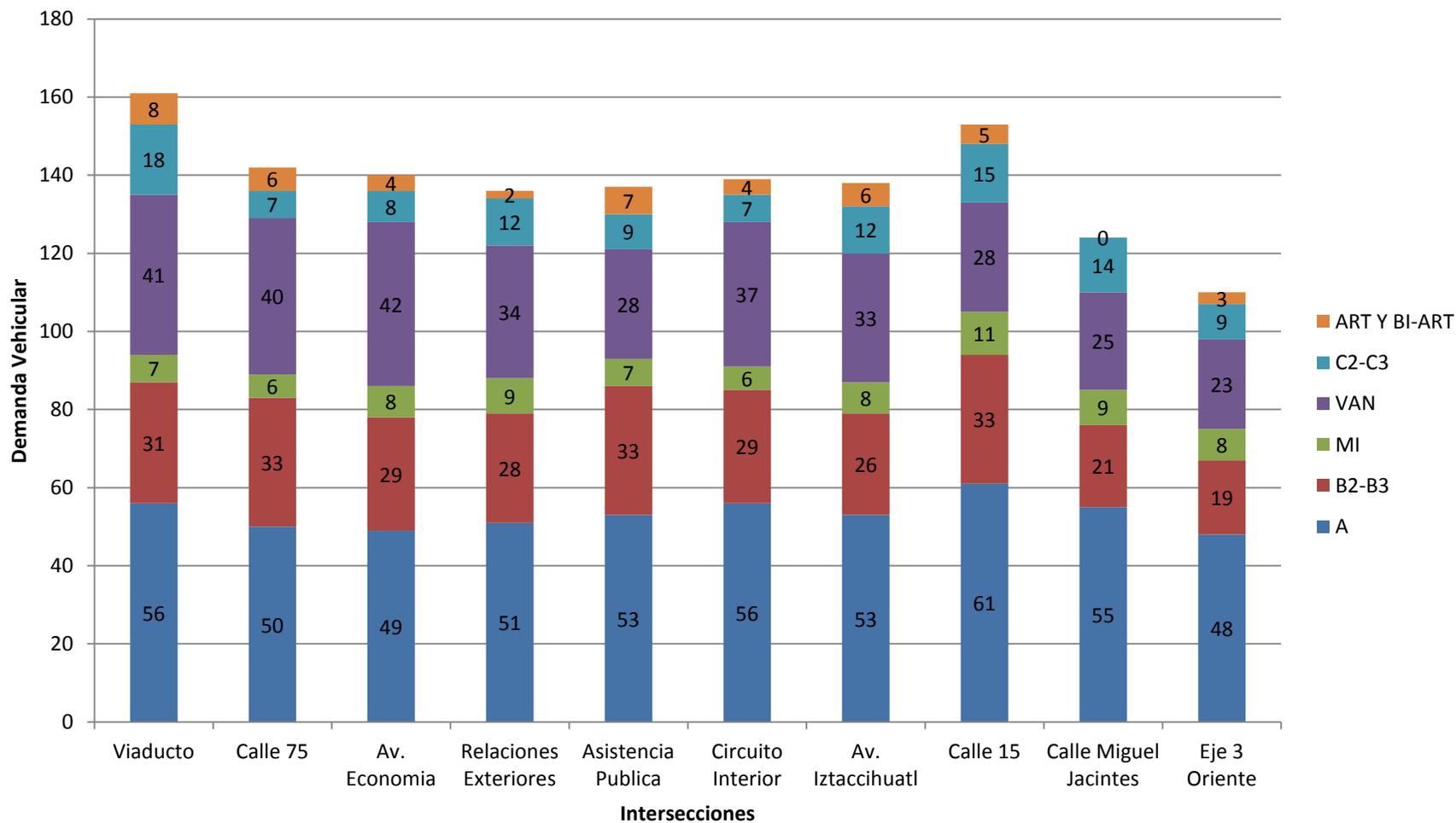
Fuente: Elaboración propia.

Volumenes Vehiculares de Poniente - Oriente



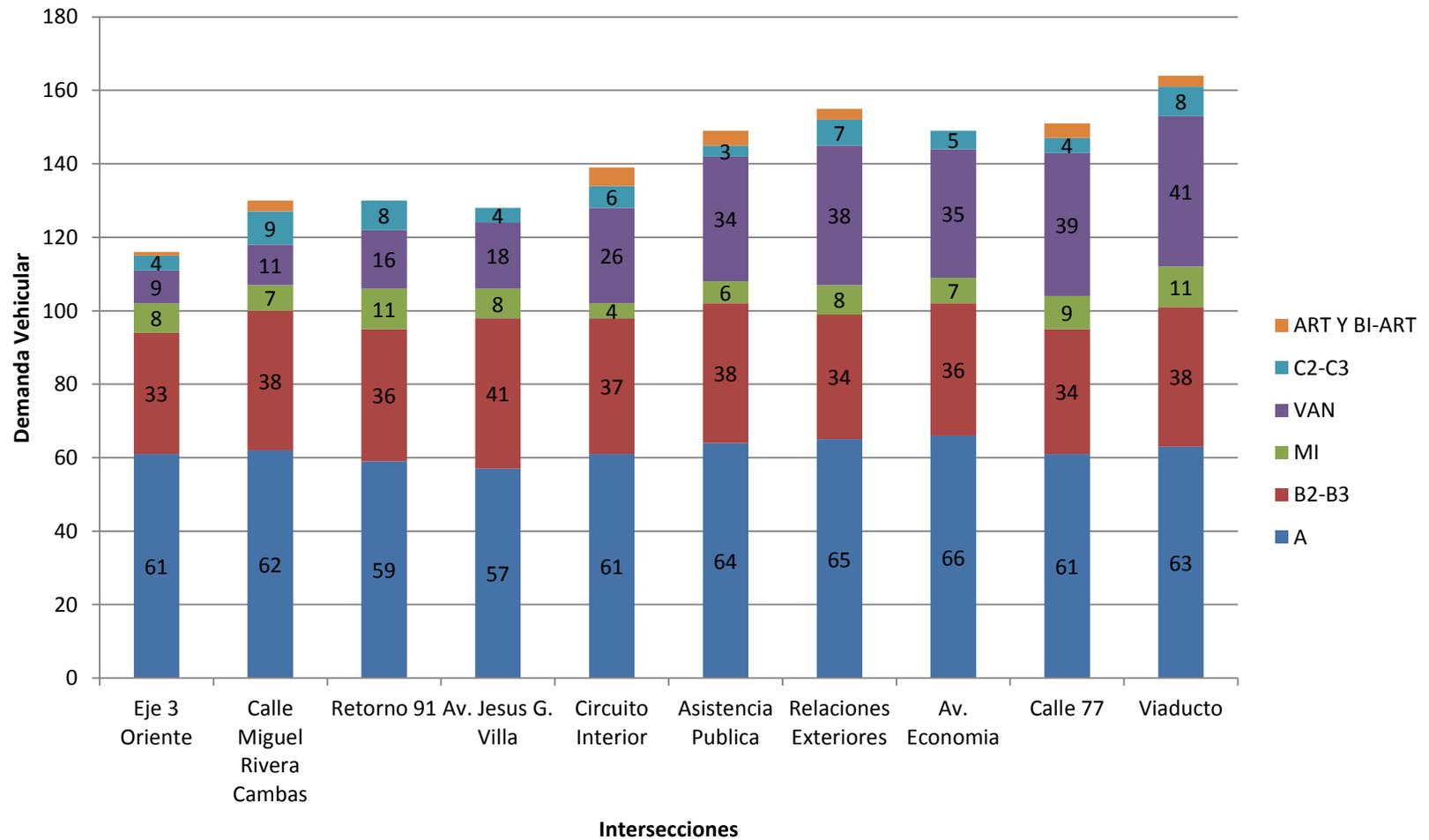
Gráfica 2. Volúmenes Vehiculares (Matutino Poniente-oriente.
Fuente: Elaboración propia.

Volumenes Vehiculares de Oriente - Poniente



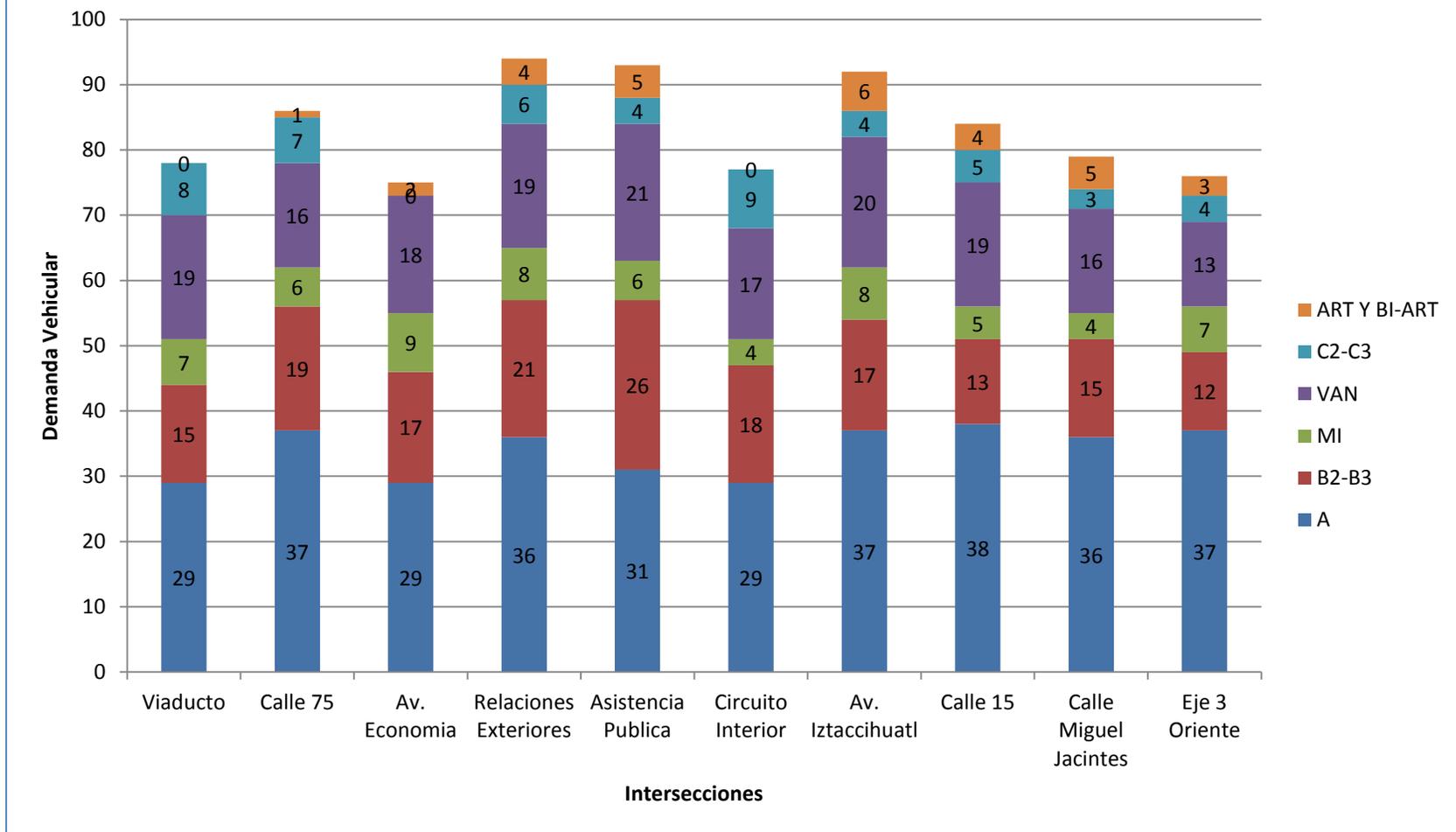
Gráfica 3. Volúmenes Vehiculares (Vespertino Oriente-Poniente).
Fuente: Elaboración propia.

Volumenes Vehiculares de Poniente - Oriente

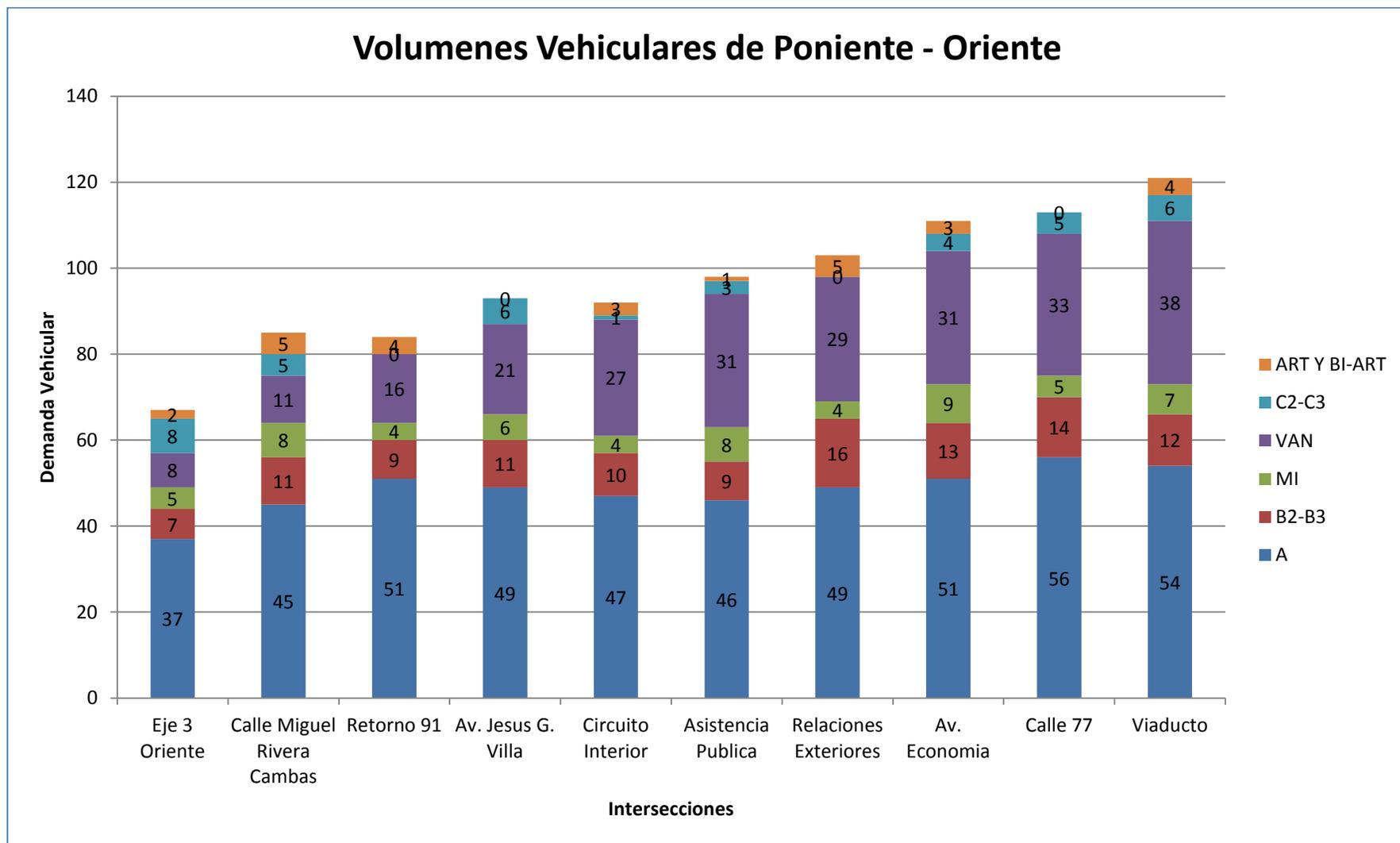


Gráfica 4. Volúmenes Vehiculares (Vespertino Poniente-oriente).
Fuente: Elaboración propia.

Volumenes Vehiculares de Oriente - Poniente



Gráfica 5. Volúmenes Vehiculares (Nocturno Oriente-Poniente).
Fuente: Elaboración propia.

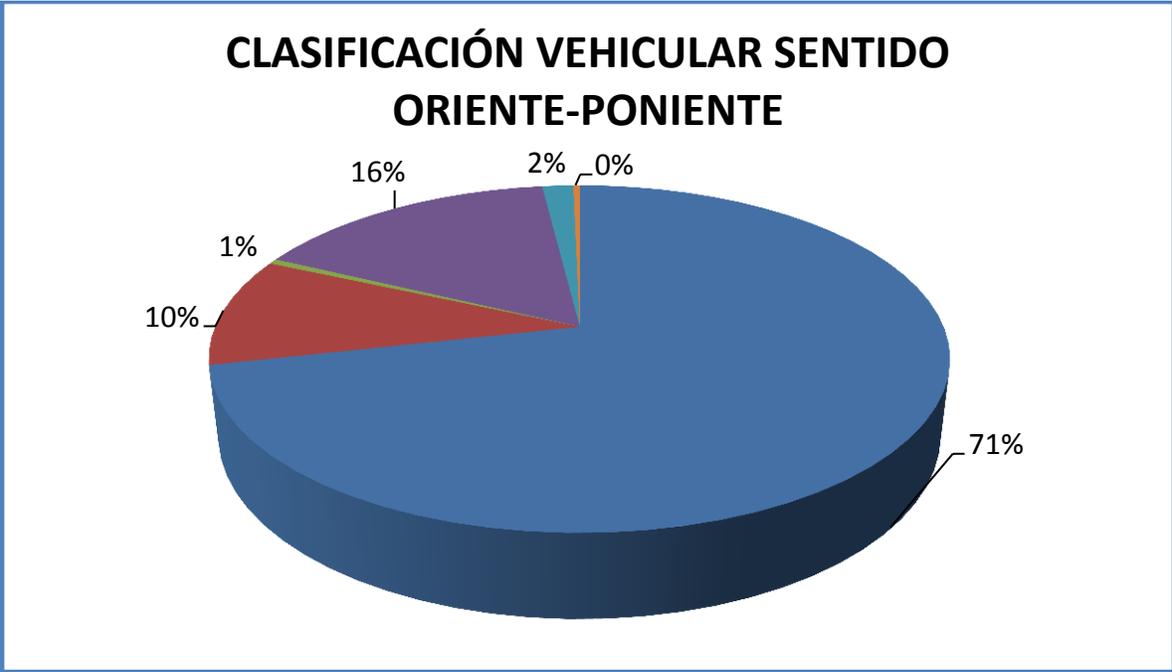


Gráfica 6. Volúmenes vehiculares (Nocturno Poniente a Oriente).
Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Clasificación vehicular.

De acuerdo a los estudios realizados del aforo vehicular que se obtuvo en el día típico representativo, se analizó el flujo variado de las clasificaciones o composiciones vehiculares dentro del horario en el cual se abordó en el primer estudio. Es por ello, que se describirá cada turno y por sentido la composición vehicular.

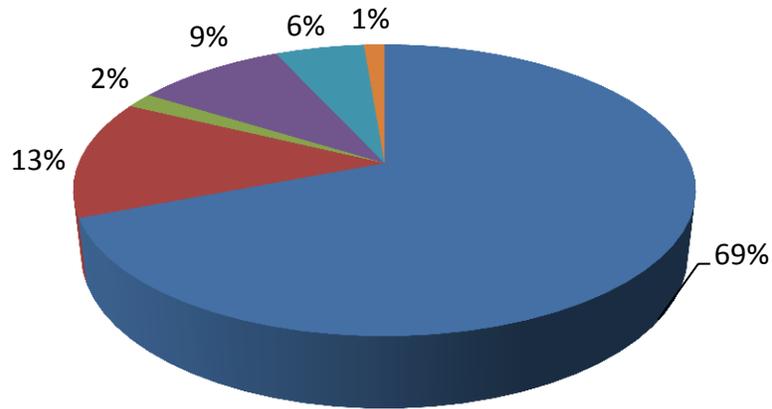
El comportamiento de flujos vehiculares es variado, de acuerdo con los aforos determinados se obtuvo una composición vehicular del turno matutino, esta grafica representa el flujo que proviene del Oriente de la ciudad, el cual el 71% represento al transporte ligero como taxis, camionetas menores de tres toneladas y vehículos particulares. El 10% representa el transporte público pero solo la clasificación de autobuses ya sea de dos o tres ejes. El 16% representa el transporte público tipo van y sprinter. El 1% representa el transporte público en su clasificación microbús. En la suma de los porcentajes de transporte de carga en sus clasificaciones C2-C3 y articulados de acuerdo a la clasificación que se elaboró propiamente da un resultado de 2%, pertenece al transporte con clasificación C2-C3 y el otro a los articulados. En la siguiente grafica se puede observar cómo se representó en sus porcentajes.



Gráfica 7. Clasificación vehicular oriente-poniente (matutino).
Fuente: Elaboración propia.

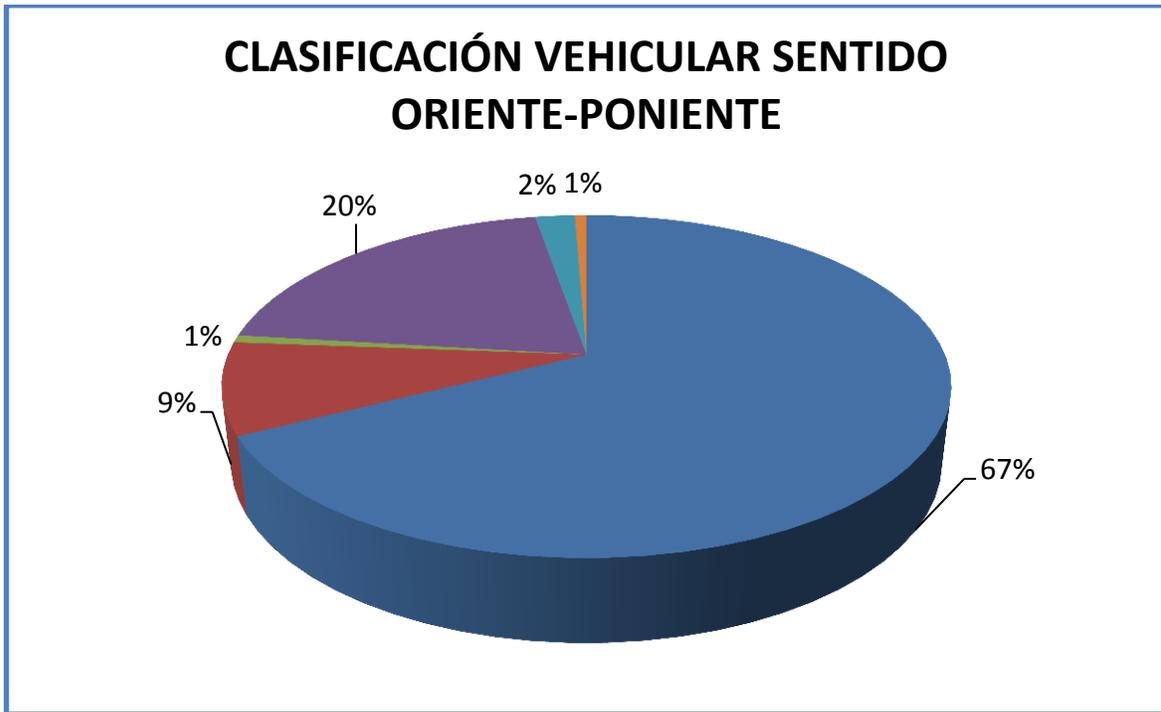
El comportamiento de flujos vehiculares es variado, esta grafica representa el flujo que proviene del Poniente de la ciudad en un horario matutino, el cual el 69% represento al transporte ligero como taxis, camionetas menores de tres toneladas y vehículos particulares. El 13% representa el transporte público pero solo la clasificación de autobuses ya sea de dos o tres ejes. El 9% representa el transporte público tipo van y sprinter. El 2% representa el transporte público en su clasificación microbús. En la suma de los porcentajes de transporte de carga en sus clasificaciones C2-C3 y articulados de acuerdo a la clasificación que se elaboró propiamente da un resultado de 6%, pertenece al transporte con clasificación C2-C3 y los articulados con el 1%. En la siguiente grafica se puede observar cómo se representó en sus porcentajes.

CLASIFICACIÓN VEHICULAR SENTIDO PONIENTE-ORIENTE



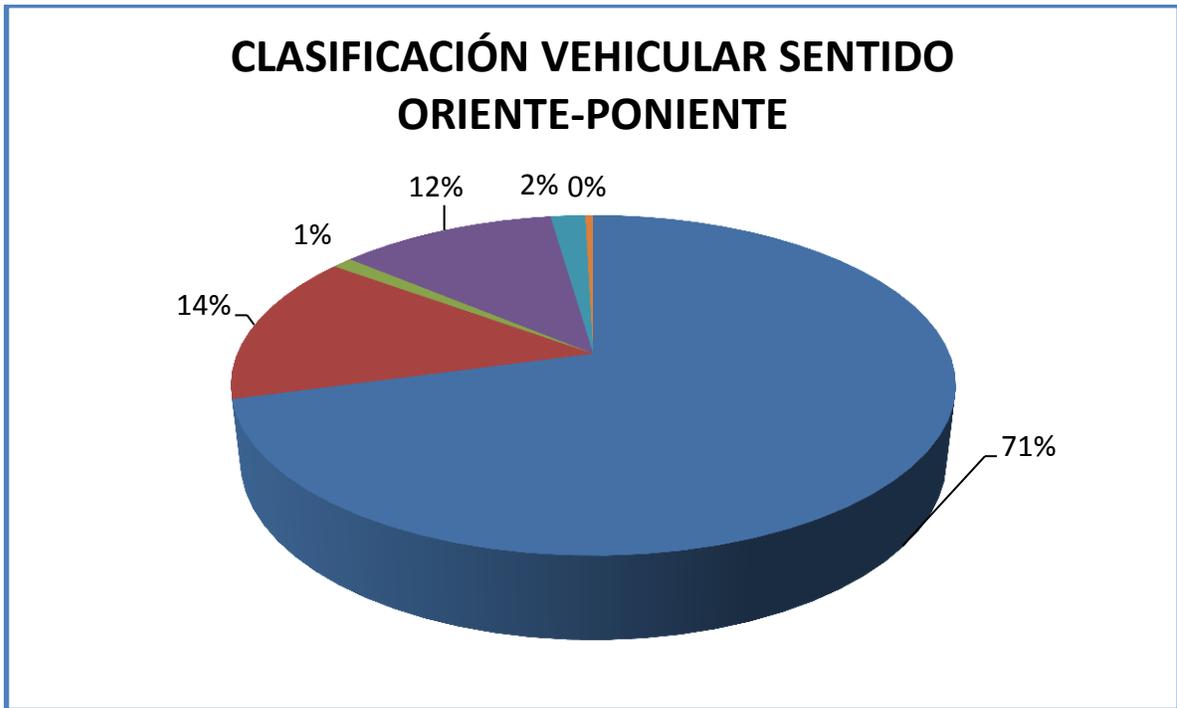
Gráfica 8. Clasificación vehicular sentido poniente-orientado (matutino).
Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de flujos vehiculares es variado, esta grafica representa el flujo que proviene del Oriente de la ciudad en un horario vespertino, el cual el 67% represento al transporte ligero como taxis, camionetas menores de tres toneladas y vehículos particulares. El 9% representa el transporte público pero solo la clasificación de autobuses ya sea de dos o tres ejes. El 20% representa el transporte público tipo van y sprinter. El 1% representa el transporte público en su clasificación microbús. En la suma de los porcentajes de transporte de carga en sus clasificaciones C2-C3 y articulados de acuerdo a la clasificación que se elaboró propiamente da un resultado de 2%, pertenece al transporte con clasificación C2-C3 y los articulados con el 1%. En la siguiente grafica se puede observar cómo se representó en sus porcentajes.



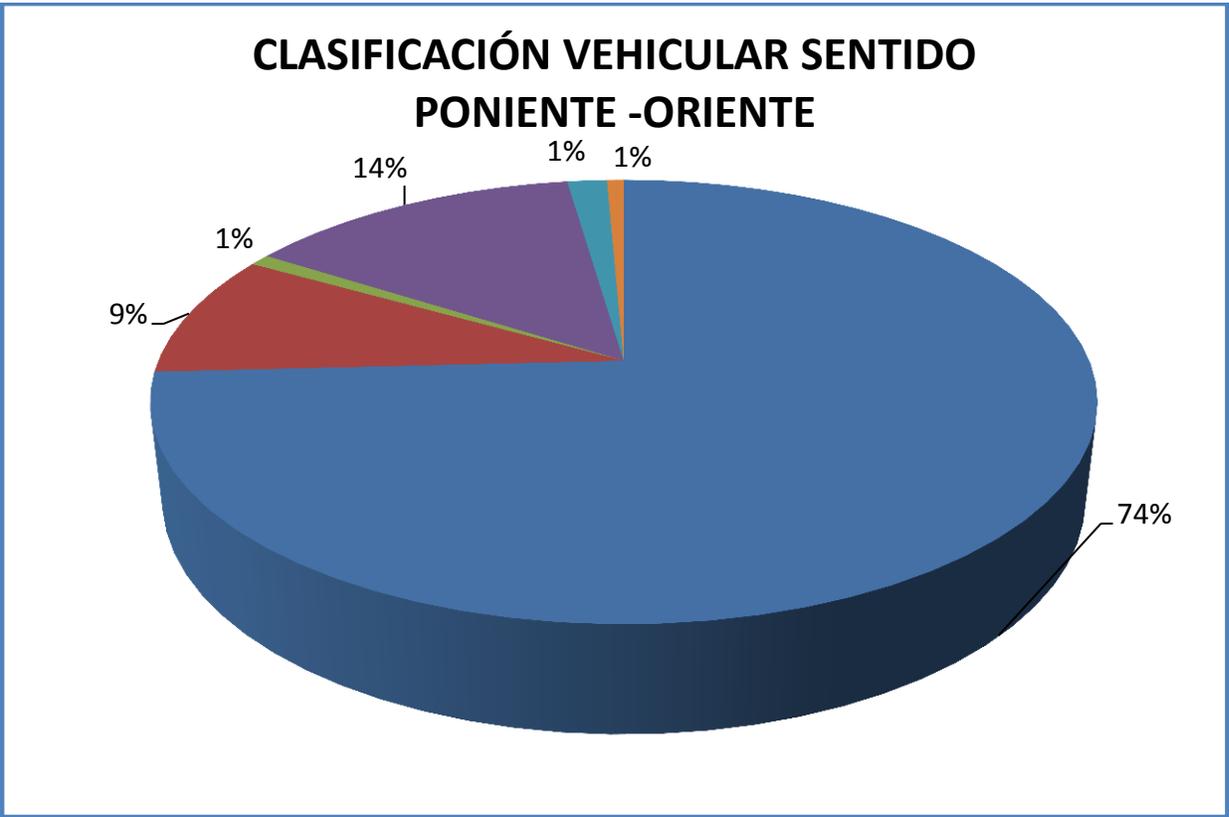
Gráfica 9. Clasificación vehicular sentido oriente poniente (vespertino).
Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de flujos vehiculares es variado, esta grafica representa el flujo que proviene del Poniente de la ciudad en un horario vespertino, el cual el 71% represento al transporte ligero como taxis, camionetas menores de tres toneladas y vehículos particulares. El 14% representa el transporte público pero solo la clasificación de autobuses ya sea de dos o tres ejes. El 12% representa el transporte público tipo van y sprinter. El 1% representa el transporte público en su clasificación microbús. En la suma de los porcentajes de transporte de carga en sus clasificaciones C2-C3 y articulados de acuerdo a la clasificación que se elaboró propiamente da un resultado de 2%, pertenece al transporte con clasificación C2-C3 y los articulados con el 0%. En la siguiente grafica se puede observar cómo se representó en sus porcentajes.



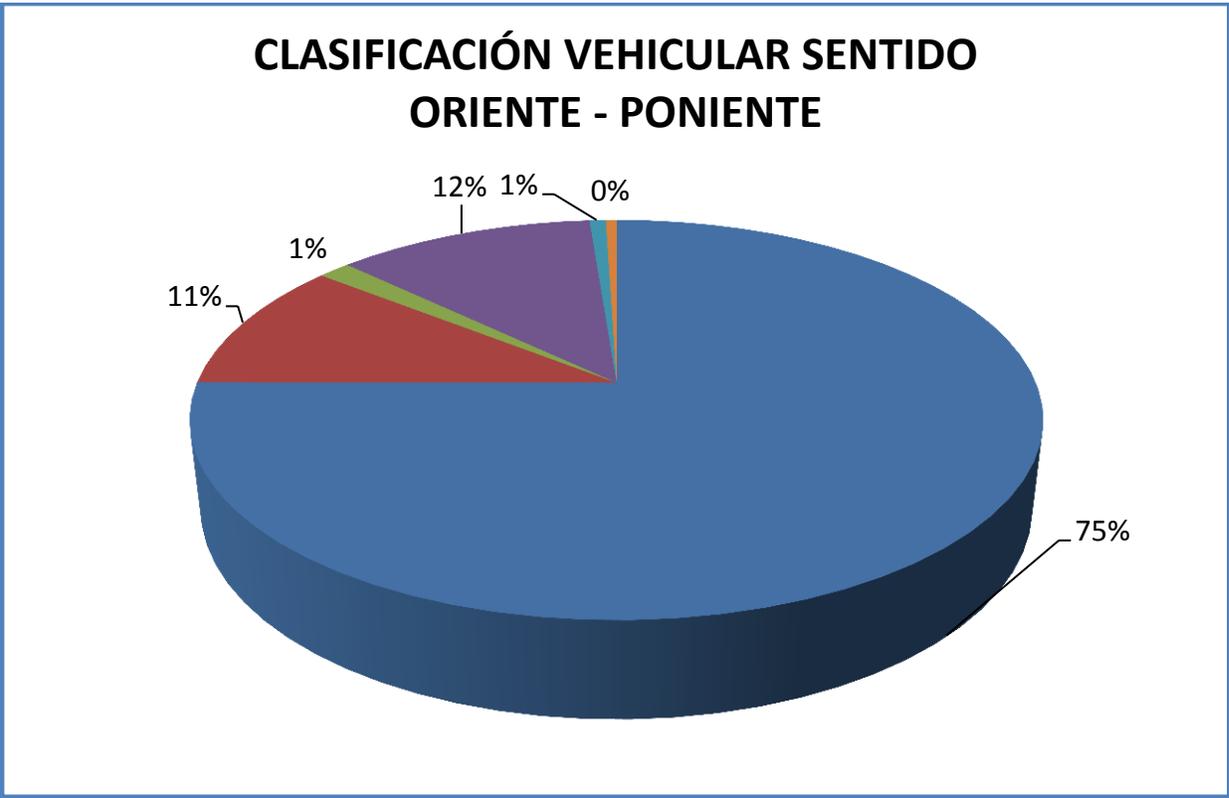
Gráfica 10. Clasificación vehicular sentido poniente oriente (vespertino).
Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de flujos vehiculares es variado, de acuerdo con los aforos determinados se obtuvo una composición vehicular del turno nocturno, el cual el 74% represento al transporte ligero como taxis, camionetas menores de tres toneladas y vehículos particulares. El 9% representa el transporte público pero solo la clasificación de autobuses ya sea de dos o tres ejes. El 14% representa el transporte público tipo van y sprinter. El 1% representa el transporte público en su clasificación microbús. En la suma de los porcentajes de transporte de carga en sus clasificaciones C2-C3 y articulados de acuerdo a la clasificación que se elaboró propiamente da un resultado de 2%, lo que quiere decir, que 1% pertenece al transporte con clasificación C2-C3 y el otro a los articulados. En la siguiente grafica se puede observar cómo se representó en sus porcentajes.



Gráfica 11. Clasificación vehicular sentido poniente – oriente (Nocturno).
Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento ahora con sentido de oriente-poniente, se obtuvo la composición vehicular del turno nocturno, el cual el 75% representó al transporte ligero como taxis, camionetas menores de tres toneladas y vehículos particulares. El 11% representa el transporte público pero solo la clasificación de autobuses ya sea de dos o tres ejes. El 12% representa el transporte público tipo van y sprinter. El 1% representa el transporte público en su clasificación microbús. En la suma de los porcentajes de transporte de carga en sus clasificaciones C2-C3 y articulados de acuerdo a la clasificación que se elaboró propiamente da un resultado de 1%, lo que quiere decir, que 0% pertenece al transporte con clasificación C2-C3 y el otro a los articulados. En la siguiente gráfica se puede observar cómo se representó en sus porcentajes.



Gráfica 12. Clasificación vehicular sentido poniente-oriente (Nocturno).
Fuente: Elaboración propia.

4.4 Estudios de tiempo de recorrido, velocidad y demoras.

Para la realización de las mediciones de velocidad, tiempos de viajes y demoras se recurrió al procedimiento conocido como la técnica del vehículo flótate. De acuerdo a la metodología de estudios de campo de Paul C. Box y J. C. Oppenlander (1985), se retomó el formato para la aplicación de este estudio. Esta técnica consiste en que el vehículo utilizado para la medición se incorpora al tránsito vehicular rebasando tantos vehículos como lo rebasan a él. Lo que se consigue con esto es que el vehículo registre un comportamiento representativo promedio de la corriente del tránsito. Los tiempos de recorrido, velocidad y demoras sirven principalmente para comparar las condiciones de fluidez en la vialidad en ciertos horarios o tiempos.

Con los estudios preliminares de mediciones en las diferentes intersecciones, y mediante el “vehículo flotante” sirvió para determinar la velocidad y el tiempo de

recorrido entre cruces. Con los estudios de velocidad se obtuvieron los horarios pico en ambos sentidos de circulación vehicular: Turno matutino: 06:00 a 10:00 horas; turno vespertino; 14:00 a 16:00 horas; turno nocturno: 18:00 a 22:00 horas.

A continuación se describen algunas gráficas las cuales detallan la fluidez de tránsito que se obtuvo en los estudios por sentido de circulación, así mismo se hace una comparativa en caso que no existieran demoras dentro de las mismas gráficas. Se presentan seis gráficas, es decir, son dos por turno lo correspondiente a ambos sentidos de circulación “oriente a poniente y viceversa”. En cada gráfica existe una línea de color verde la cual indica una perspectiva, en caso que los semáforos operaran de manera programada y coordinada con respecto al tránsito vehicular y esto se manifiesta que en seis minutos un vehículo se desplazaría del tramo Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente a la Estación del Metro Moctezuma a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso. Así mismo en cada gráfica existe otra línea de color rojo, la cual representa el flujo vehicular con las circunstancias actuales, sin embargo esta línea es representada pero sin demoras. En cada gráfica se hará una breve descripción.

En las siguientes gráficas, se muestran esquemáticamente la **radiografía operacional de la vialidad**, cuyos resultados manifiestan las causas en demoras (línea vertical perpendicular al eje de “X”, titulado distancia de recorrido) del congestionamiento vial en diferentes horarios del día.

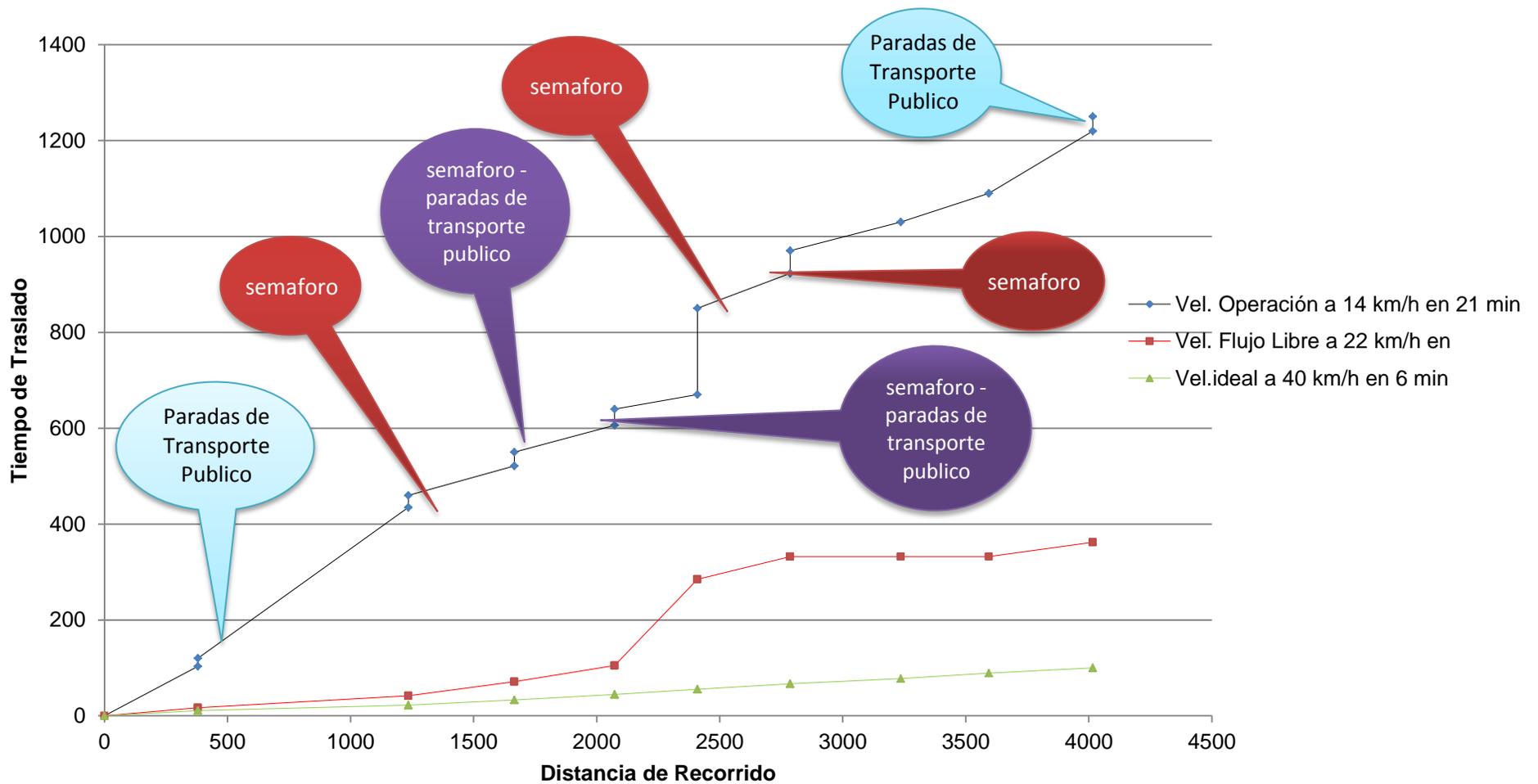
La mayor representativa de las causas que propicia el problema vial en el tramo en estudio, son los “**Semáforos**”, en el Capítulo V se profundiza más este tema.

4.5 Secciones transversales.

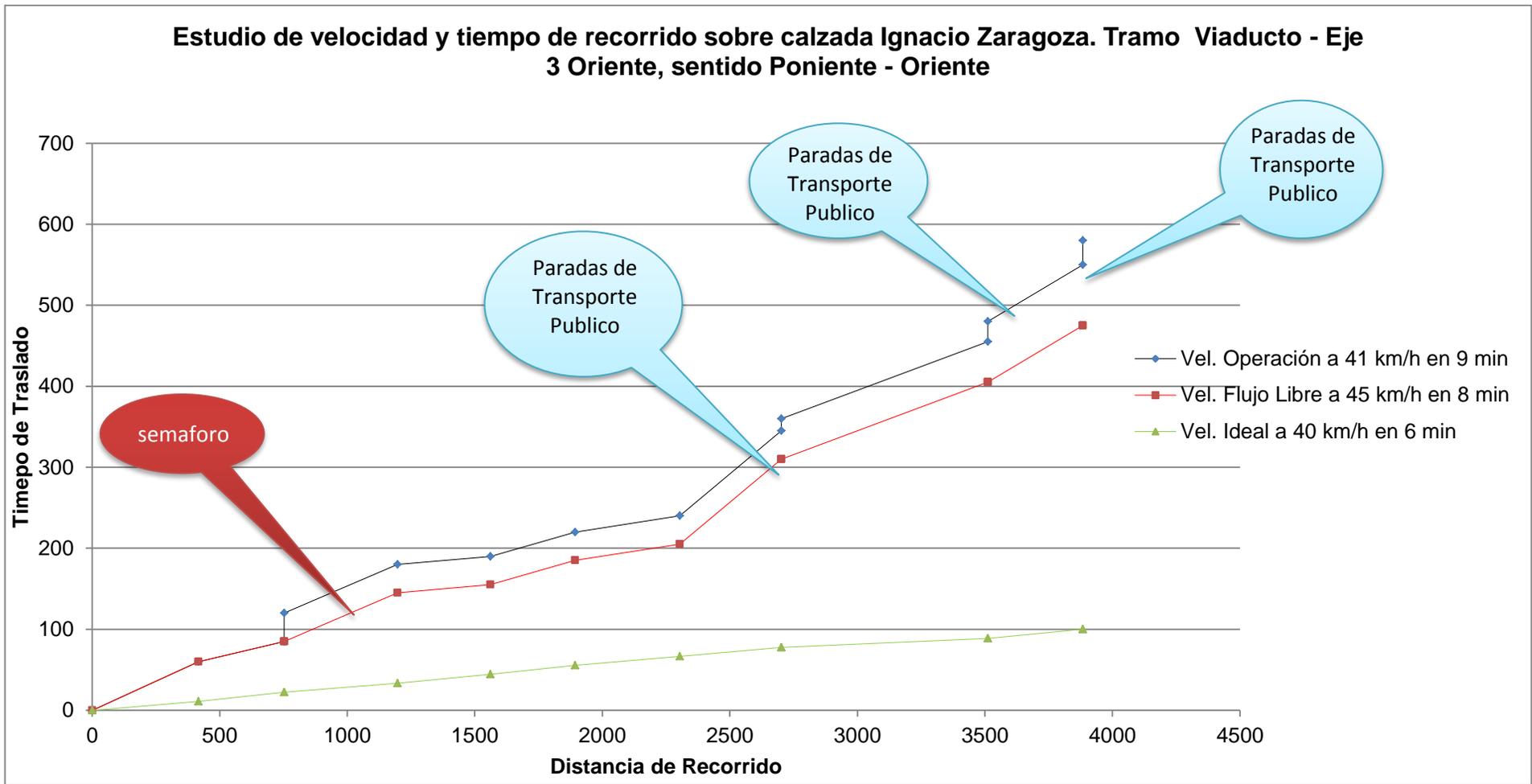
Para obtener las características físicas de las secciones transversales de los cruces, sólo se ejecutó sobre la vialidad principal en el tramo de estudio, esto se llevó a través de un levantamiento de mediciones geométricas, obteniéndose el tipo y estado de las condiciones del pavimento, número y uso de carriles y por cuerpo, medidas por carril y arroyo vial, y sentido de circulación.

En las siguientes imágenes se presentan los modelos esquemáticos de las secciones transversales, con los parámetros señalados con anterioridad.

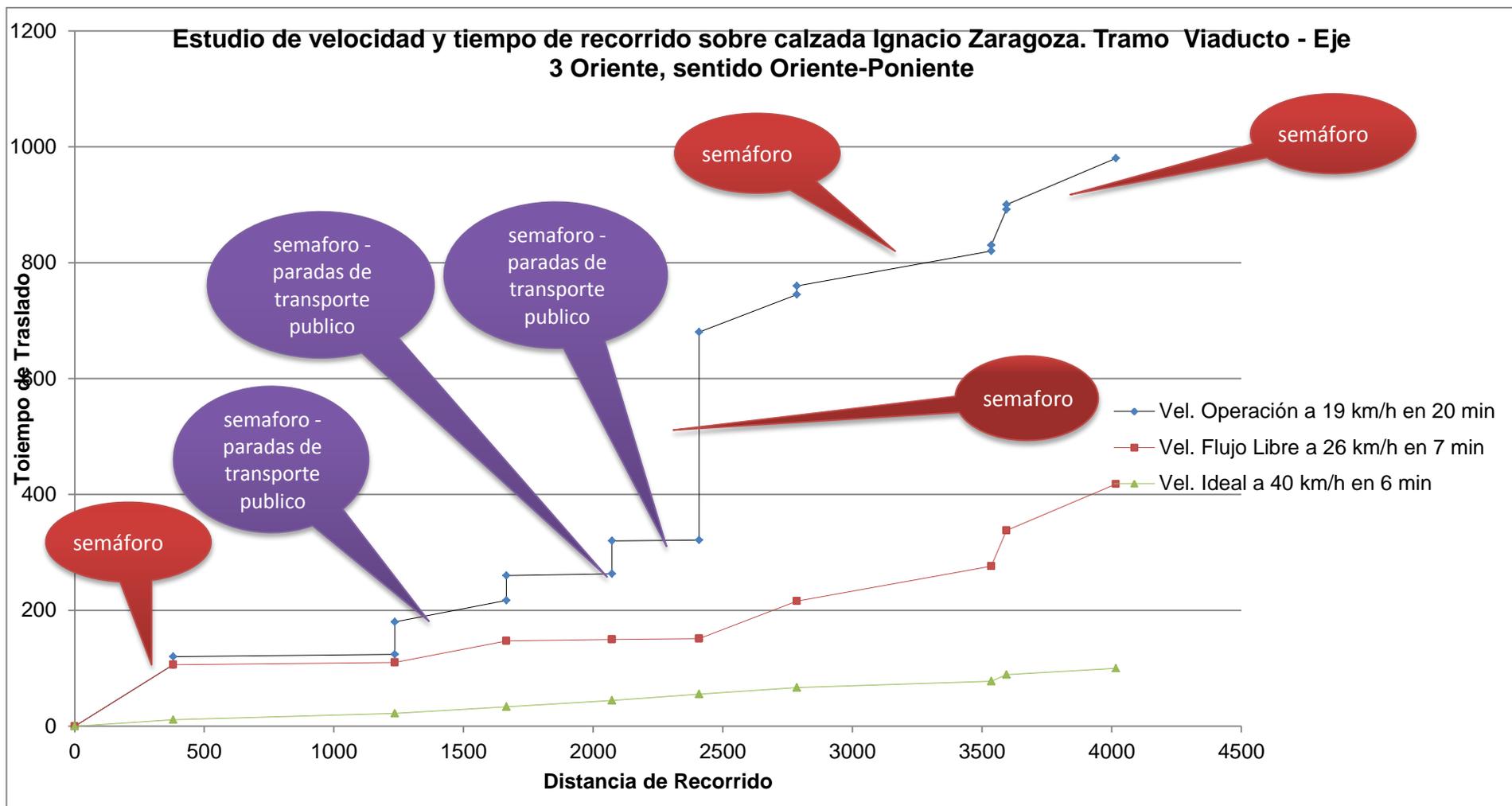
Estudio de velocidad y tiempo de recorrido sobre calzada Ignacio Zaragoza. Tramo Viaducto - Eje 3 Oriente, sentido Oriente - Poniente



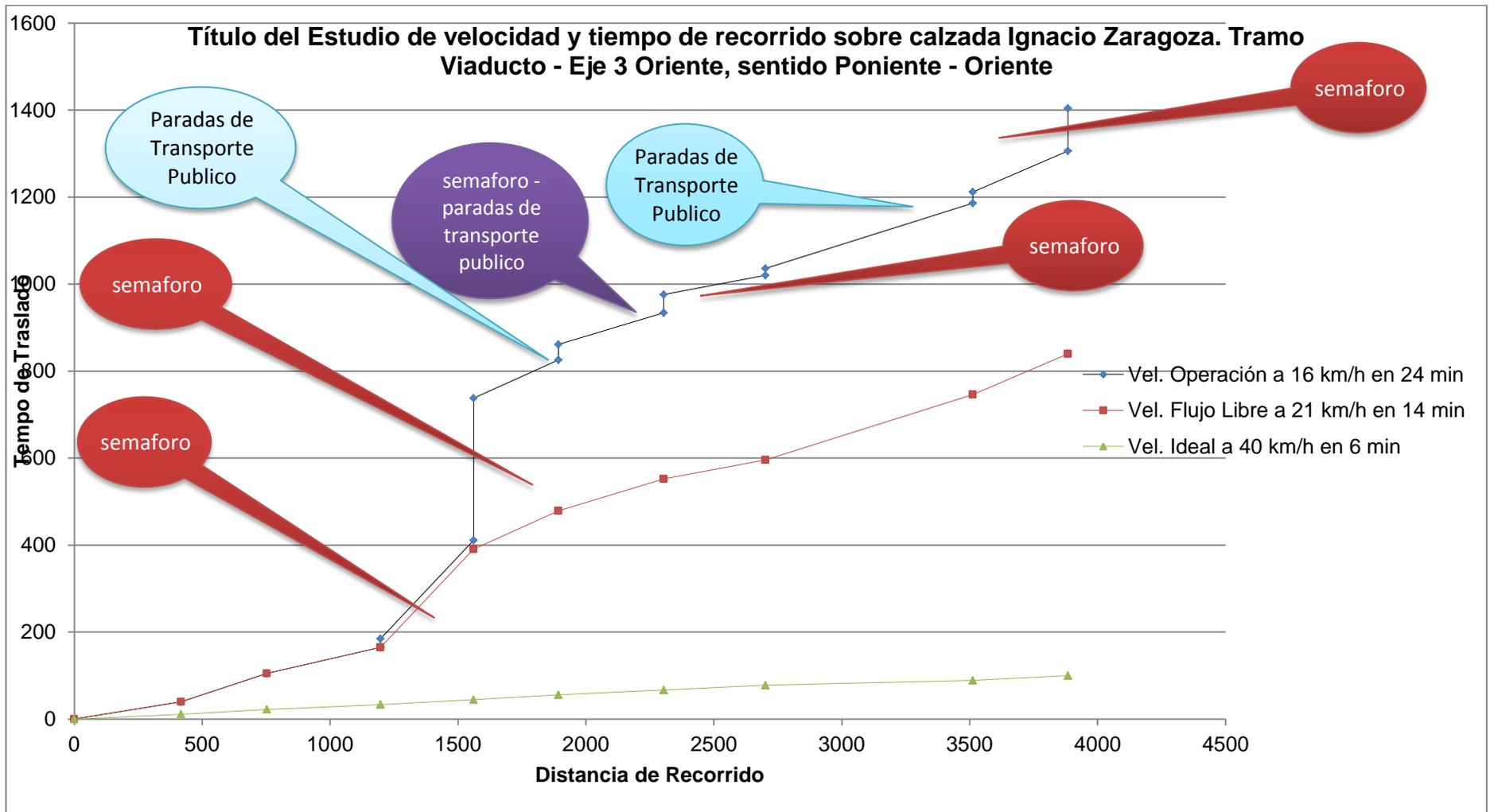
Gráfica 13. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Oriente-Poniente (matutino).
Fuente: Elaboración propia.



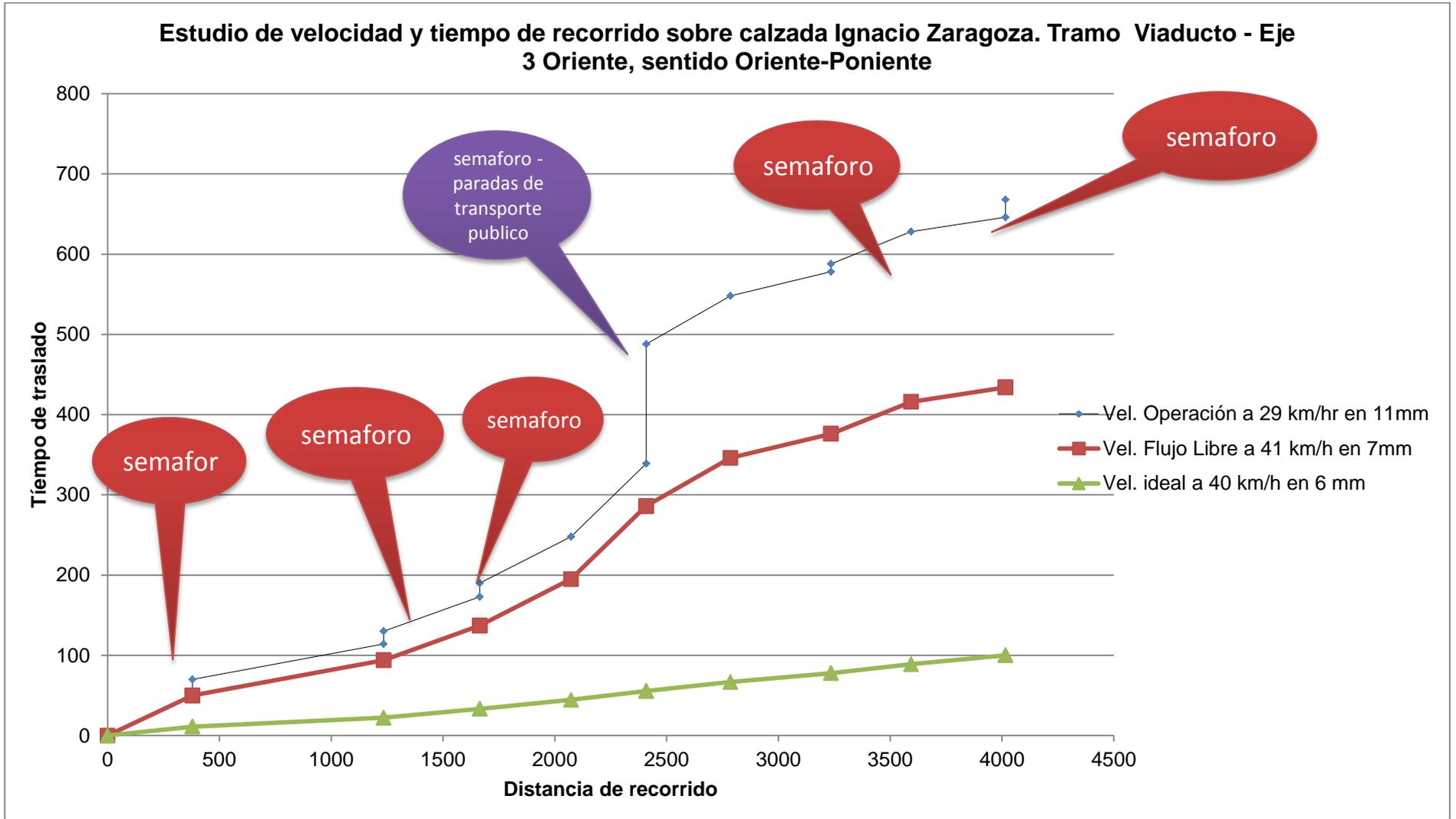
Gráfica 14. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Poniente-Oriente (Matutino).
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 15. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Oriente-Poniente (vespertino).
Fuente: Elaboración propia.

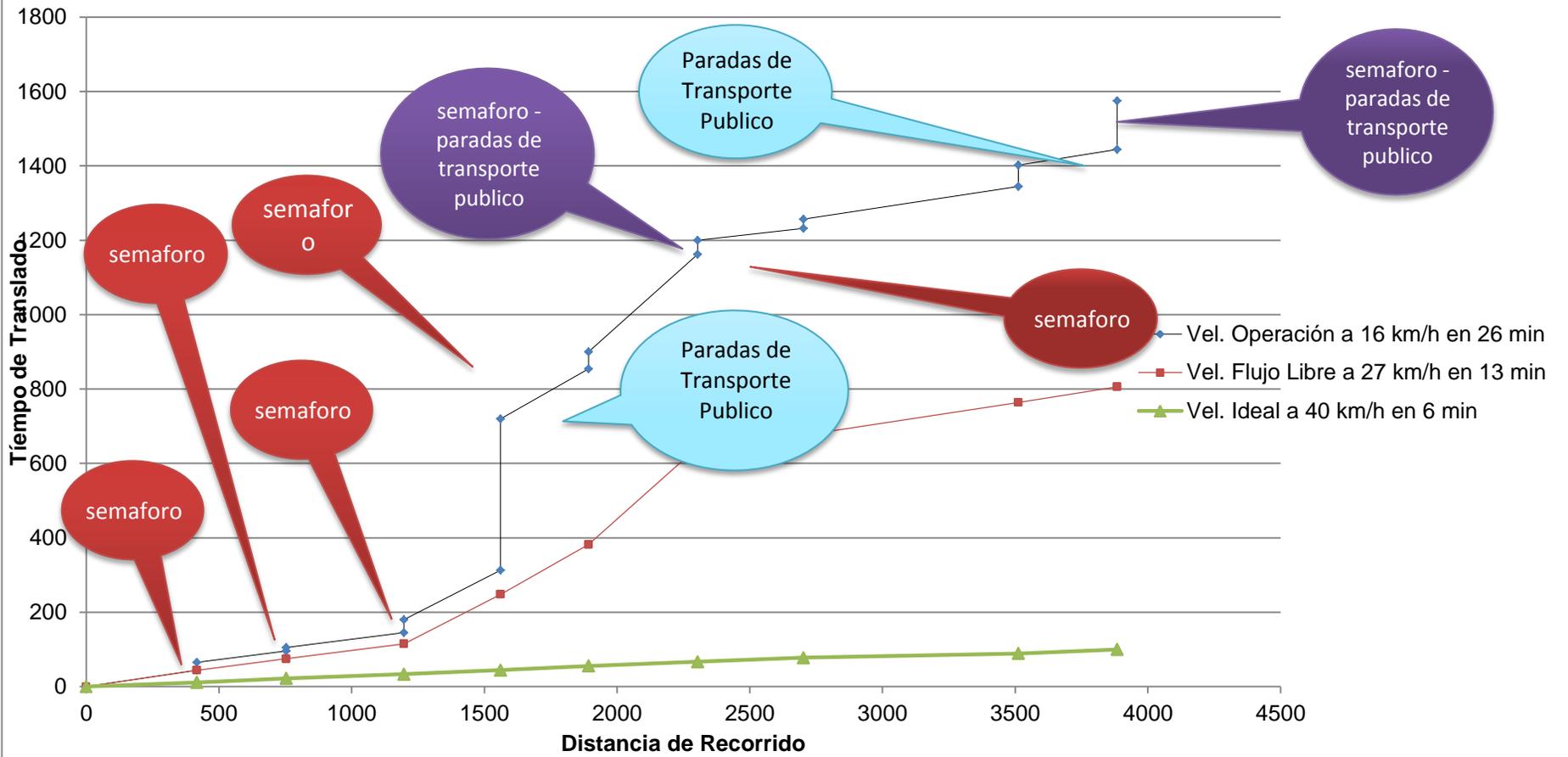


Gráfica 16. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Poniente-Oriente (vespertino).
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 17. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Oriente-Poniente (Nocturno).
Fuente: Elaboración propia.

Estudio de velocidad y tiempo de recorrido sobre calzada Ignacio Zaragoza. Tramo Viaducto - Eje 3 Oriente, sentido Poniente - Oriente



Gráfica 18. Diagrama de tiempos de recorrido, velocidad y demoras en el sentido Poniente-Oriente (Nocturno).
Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 31 Sección transversal del cuerpo Norte de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en el sentido de Oriente –Poniente en su cruce con Viaducto Río de la Piedad.
 Fuente: Elaboración propia mediante el programa streetmix.

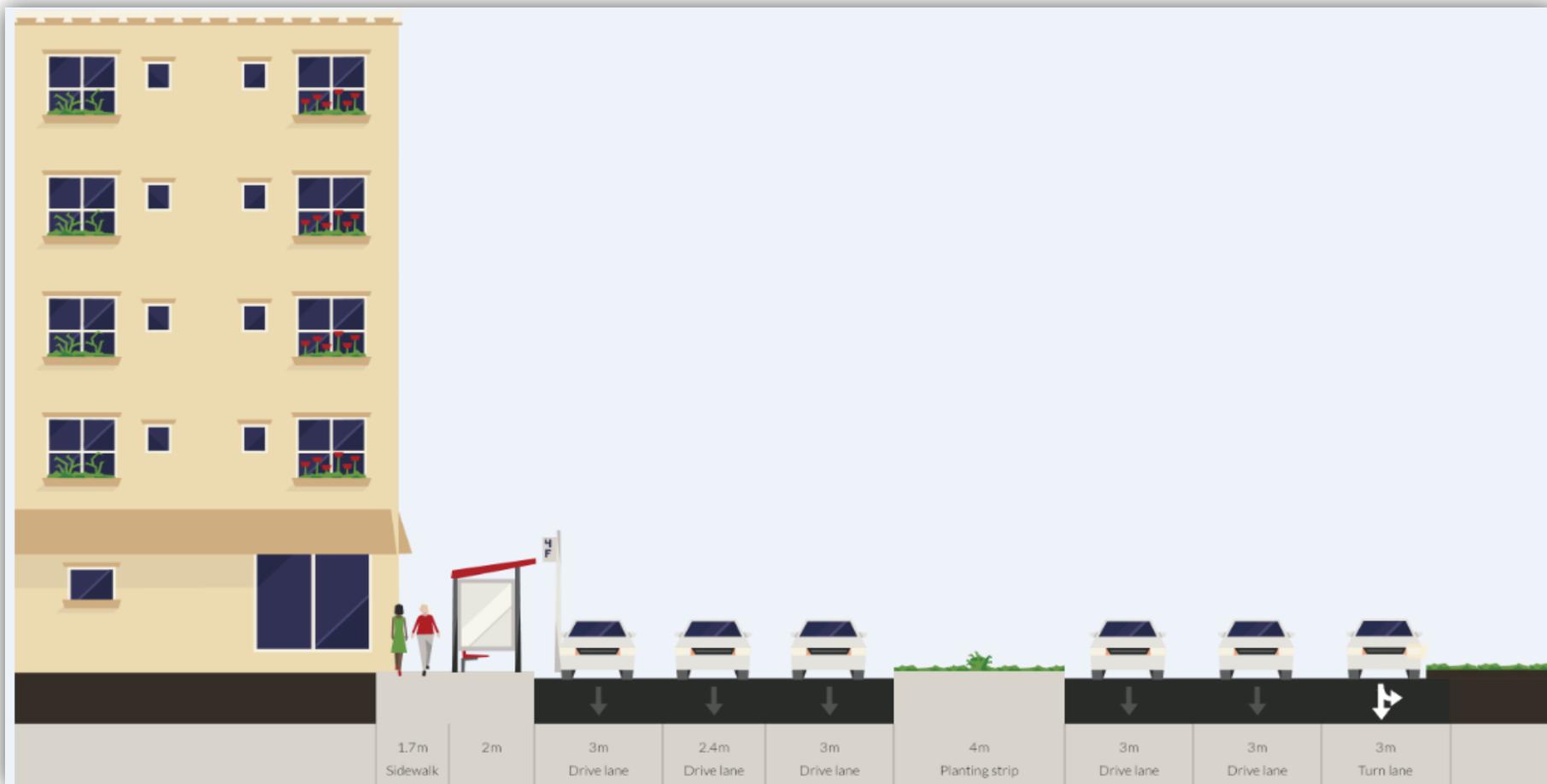


Ilustración 32 Sección transversal del cuerpo Sur de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en su sentido de Poniente-Oriente en su cruce con Viaducto Rio de la Piedad.
 Fuente: Elaboración propia mediante el programa streetmix.

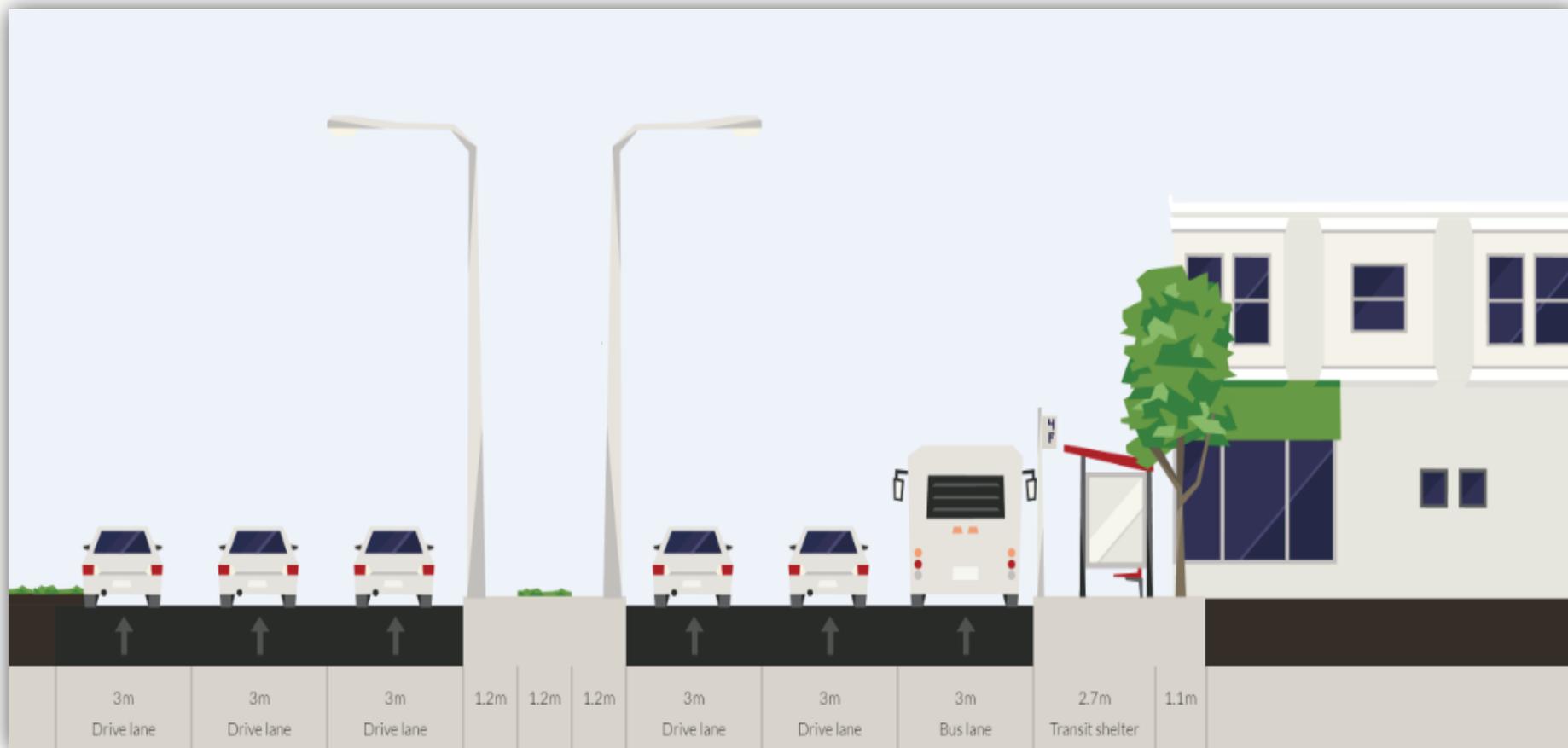


Ilustración 33 Sección transversal del cuerpo Norte de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en su sentido de Oriente-Poniente en su cruce con la calle sin nombre frente altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso.
 Fuente: Elaboración propia mediante el programa streetmix.

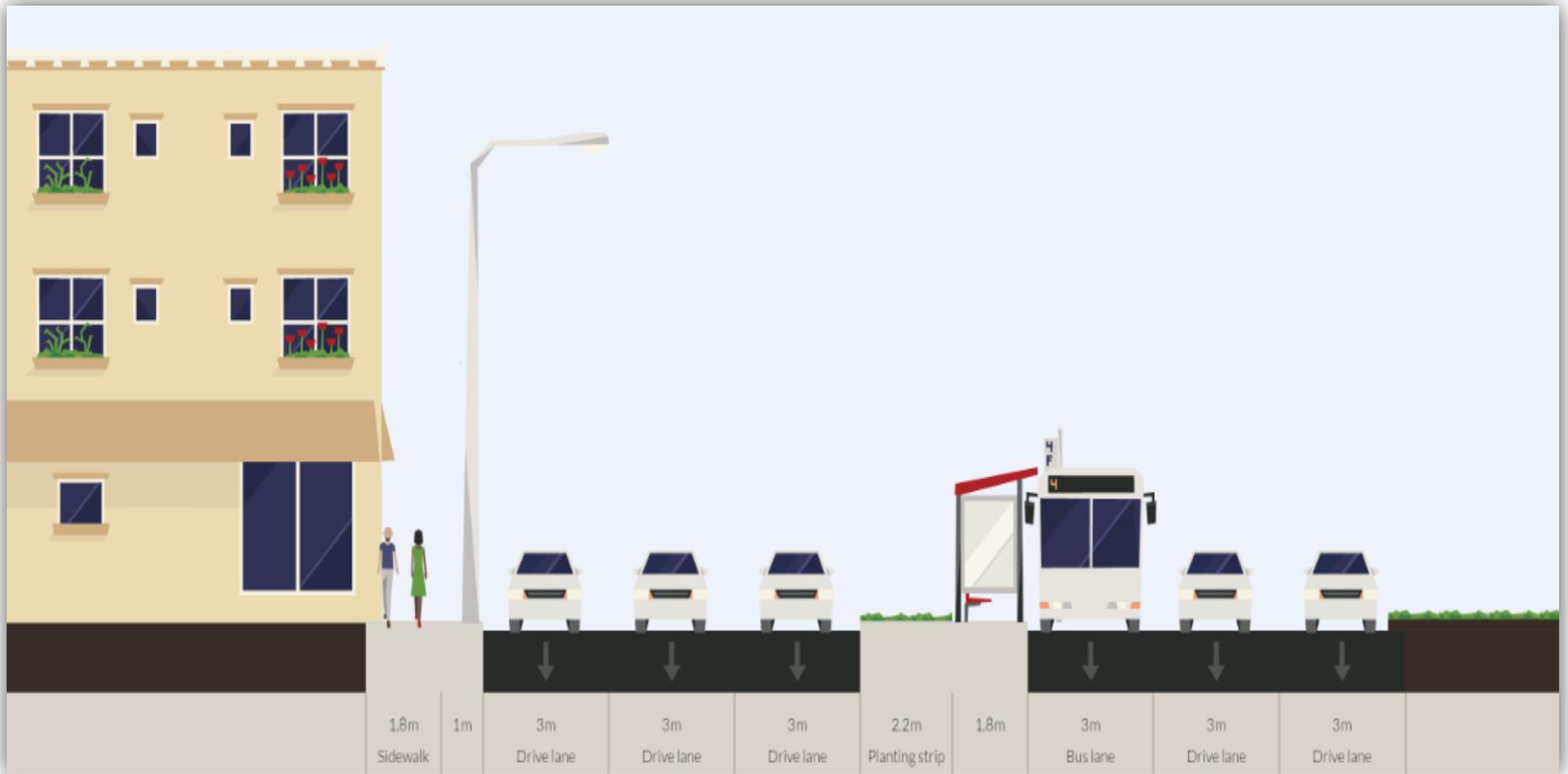


Ilustración 34 Sección transversal del cuerpo Sur de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza en su sentido de Poniente-Oriente en su cruce con la calle sin nombre frente altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso (metro Mocht) Fuente: Elaboración propia mediante el programa streetmix.

CAPITULO V. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.

5.1 Análisis de la infraestructura vial.

Las características físicas del tramo Viaducto Rio de la Piedad a la altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, son similares con sección transversal de 80 mts, dicho tramo cuenta con cuatro arroyos de circulación vehicular con sentido de Oriente a Poniente y viceversa; los arroyos vehiculares laterales (en los cuerpos Norte y Sur) cuentan ambos con marcas en el pavimento como parte del señalamiento o señalización horizontal, identificándose dos carriles de circulación divididos con rayas o líneas blancas continuas y discontinuas cuya función es la separación misma de los carriles de circulación, y un carril exclusivo para estacionarse; se encuentran separados de los carriles centrales de los laterales mediante un camellón de 6.00 metros de ancho, y cuenta con marcas en el pavimento mediante pintura de tres carriles de circulación divididos con líneas de color blanca en forma discontinua, así mismo también cuenta físicamente con un camellón de sección de 40.00 mts. de ancho, con banquetas en ambos lados de 3.00 a 6.00 mts. de ancho; presentando en ambos cuerpos de circulación Norte y Sur un pavimento de asfalto en buen estado; el alineamiento vertical se encuentra en terreno plano, y su alineamiento horizontal es de forma recta.

5.2 Análisis operacional de la semaforización.

La finalidad de este apartado en apego al objetivo general de este documento es el diagnóstico del funcionamiento y operación de la fluidez y seguridad vial sobre la Calzada General Ignacio Zaragoza, donde los semáforos como parte del Control De Tránsito tienen un papel principal dentro de la movilidad y seguridad vial, pues para el caso en estudio representa el eje principal de los desplazamiento vehiculares.

El análisis de los semáforos inició en la misma recolección de datos de campo, desde los recorridos preliminares como en cada cruce y tramo de vialidad correspondiente, en los lugares que se recorrían se identificaron la cantidad y ubicación de los equipos, postes y las cabezas de semáforo, así como la obtención

del reparto de los intervalos tiempos respecto a la secuencia de fases de cada cruce, y de tiempos de desfase entre cruces por sentido de circulación.

Algunos resultados obtenidos de campo se han presentado en el anterior capítulo.

Respecto a la identificación de los intervalos de tiempos de los semáforos, estos funcionan con un intervalo de tiempos de verde entre 70 y 80 segundos equivalente a 1:20 minutos aproximadamente sobre la vía principal; ejemplo en la intersección de la Calzada General Ignacio Zaragoza con Asistencia Pública, en la vía principal tiene una duración de 1:20 minutos, incluyendo los tres segundos del ámbar, y sobre el acceso de Asistencia Pública se tiene 33 segundos, incluyendo los tres segundos del ámbar; como se ha mencionado con anterioridad existen dos intersecciones semaforizadas dentro del tramo en estudio que en su funcionamiento de intervalos de tiempo son manipulados por agentes de tránsito. En la ilustración 36 se presenta la localización de cuatro intersecciones semaforizadas en el tramo de estudio con mobiliario de cabezas peatonales.

Se desarrolló un matriz en la tabla 8 de las diez intersecciones en el tramo en estudio, la cual se representa en intervalos de tiempos de verde, ámbar, rojo en unidades de segundos.

En la misma tabla se hace mención de las dos intersecciones que son manipuladas por agentes de tránsito, lo que lleva a generar congestionamientos vehiculares, entre otros factores relacionados a ello. La primera es Viaducto Rio de la Piedad, esta intersección tiende a tener un verde en la Calz. Zaragoza de hasta 2.00 minutos, pero también ha tenido hasta 1:50 minutos de rojo, durante los estudios de inventario que se realizó se observó en repetitivas ocasiones que no tienen una congruencia en tiempos en esta intersección.

En la segunda intersección es Circuito Interior, la cual en varias muestras de tiempos tampoco son muy lógicos, de acuerdo al flujo vehicular que se presenta en horarios pico, por otra parte, se investigó por qué en esta intersección es manipulada y en una entrevista con agentes de tránsito y seguridad pública, hace mención que son por órdenes de mando superiores.



Ilustración 35 Localización de las intersecciones semaforizadas con mobiliario de cabezas peatonales.

Fuente: Elaboración propia utilizando el google maps.

En cuatro intersecciones existen semáforos peatonales, donde dos de estas intersecciones también se ven afectados los ciclos semaforicos, ya que estos son manipulados también por los agentes de tránsito en la calle 15 o retorno 91, en su funcionamiento estos cruces semaforizadas en ocasiones se encuentran apagados, identificándose también que en los intervalos de verde o rojo se obtuvieron entre 15 y 35 segundos sobre la vía principal, afectando directamente a los intervalos de tiempo peatonales para su cruce hacia la Calzada Zaragoza.

Intersección	Semáforos Vehiculares			
	T. Rojo (s)	Rojo (s)	Ámbar (s)	Verde (s)
Viaducto				
Calzada Ignacio Zaragoza Calle 75 y 77	Manipulado	Manipulado	3	Manipulado
Calzada Ignacio Zaragoza Av. Economía		85	3	40
Calzada Ignacio Zaragoza Relaciones Exteriores		40	3	85
Calzada Ignacio Zaragoza Asistencia Publica		80	3	30
Calzada Ignacio Zaragoza Circuito Interior		30	3	80
Calzada Ignacio Zaragoza Av. Jesús. G Villa y Av. Iztlaccihuatl	Manipulado	Manipulado	3	Manipulado
Calzada Ignacio Zaragoza Calles 15 y Retorno 91		75	3	30
Calzada Ignacio Zaragoza Calle Miguel Jacintes y Calle Miguel Rivera Cambas		30	3	75
Calzada Ignacio Zaragoza Eje 3 Ote Francisco del Paso y Troncoso		75	3	25
Calzada Ignacio Zaragoza		25	3	75
		75	3	37
		35	3	75
		80	3	33
		33	3	80



Tabla 8 Matriz de tiempos de semáforos vehiculares.
Fuente: Elaboración propia.

Intersección	Semáforos Peatonales	
	Verde (s)	Rojo (s)
Viaducto		
Calzada Ignacio Zaragoza	Manipulado	Manipulado
Calle 75 y 77		
Calzada Ignacio Zaragoza		
Av. Economía	30	20
Calzada Ignacio Zaragoza	30	20
Relaciones Exteriores		
Calzada Ignacio Zaragoza		
Asistencia Publica		
Calzada Ignacio Zaragoza		
Circuito Interior		
Calzada Ignacio Zaragoza	Manipulado	Manipulado
Av. Jesús. G Villa y Av. Iztlaccihuatl		
Calzada Ignacio Zaragoza		
Calles 15 y Retorno 91	30	20
Calzada Ignacio Zaragoza	30	20
Calle Miguel Jacintes y Calle Miguel Rivera Cambas		
Calzada Ignacio Zaragoza		
Eje 3 Ote Francisco del Paso y Troncoso		
Calzada Ignacio Zaragoza		

Tabla 9 Matriz de semáforos peatonales.
Fuente: Elaboración propia.

A lo largo del proceso de obtención de datos como del mismo análisis, se observó las diferentes variantes que generan el congestionamiento vial, identificándose que dichas causas son propiciadas principalmente por el transporte público y el funcionamiento y/o operación de los semáforos, ya que con el estudio de velocidad de recorrido se consolidó el diagnóstico de la problemática vial en el tramo de estudio, donde las evidencias dan como resultado a los “**semáforos**”.

Estos dispositivos para Control de Tránsito son las principales causantes del congestionamiento vial que existen a lo largo del día, en el tramo Viaducto Rio de la Piedad a la intersección sin nombre frente altura del distribuidor vial Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, incluyendo la manipulación de los semáforos en dos intersecciones por agentes de tránsito: “Viaducto Rio de la Piedad y Circuito Interior”.

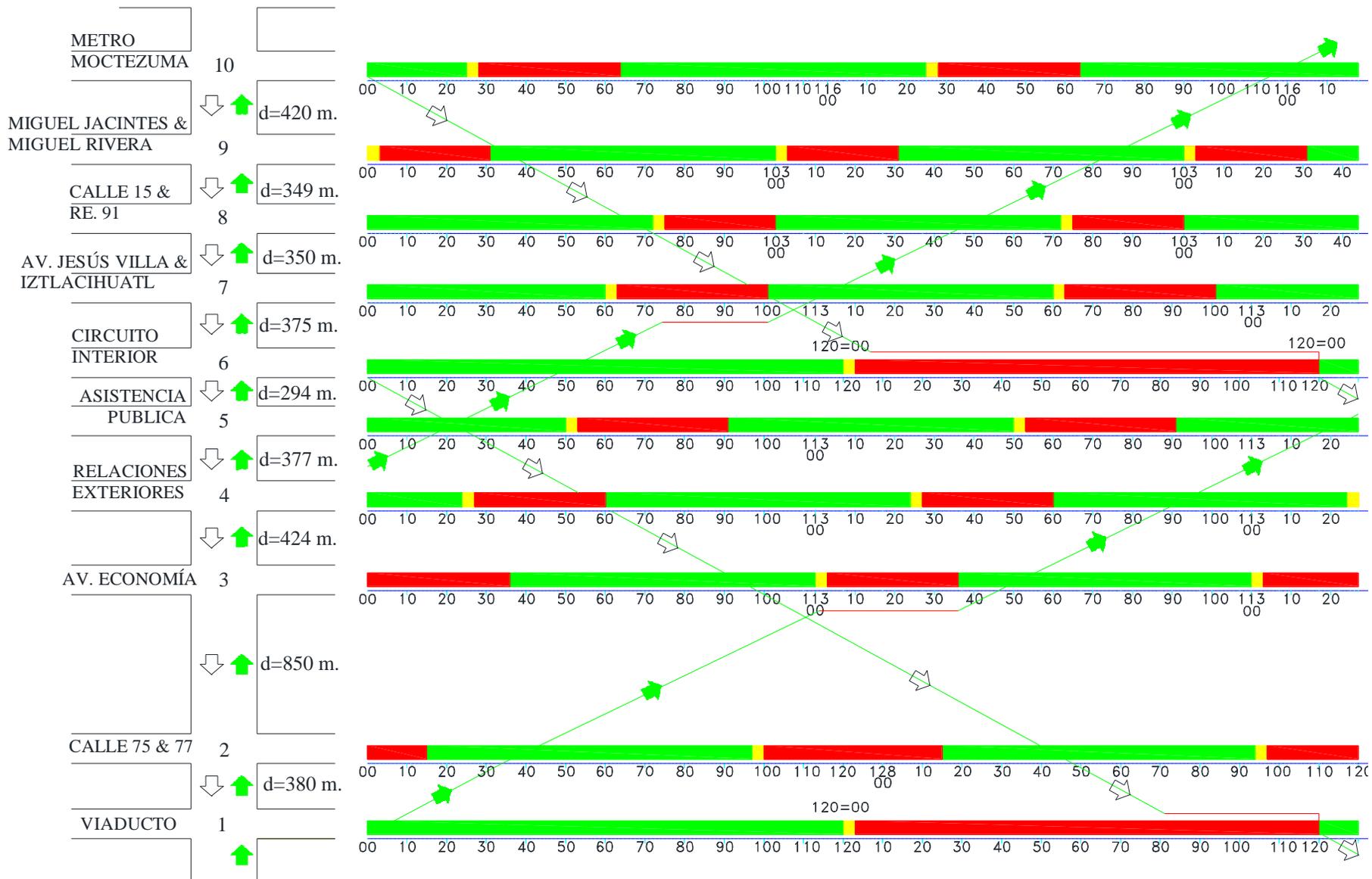
La manipulación de los semáforos de la primera intersección no solo afecta a la Calzada General Ignacio Zaragoza, sino también a la calle con la que intersecciona, generando colas y filas de vehículos, incluyendo al transporte público de esa zona.

Con respecto a la manipulación de los semáforos de la intersección de Circuito Interior, no solo se ve afectada esa intersección sino hasta dos anteriores, es decir, al ser manipulada los semáforos, los agentes de tránsito dejan un promedio de luz verde de hasta 4 minutos, en el sentido de circulación Norte – Sur (Circuito Interior), generan 4 minutos de luz roja a la Calzada General Ignacio Zaragoza, ocasionando que se generen filas de vehículos hasta la intersección de Relaciones Exteriores (metro Gómez Farías).

La ineficiencia de la programación de los otros semáforos también genera en su minoría problemas de congestionamiento vial, para ello se mostrará en la gráfica 19 el diagrama operacional en ambos sentidos de circulación vehicular las variables de distancia, tiempo y velocidad que representa el comportamiento actual del desfase de los semáforos, es decir, la línea verde en diagonal representa la velocidad de operación actual a la que circulan por sentido los vehículos cuando salen y llegan a cada cruce sobre la vialidad; los resultados muestran que constantemente los vehículos se ven afectados a razón de detenerse frecuentemente en cada intersección por la aparición del intervalo de tiempo de rojo de los semáforo.

La simbología empleada en el diagrama operativo de coordinación de los semáforos, son:

Los rectángulos sólidos de color verde representan los intervalos de tiempo efectivo de verde en segundos dentro del ciclo semafórico de cada cruce; el rectángulo sólido con el color rojo, representa el intervalo de tiempo efectivo de rojo en segundos dentro del ciclo semafórico; y la línea o rectángulo sólido de color amarillo, representa el intervalo efectivo de ámbar en segundos también dentro del ciclo semafórico, el cual para fines de estos diagramas por su escala en este documento son imperceptibles el color amarillo a la vista del lector, pero se ubica dicho color entre el rectángulo verde y rojo, o sea, al final de la fase del intervalo de tiempo verde y el inicio de la fase del intervalo de tiempo rojo, esto es para todos los casos de las 10 intersecciones en el tramo de estudio.



Gráfica 19. Diagrama espacio – tiempo en la operación actual en la mañana del sistema de semáforos de la Calzada General Ignacio Zaragoza, ambos sentido de circulación,
 Fuente: Elaboración propia.

5.3 Análisis de la situación actual de modelación del software Synchro.

El software Synchro es una herramienta computacional de apoyo especializada de la Ingeniería de Tránsito que permite modelar, simular y optimizar la operación de los semáforos, cuyo uso ayudará a evaluar la situación actual y propuesta de la optimización que se desarrolle.

El tratamiento y análisis de lo obtenido en campo como de la captura en el programa computacional arroja información del comportamiento operacional de cada intersección semaforizadas, las tablas muestran los datos calculados de las demoras en segundos, nivel de servicio (NS), relación volumen/capacidad (V/c) y colas vehiculares.

INTERSECCIÓN 1 - VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	6.9	A	0.25	29.8
SUR	39.9	D	0.54	56.9
PONIENTE	306.2	F	1.07	191
ORIENTE	4.3	A	0.32	16.3

INTERSECCIÓN 2 - CALLE 75 Y 77 & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	2.2	A	0.09	1.3
SUR	40.5	D	1.07	22
PONIENTE	242.4	F	1.51	72
ORIENTE	12.7	B	0.34	24.6

INTERSECCIÓN 3 - AV. ECONOMIA (CALLE 47) & GRAL. GNAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	578	F	0.73	16.1
SUR	5.3	A	0.20	10.6
PONIENTE	11.4	B	0.39	22.0
ORIENTE	10.8	B	0.33	23.5

INTERSECCIÓN 4 - RELACIONES EXTERIORES & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	0.1	A	0.13	0.0
SUR	9.2	A	0.31	23.5
PONIENTE	12.3	B	0.28	20.0

ORIENTE	14.7	B	0.56	42.8
---------	------	---	------	------

INTERSECCIÓN 5 - ASISTENCIA PUBLICA & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	8.9	A	0.20	17.0
SUR	10.1	B	0.16	14.4
PONIENTE	29.6	C	0.43	33.9
ORIENTE	3.6	A	0.53	6.1

INTERSECCIÓN 6 - CIRCUITO INTERIOR & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	11.4	B	0.60	84.7
SUR	408	F	0.93	28.1
PONIENTE	356.6	F	1.29	30.7
ORIENTE	39.8	D	0.89	106

INTERSECCIÓN 7 - AV. JESÚS VILLA & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	9.6	A	0.21	14.9
SUR	2.5	A	0.15	2.5
PONIENTE	10.5	B	0.13	11.6
ORIENTE	6.9	A	0.19	16.7

INTERSECCIÓN 8 - CALLE 15 Y R. 91 & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	16.0	B	0.36	13.4
SUR	6.5	A	0.14	11.1
PONIENTE	5.3	A	0.13	7.5
ORIENTE	10.1	B	0.25	22.7

INTERSECCIÓN 9 - MIGUEL JACINTES Y MIGUEL CAMBAS & CALZ. GRAL. I. ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	13.5	B	0.54	13.5
SUR	10.4	B	0.44	13.0
PONIENTE	5.1	A	0.12	6.9
ORIENTE	8.4	A	0.34	21.4

INTERSECCIÓN 10 - METRO MOCTEZUMA & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS

NORTE	31.3	C	0.35	16.0
SUR	--	--	--	--
PONIENTE	9.7	A	0.16	14.7
ORIENTE	8.4	A	0.33	21.3

Tabla 10 Situación actual mediante la modelación del software Synchro.

Fuente: Elaboración propia.

La interpretación operativa de las tablas de cada intersección semaforizada, reflejan indicadores de eficiencia en la calidad de operación por acceso (dirección vehicular), para el caso que nos ocupa es la “Calzada General Ignacio Zaragoza” en su sentido de circulación de Oriente a Poniente; el análisis será en primera instancia en retomar de forma resumida la información únicamente de la dirección vehicular hacia el Poniente:

Calzada General Ignacio Zaragoza sentido de Oriente a Poniente				
No. INTERSECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
1	306.2	F	1.07	191
2	242.4	F	1.51	72
3	11.4	B	0.39	22.0
4	12.3	B	0.28	20.0
5	29.6	C	0.43	33.9
6	356.6	F	1.29	30.7
7	10.5	B	0.13	11.6
8	5.3	A	0.13	7.5
9	5.1	A	0.12	6.9
10	9.7	A	0.16	14.7

Tabla 11 Resumen de indicadores de la situación actual por intersección mediante la modelación del software Synchro.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO VI. RESULTADOS Y PROPUESTAS.

6.1 Resultados.

Recopilando todo el análisis realizado de las actividades de campo, se establece que el sistema de semaforización en el tramo de estudio, compuesto en el aspecto físico por la infraestructura vial integrada por la geometría de los cruces y secciones transversales de la vialidad principal, del estado del pavimento, y de los alineamientos verticales y horizontales; en su parte operativa correspondiente a la misma operación y composición vehicular, de los sentidos de tránsito como de los movimientos direccionales en cada acceso y en su conjunto por cruce, de las maniobras de estacionamiento y de ascenso y descenso del transporte público de pasajeros sobre los arroyos vehiculares.

A continuación se describe de forma general las características del señalamiento horizontal y vertical en el tramo en estudio, ya que la finalidad no son estos dispositivos como tema central, sino principalmente el análisis y diagnóstico de los dispositivos luminosos “Los Semáforos”. El señalamiento horizontal en los cuerpos laterales Norte y Sur se identificaron a través de marcas en pavimento regulares condiciones de visibilidad de pintura en el trazado, predominantemente rayas discontinuas separadoras de carriles, y en algunos cruces rayas continuas en proximidad a la intersección, en los cuerpos centrales se observaron en el sentido hacia el Oriente rayas discontinuas separadoras de carriles y algunos cruces de pasos peatonal en condiciones de poca visibilidad de trazado y pintura, y por último el cuerpo central hacia el Poniente se reflejó en más cantidad de intersecciones condiciones regulares como adecuadamente la visibilidad en el trazado y pintura de rayas separadoras de carriles, rayas continuas en aproximación a la intersección, rayas de paso peatonal y rayas de alto; respecto a los señales verticales todos los tableros o placas se encuentran instalados en apego a la normatividad de la Ciudad, empezando la descripción en los cuerpos laterales en ambos sentidos, siendo más notorio en cantidad de tableros o placas o señales bajas de tipo restrictivo mediante

indicaciones de máxima velocidad de 40 km/hr y de prohibido estacionarse, de placas de tipo preventivo de paso peatonal y de incorporación de tránsito, referente a señales informativas se presentan en una cantidad menor a comparativa de los cuerpos centrales, siendo de tipo elevado a través de señalamiento informativo de destino, en los cuerpos centrales en ambos sentidos de circulación se presentan tableros bajos de tipo restrictivos de máxima velocidad de 50 km/hr, ceda el paso y de prohibido vuelta a la izquierda, de tipo preventivo relacionado a paso peatonal y de salida, así mismo figuran los señalamientos informativos de destino de tipo elevado, todos los señalamientos verticales en su estado de conservación se observó visiblemente que se encontraban en adecuadas condiciones físicas y de visibilidad, y por último, se encuentran en casi todos los cruces en los camellones laterales las señalamientos o dispositivos diversos bajos relacionados a indicadores de obstáculos para bifurcación de los sentidos de circulación, el cual están complementadas con placas restrictivas de tipo de flechas dobles.

Como se mencionó con anterioridad, el análisis y diagnóstico es para los dispositivos de “Semáforos”, ya que es la parte fundamental o columna vertebral de la tesis en relación a la operación adecuada de la movilidad vehicular sobre la vialidad en estudio.

El mobiliario de semáforos compuesto generalmente por cables, postes y cabezas de semáforos, estos en su levantamiento o inventario para cada cruce se identificó que ya no es aceptable la cantidad, ubicación y estado físico, debido a que visiblemente respecto a la cantidad de postes son insuficientes para atender las ubicaciones faltantes en determinados cruces, el estado de conservación físico de la portería para algunos de ellos se encuentra deteriorados debido a accidentes viales como a su deterioro por el paso del tiempo. Las cabezas de semáforos peatonales se percibió en el levantamiento de mobiliario que solo cuatro intersecciones de las diez presentan cabezas de semáforos peatonales, y estas presentan faltantes en cantidad y ubicación adecuada de cabezas en los accesos, su iluminación es de Leds y se encuentran en condiciones adecuadas de visibilidad

para los peatones, observándose también que están en condiciones adecuadas de conservación en su estado físico, lo cual se deduce que es debido a que las cabezas de semáforos peatonales las hayan reemplazado o instalado recientemente; la parte de las cabezas de semáforos vehiculares como se mencionó anteriormente todos se encuentran mediante iluminación de focos incandescentes, esto representa para los usuarios conductores principalmente que no tengan buena visibilidad por la luz tenue que emite las lentes, debido a que las cabezas de semáforos les hace falta mantenimiento principalmente de limpieza en las lentes o aspectos, al igual se percibió que algunas cabezas de semáforos vehiculares en ciertos cruces se encontraban sin iluminación, las posibles causas son a consecuencia de que los focos se hayan fundido, exista un corto eléctrico en los cables de control derivado a que los registros se encuentren inundados de agua, por la humedad del registro derivado de la acumulación de basura, por la presencia de roedores mordiendo los cables, o porque la unidad de control como equipo semafórico se encuentre desprogramado, esto último suelo pasar por variaciones de voltaje en la zona, o cuando dichos equipos ya tienen bastante tiempo instalados y no reciben mantenimiento alguno o adecuado.

Los controladores de semáforos instalados en las intersecciones semaforizadas en el tramo de estudio se encuentran tecnológicamente en desventaja de funcionamiento, esto por la vida útil del Hardware mismo del equipo como de sus partes, pues ya rebaso lo recomendado por el fabricante, y en general por la obsolescencia misma de los componentes modulares, tarjetas electrónicas y microprocesadores y de las piezas electromecánicas o mecánicas, según sea el caso para cada controlador instalado.

Retomando la información teórica del Capítulo III, en la sección de Semáforos, y en específico en la parte de mobiliario, equipo y obra civil, la Calzada General Ignacio Zaragoza en el tramo en estudio, respecto a las Unidades de Control semafórico instaladas en las intersecciones, se encuentran estructurados electrónicamente para su funcionamiento mediante **desfasamiento, destello, secuencia de fases y de variación de ciclos semafóricos**; por el tipo de

mecanismo de operación los semáforos trabajan a través de **control de tiempos fijos**, esto quiere decir, que la programación de la distribución de tiempos (verde, ámbar, rojo) en la secuencia de fases de todos los controladores de semáforos, se encuentran de manera fija, constante cíclicamente o repetitiva en el día, esto significa que no están accionados por el tránsito con dispositivos sensores o detectores vehiculares por carril o acceso.

En lo referente a la obra civil, se identificaron en su momento algún registro eléctrico para uso de los semáforos con deterioro de las tapas: rotas, estrelladas o fracturadas y fuera de posición o sin tapas.

En la situación operativa por cruce y con base a la tabla 1 “nivel de servicio en intersecciones semaforizadas”, y de la tabla 11 “resumen de indicadores de la situación actual por intersección”, revelaron resultados donde tres intersecciones de las diez se encuentran con un Nivel de Servicio (N.S) “F”, lo que significa que la operación vehicular presentan demoras mayores a 80 segundos por vehículo, los flujos o vehículos que llegan exceden la capacidad operativa de los accesos de la intersección (V/c), lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada reflejado en un número considerable de filas o colas de vehículos. Continuando con los indicadores, una intersección presentó un N.S de “C”, lo que indica que la operación vehicular presentó demoras entre 20 y 35 segundos por vehículo, manifestando que la progresión o coordinación del semáforo es regular y algunos ciclos semafóricos empiezan a malograrse, o sea, el ciclo no está cumpliendo su propósito, el grado de saturación refiere a que el acceso está trabajando a un 43% de su capacidad operativa. Por otra parte, tres intersecciones tienen un N.S de “B”, donde la operación vehicular sobre la vialidad presenta demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo, algunos vehículos empiezan a detenerse, y su grado de saturación representa en promedio a que el acceso se encuentra operando a un 27% de su capacidad operativa. Por último, también tres intersecciones se encuentran con un N.S. “A”, esta condición de operación vehicular sobre el acceso de la vialidad en estudio, presenta demoras muy bajas, menores de 10 segundos por vehículo, donde la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo,

longitudes de ciclos semafóricos cortos que contribuyen a demoras mínimas, y su grado de saturación representativa en promedio sitúa a que está operando a un 14% de su capacidad operativa el acceso de la Calzada Zaragoza, de sentido Oriente a Poniente.

Retomando como base los indicadores de eficiencia operativa del párrafo anterior, ahora se muestran los resultados de la calidad de la progresión del flujo vehicular de la vialidad en el tramo en estudio, mismo que se tomó como referencia la Grafica 19 “Diagrama espacio – tiempo en la operación actual del sistema de semáforos de la Calzada General Ignacio Zaragoza, ambos sentidos de circulación (Oriente - Poniente y viceversa).. Dicho diagrama representa la ineficiencia en la coordinación del sistema de semáforos (término usado en la Ingeniería de Tránsito), ya que los desfases de una intersección a otra no están programados para que exista sincronización (término usado en el área de la electrónica) entre las unidades de control o controladores de semáforos, siendo las causas principales:

- Determinación inadecuada de los desfases en cada cruce.
- Determinación inadecuada en cada cruce del reparto de los intervalos de tiempo (verde, ámbar, rojo y todo rojo), como se muestra en la tabla 8.
- Ciclos semafóricos incompatibles o no comunes entre sí, como se muestran en la tabla 6.
- Manipulación de los controladores de semáforos en los intervalos de tiempo a través de los agentes de tránsito en la intersección 1 (Viaducto Río de la Piedad) e intersección 6 (Circuito Interior).

Complementando la calidad de eficiencia en la operación actual de la vialidad en el sentido de Oriente a Poniente, y con base a la tabla 3, ilustración 22 y gráfica 19, se correlacionó los desfases por el tipo de llegada de los vehículos por cada grupo de carriles a los accesos semaforizadas:

- De la intersección 1 a la 2, se correlaciona al **tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.

- De la intersección 2 a la 3, se identifica el **tipo 1: Grupos densos que llegan al inicio del rojo**. Calidad de progresión muy deficiente.
- De la intersección 3 a la 4, se observa el **tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.
- De la intersección 4 a la 5, se identifica también que se cataloga el **tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.
- De la intersección 5 a la 6, se ve favorable la coordinación nuevamente, mediante el **Tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.
- De la intersección 6 a la 7, se identifica el **tipo 2: Grupos moderados que llegan a la mitad del rojo**. Progresión desfavorable en calles de doble sentido.
- De la intersección 7 a la 8, es de **tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.
- De la intersección 8 a la 9, compete al **tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.
- De la intersección 9 a la 10, corresponde al **tipo 4: Grupos moderados que llegan a la mitad del verde**. Progresión favorable en calles de doble sentido.

Es de mencionar que la intersección 1 y 6 (Viaducto Río de la Piedad y Circuito Interior respectivamente) los tiempos están manipulados por los agentes de tránsito, y no es preciso la representación de los desfases expuestos en el diagrama, ya que puede considerarse aleatorio el inicio y final del intervalo de tiempo de verde. Por consecuencia se considera de manera general descoordinado el sistema actual de semaforización de la Calzada General Ignacio Zaragoza en el sentido hacia el Poniente. Con respecto al sentido al Oriente, también presenta problemas de operación vehicular principalmente en las dos intersecciones que están manipuladas por los agentes de tránsito, concluyéndose una mala progresión en ambos sentidos.

6.2 Propuestas.

Con la propuesta que se menciona a continuación se mejora y optimiza la operación o movilidad vehicular sobre la Calzada General Ignacio Zaragoza en el tramo de estudio con sentido hacia el Poniente, el planteamiento está dirigido en esta sección para el **Sistema de Semáforos**, para llegar a ello, se empleó la modelación de optimización del procedimiento del sistema de coordinación "**Progresivo**", que aunado al conocimiento y los criterios técnicos en su aplicación en campo y gabinete, se obtuvo buenos resultados el cual se muestran en la tabla 12 "Simulación óptima mediante la modelación del software Synchro", de la tabla 13 "Resumen de indicadores de la simulación óptima", y de la gráfica 20 "Diagrama espacio – tiempo de la coordinación óptima del sistema de semáforos".

Empezando en la tabla 13 y basándose en la tabla 1 se muestran los resultados siguientes:

Cinco intersecciones de las diez se encuentran con un Nivel de Servicio (N.S) "C", significando con ello que la operación vehicular sobre la vialidad presenta progresión en el sistema, con pocas demoras vehiculares, y que el acceso en el sentido de coordinación se encuentra trabajando a un 41% en promedio de su capacidad operativa. Estas cinco intersecciones dos de ellas son las que se encuentran en la situación de manipulación del funcionamiento por los agentes de tránsito, que son: la Intersección No. 1 - Viaducto Río de la Piedad y la Intersección No. 6 – Circuito Interior, el cual la propuesta de coordinación del sistema de semáforos teóricamente funcionará siempre y cuando dichas intersecciones ya no sean manipulados por tales agentes de tránsito y con controlador nuevo.

Se presenta dos intersecciones con N.S de "B", donde la progresión operativa todavía es mejor en la coordinación del sistema sobre la vialidad, así mismo presenta pocas demoras vehiculares en el acceso, por lo que, representa en promedio que la movilidad vehicular se encuentre operando a un 27% de su capacidad operativa correspondiente al sentido de coordinación. Las intersecciones en esta situación son: La Intersección No. 4 - Relaciones exteriores y la Intersección

No. 7 – Jesús Villa, ambas intersecciones no se encuentran catalogadas con cruces peligrosos desde el punto de vista geométrico y operativo.

Por último, tres intersecciones se encuentran con un N.S. “A”, esta condición de operación vehicular sobre el acceso de la vialidad en estudio, presenta demoras muy bajas, donde la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde, y su grado de saturación representativa en promedio sitúa a que está operando a un 14% de su capacidad operativa. En lo correspondiente a las Intersecciones que se encuentran en este NS, son: Intersección No. 8 – Calle 15 , Intersección No. 9 – Miguel Jacintes e Intersección No. 10 – Metro Moctezuma, estos cruces se encuentra al final de la vialidad del tramo en estudio hacia de sentido Poniente, ya que significa una eficiencia en la progresión del sistema de programación y coordinación de intervalos y desfases respectivamente.

INTERSECCIÓN 1 - VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	6.9	A	0.22	19.8
SUR	24.9	B	0.30	13.9
PONIENTE	18.62	C	0.74	24.3
ORIENTE	4.3	A	0.32	16.3

INTERSECCIÓN 2 - CALLE 75 Y 77 & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	5.9	A	0.17	15.0
SUR	10.1	B	0.16	14.4
PONIENTE	29.6	C	0.43	33.9
ORIENTE	3.6	A	0.53	6.1

INTERSECCIÓN 3 - AV. ECONOMIA (CALLE 47) & GRAL. GNAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	9.9	A	0.24	19.0
SUR	14.1	B	0.14	12.9
PONIENTE	31.6	C	0.35	23.9
ORIENTE	3.5	A	0.33	7.1

INTERSECCIÓN 4 - RELACIONES EXTERIORES & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	9.9	B	0.21	19.0
SUR	24.0	C	0.43	35.0
PONIENTE	15.1	B	0.18	21.4
ORIENTE	30.0	C	0.34	35.9

INTERSECCIÓN 5 - ASISTENCIA PUBLICA & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	10.6	B	0.31	15.9
SUR	11.1	B	0.18	12.5
PONIENTE	31.6	C	0.35	23.9
ORIENTE	28.3	C	0.40	29.2

INTERSECCIÓN 6 - CIRCUITO INTERIOR & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	14.6	B	0.32	14.9
SUR	10.3	B	0.21	11.5
PONIENTE	36.0	C	0.25	25.0
ORIENTE	30.0	C	0.30	24.4

INTERSECCIÓN 7 - AV. JESÚS VILLA & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	10.8	B	0.31	15.9
SUR	09.0	B	0.18	12.5
PONIENTE	07.9	B	0.35	23.9
ORIENTE	12.5	B	0.40	29.2

INTERSECCIÓN 8 - CALLE 15 Y R. 91 & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	9.2	A	0.31	23.5
SUR	9.6	A	0.24	19.0
PONIENTE	8.4	A	0.33	21.3
ORIENTE	6.1	A	0.12	6.9

INTERSECCIÓN 9 - MIGUEL JACINTES Y MIGUEL CAMBAS & CALZ. GRAL. I. ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	7.0	A	0.29	25.0
SUR	8.9	A	0.21	17.0
PONIENTE	6.5	A	0.15	19.3
ORIENTE	5.8	A	0.15	8.0

INTERSECCIÓN 10 - METRO MOCTEZUMA & CALZ. GRAL. IGNACIO ZARAGOZA				
DIRECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
NORTE	5.2	A	0.35	32.0
SUR	--	--	--	--
PONIENTE	9.8	A	0.45	18.1
ORIENTE	10.1	A	0.11	8.8

Tabla 12 Simulación óptima mediante la modelación del software Synchro.
Fuente: Elaboración propia.

Calzada General Ignacio Zaragoza sentido de Oriente a Poniente				
No. INTERSECCIÓN	DEMORAS	NIVEL DE SERVICIO	V/C	COLAS
1	18.62	C	0.74	24.3
2	29.6	C	0.43	33.9
3	31.6	C	0.35	23.9
4	15.1	B	0.18	21.4
5	31.6	C	0.35	23.9
6	36.0	C	0.25	25.0
7	7.9	B	0.35	23.9
8	8.4	A	0.33	21.3
9	6.5	A	0.15	19.3
10	9.8	A	0.45	18.1

Tabla 13 Resumen de indicadores de la simulación óptima por intersección mediante la modelación del software Synchro.
Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 20, se muestra a través del diagrama espacio - tiempo un plan óptimo de coordinación del sistema de semáforos de la vialidad en estudio, donde con base a los datos obtenidos de campo, de la simulación actual y optima se determinó adecuadamente los desfases, el reparto de intervalos de tiempos y el ciclo semafórico para cada cruce.

Según Pacheco R.(2013) establece que un factor adecuado e importante para lograr garantizar la coordinación del sistema, es armonizar la “**teoría-regulación-experiencia**” de este último mediante expertos en la materia de semaforización.

La aplicación del tipo de sistema de coordinación de los semáforos (progresivo) como se cita en la literatura teórica y normativa del Capítulo II y III, es fundamental para entender la visión que se tiene para lograr el objetivo, y la experiencia es la herramienta técnica especializada que permitirá optimizar el modelo de coordinación del sistema de semáforos a través de las variables, parámetros, simulación, calibración y optimización, junto en apoyo de software especializado como herramienta de evaluación.

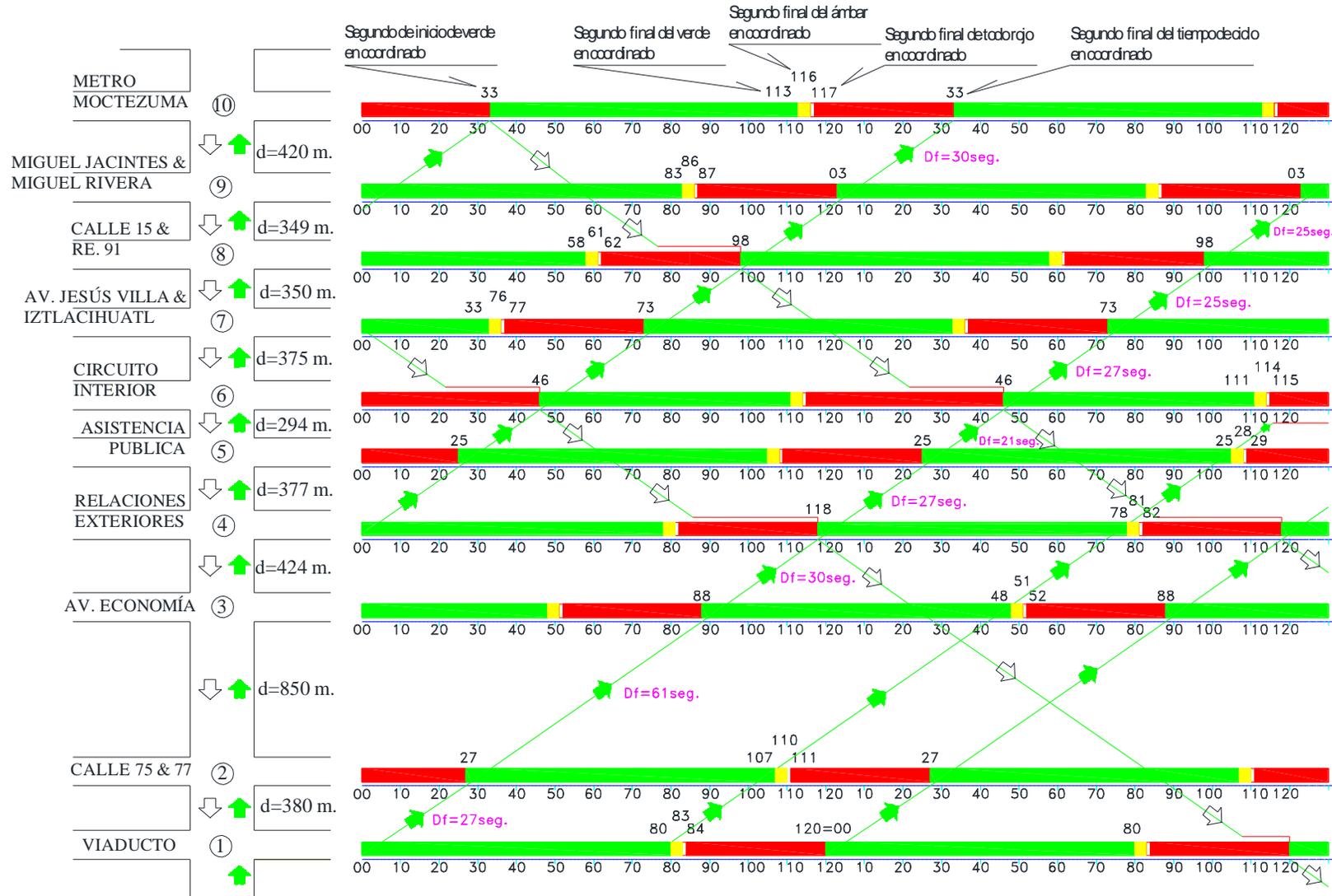
Con la información mostrada en la gráfica 20, la coordinación del sistema de semáforos idealmente representa los desplazamientos vehiculares a velocidad constante a flujo libre y sin detenciones a causa de los semáforos, esta fluidez vehicular sin demoras se debe diseñar sin perjuicio a rebasar la velocidad de operación permitida en las vías con base a lo que estipula el Reglamento de Tránsito de la Ciudad.

El factor base principalmente para toda coordinación de semáforos en una red abierta como cerrada, es en primera instancia donde todos los ciclo semafóricos sean compatibles o iguales o múltiplos entre sí, para él caso de la gráfica 20 se determinó emplear un tiempo de ciclo de 120 segundos por igual a cada intersección; como segundo factor base es la determinación de la velocidad de diseño para la operación vehicular (no se debe confundir la velocidad de diseño para fines de infraestructura vial con la velocidad de diseño para fines operativos de semaforización), esto permitió junto con la distancia entre intersecciones o cruceros determinar el desfasamiento o desfase, o sea, el tiempo que tarda o deberá

encender los verdes entre intersecciones sobre la vía que se está coordinando, por lo que, el resultado del desfasamiento es la línea diagonal de color verde en la gráfica, que representa la velocidad diseñada operativamente constante para que los vehículos de manera moderada lleguen en pelotón o grupos de carriles al inicio, mitad y final del intervalo de verde sin interrupciones hasta el final del sistema (hasta la última intersección). En el tramo de estudio, la velocidad de operación permitida por Reglamento de Tránsito se encuentra en dos categorías, la primera de 40 km/hr, y está señalada a través del señalamiento vertical restrictivo en los cuerpos o carriles laterales de la Calz. Zaragoza, mientras que la segunda velocidad es de 50 Km/hr, señalada también por señalización vertical restrictiva en los cuerpos o carriles centrales de la misma Calzada.

Cabe mencionar que la propuesta de coordinación del sistema de semáforos de la Calz. Zaragoza mostrada en la gráfica 20, fue con base a la velocidad de 50 km/hr, ya que mediante criterio personal y bajo experiencia profesional del Asesor de la Tesis, se consideró adecuado tomar esta velocidad para garantizar la fluidez vehicular.

Es pertinente mencionar, que sólo se realizó el diseño para un plan de coordinación del sistema de semáforos sobre la Calz. Zaragoza en el sentido de Oriente a Poniente, por considerar caso de aplicación de los resultados en su análisis del turno de la mañana, pues en este periodo la Calz. Zaragoza presenta el fenómeno de movilidad de entrada vehicular hacia la Ciudad por motivos principales de trabajo y de escuela, ya que reflejan significativamente problemas viales muy notorios y cotidianos diariamente. El fenómeno de movilidad vehicular en la tarde-noche sobre la Calz. Zaragoza es muy similar al del turno de la mañana, ya que regresan a sus casas, por lo que, se recomienda también a futuro diseñar un plan de coordinación para el sentido hacia el Oriente. Cabe mencionar, que cuando se diseña un Plan de coordinación mediante el método Progresivo en una vialidad de doble sentido, sólo se diseña y opera eficientemente para un sentido de circulación, mientras que el sentido contrario presentará irregularidades en la operación “detenciones vehiculares frecuentes por la coordinación de los semáforos”.



Gráfica 200. Diagrama espacio – tiempo de la coordinación óptima en la mañana del sistema de semáforos de la Calzada General Ignacio Zaragoza, ambos sentido de circulación.

Fuente: Elaboración propia.

.6.3 Estrategias de acciones de mejoramiento y seguridad a la movilidad vial.

- Implementación y ejecución de los programas y proyectos de la Ciudad de México en materia de mantenimiento, conservación y seguridad vial “Renovación de señalamiento vertical alto y bajo en vías primarias, vías rápidas y ejes viales del Distrito Federal” en las 10 intersecciones en ambos sentidos de la Calzada Zaragoza. De igual forma la continuidad de programas de mantenimiento anual permanente y continuo de marcas en el pavimento como parte del señalamiento horizontal.
- Seguir impulsando el Reglamento de tránsito mediante la regulación de velocidad a “40 y 50 km/hr” en las laterales y cuerpos centrales en ambos sentidos de la Calzada Zaragoza. Así como también de manera permanente el programa integral de seguridad vial “Visión Cero” de la Ciudad de México, para concientización y obligatoriedad del uso del cinturón de seguridad, la no conducción bajo los efectos de alcohol, la no conducción a exceso de velocidad, el uso de casco obligatorio para motociclistas, diseño, mantenimiento y conservación de las vías urbanas, educación vial, del uso de tecnologías vehiculares para control de tránsito, entre otros dispositivos como cámaras de velocidad, señales de mensajes variables (pantallas informativas), reductores de velocidad, y principalmente los sistemas inteligentes de semáforos.
- Promover e impulsar la implementación de auditorías e inspecciones de seguridad vial en la Calzada Zaragoza, para fines de proyectos relacionados a los programas de “**pasos seguros**” que mejoren la geometría de las intersecciones con y sin semáforos para volverlas más seguras a los peatones y vehículos; identificación de situaciones operativas y tecnológicas relacionadas al control de tránsito que permitan definir indicadores para evaluar la eficacia de los dispositivos, entre otros,

los semáforos.

- La colaboración con el C4i4 de la Ciudad de México para atención, control, coordinación, comunicación, monitoreo, vigilancia y seguimiento de información de bases de datos de hechos de tránsito que se registran a través de llamadas a 066, botón de auxilio y cámara.
- Realizar operativo vial para dar cumplimiento al retiro de vehículos estacionados sobre ambas laterales en su sentido correspondiente de la Calzada Zaragoza.
- Reubicación mediante estudio pertinente de las paradas, bases y sitios de transporte público de pasajeros colectivo de ruta fija, principalmente en la intersección de circuito interior, esto para liberar la vía pública y dar certeza de seguridad y fluidez vehicular en la laterales en ambos sentidos
- Rehabilitación, sustitución, retiro e instalación en cantidad, ubicación, diseño y material de mobiliario de semáforos (Cabezas, Postes, cables). Esto para fines de modernización del mobiliario y equipo semafórico.
- Instalación de equipo auxiliar al controlador de semáforos (bancos de batería, sensores, detectores vehiculares y cámaras) para que se integren **Sistema Centralizado Adaptativo (SCATS) de Semáforos** del C2 de la Ciudad de México en materia de control de tránsito. Esto para fines de modernización del mobiliario y equipo semafórico.
- Sustitución de 10 equipos (Unidad de Control semafórico) para adaptabilidad al **Sistema Centralizado Adaptativo (SCATS) de Semáforos** del C2 de la Ciudad de México en materia de control de tránsito. Esto para fines de modernización del mobiliario y equipo

semafórico.

- Generación e implementación de planes de coordinación para mecanismos de operación de tiempo fijo en las Unidades de Control, para programarse por día, semana y eventos, o en su caso como opción pertinente integrarse al **Sistema Centralizado Adaptativo (SCATS) de Semáforos** del C2 de la Ciudad de México en materia de control de tránsito.
- Respecto a la operación por cruce mediante la secuencia de fases, y de la programación de los tiempos de los semáforos, aunado al concepto de visión cero en la seguridad vial sobre la vialidad en el tramo en estudio, se deben diseñar, calcular y programar el intervalo de tiempo de “**Todo Rojo**” que permitirá preventivamente coadyuvar a mitigar los hechos de tránsito relacionados en parte a los semáforos.
- Centralización de los equipos de las intersecciones semaforizadas existentes al **Sistema Centralizado Adaptativo (SCATS) de Semáforos** del C2 de la Ciudad de México en materia de control de tránsito.
- Implementación de más pantallas informativas, para fines de avisos pertinentes en movilidad y seguridad vial.

6.4 Beneficios que se obtendrán de la movilidad y seguridad vial mediante la optimización del sistema coordinado de semaforización.

- Mejoramiento de los tiempos de recorrido de los viajes.
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- Aumento de la velocidad promedio de operación.
- Detección de las causas que originan las demoras en las vialidades.
- Reducción de tiempos de traslado de personas y mercancías.
- Reducción de consumo de combustible.
- Reducción de emisiones contaminantes a la atmosfera.
- Reducción de índices de hechos de tránsito.
- Reducción de congestionamiento vial.
- Recuperación y optimización del uso de espacios públicos.
- Vigilancia, monitoreo y cumplimiento de la operación e infraestructura vial, y de control de tránsito.
- Aumento de productividad en la vialidad mediante la Logística Urbana.
- Instrumentación de medidas cuantificables para acciones de planeación en el mejoramiento y seguridad vial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

Mediante la metodología empleada en la realización de este Estudio, permitió identificar lo que claramente ya se sabía sobre la problemática vial de la Calzada General Agnación Zaragoza, partiendo de la infraestructura vial, la operación del flujo vehicular desde los vehículos particulares hasta el transporte público de pasajeros, los horarios de mayor demanda vehicular, las maniobras vehiculares tanto de estacionamiento en algunos puntos y tramos de la vía en lo correspondiente a las bases de transporte público, a la intervención de los agentes de tránsito para la manipulación de los equipos de dos intersecciones semaforizadas importantes, así como lo correspondiente al mobiliario urbano referente a los dispositivos para control de tránsito, principalmente al mobiliario, equipo y funcionamiento de los semáforos.

El análisis permitió detectar puntualmente y por red abierta del tramo en estudio de la vialidad, la evaluación cualitativa a través de una herramienta computacional (synchro) para obtener una simulación de la operación actual reflejado en los niveles de servicio, así como otros indicadores pertinentes que determinan la eficiencia de la calidad operativa de la vialidad mediante el funcionamiento de los semáforos, mismo que se estableció una propuesta operativa de manera técnica que refleja una optimización de los tiempos en reparto como en coordinación del flujo vehicular mediante el funcionamiento de los semáforos, permitiendo con ello beneficios en la movilidad y seguridad vial, así como también de algunas recomendaciones estratégicas sobre acciones para mejoramiento operativo y de infraestructura vial.

Los resultados del análisis en el periodo del turno matutino en el sentido de circulación hacia el Poniente de la Ciudad de México, se determinó que el tramo en estudio (3821 metros en promedio) se encuentra operativamente con mala calidad en la eficiencia de la fluidez vehicular, cuyo dato arrojó un tiempo de recorrido promedio de 21 minutos circulando a una velocidad de operación de 14 km/hr, con detecciones, demoras, colas y congestionamiento general derivado principalmente a

causa de los semáforos, razón de ello, que con la propuesta se llegue a mitigar sustancialmente el problema de la fluidez vehicular a través de la coordinación, reparto de tiempos, programación y funcionamiento de los semáforos, diseñando un plan donde los vehículos circulen idealmente a una velocidad de operación promedio de 50 km/hr con un tiempo promedio de traslado de 5 min. Esta propuesta está condicionada para su eficacia a que se atiendan también las demás situaciones relacionadas a la problemática vial identificada.

RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones son las que se establecen en la sección 6.3 referente a las estrategias de acciones de mejoramiento y seguridad a la movilidad vial.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (2001). *A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS*. WASHINGTON: FOURTH.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY. (2001). *A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS*. NEW YORK: FOURTH.

ASAMBLEA LEGISLATIVA DEL DISTRITO FEDERAL. (2005, 01 26). *PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO DE VENUSTIANO CARRANZA*. Retrieved 11 27, 2015, from PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO DE VENUSTIANO CARRANZA: http://www.seduvi.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2015/PDDU_VENUSTIANO-CARRANZA.pdf

BALTIERRA, S. O. (2015, 09 5). *Analizan señalización vial de la Ciudad de México*. Retrieved 11 26, 2015, from Analizan señalización vial de la Ciudad de México: <http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/humanidades/2758-analizan-senalizacion-vial-de-la-ciudad-de-mexico>

Castrol Magnatec. (2015, 02 16). *Ciudades con peores embotellamientos*. Retrieved 11 25, 2015, from Ciudades con peores embotellamientos: <http://gestion.pe/economia/estas-son-ciudades-peores-embotellamientos-mundo-2123520>

EXCELSIOR. (2015, 08 24). *UBICAN CRUCEROS CON MÁS ACCIDENTES. UBICAN CRUCEROS CON MÁS ACCIDENTES*, p. 2.

Gaceta oficial de la Ciudad de México (2017). (2017, 10 27). *Programa Integral de Seguridad Vial “2016-2018” para la Ciudad de México. Recuperado el día 20 octubre de 2017*. Retrieved 11 12, 2017, from Programa Integral de Seguridad Vial “2016-2018” para la Ciudad de México. Recuperado el día 20 octubre de 2017: Gaceta oficial de la Ciudad de México (2017) Programa Integral de Seguridad Vial “2016-2018” para la Ciudad de México. Recuperado el día 20 octubre de 2017 de: http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/2017/programas_desarrollo/programas_mediano_plazo/Prog

Gaceta oficial de la Ciudad de México. (2017, 10 20). *SIDESO*. Retrieved 03 25, 2018, from SIDESO: http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/2017/programas_desarrollo/prog

ramas_mediano_plazo/Programa%20Mediano%20Plazo%20Seguridad%20Vial.pdf

GACETA OFICIAL DISTRITO FEDERAL. (2014, 10 14). *PROGRAMA INTEGRAL DE MOVILIDAD*. Retrieved 11 30, 2015, from PROGRAMA INTEGRAL DE MOVILIDAD:

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99436.pdf>

Grupo Parlamentario del Partido Revolucionario Institucional. (2015). *Protocolos y acciones para evitar congestionamientos*. MÉXICO: SIL.

Instituto Mexicano del Transporte de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (2016, 20 20). *Instituto Mexicano del Transporte Visión Cero en Seguridad Vial: Algunas oportunidades de implementación en México, Recuperado el 13 de Abrila de 2018*. Retrieved 12 25, 2018, from Instituto Mexicano del Transporte Visión Cero en Seguridad Vial: Algunas oportunidades de implementación en México, Recuperado el 13 de Abrila de 2018.:

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt466.pdf>

ITPD. (2016, 08 12). *HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL E INTEGRAL DE MOVILIDAD URBANA*. Retrieved 09 20, 2016, from HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL E INTEGRAL DE MOVILIDAD URBANA: http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Movilidad-Urbana-Sustentable-MUS_.pdf

LEY DE MOVILIDAD. (2014, 07 01). *LEY DE MOVILIDAD*. Retrieved 02 15, 2016, from LEY DE MOVILIDAD: <http://www.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/leyes/LEY%20DE%20MOVILIDAD.pdf>

LEY DE MOVILIDAD DEL DISTRITO FEDERAL. (2014, 07 14). *LEY DE MOVILIDAD*. Retrieved 11 29, 2015, from LEY DE MOVILIDAD: <http://www.aldf.gob.mx/archivo-1a189e20cf12412fdc2f7eb5f95cc641.pdf>

MOVIMET. (2000, 10 23). *Movilidad Metropolitana*. Retrieved 08 02, 2016, from Movilidad Metropolitana: <http://www.movimet.com/2013/02/la-cd-de-mexico-df-origen-de-ejes-viales/>

- NICHOLAS J. GARBER. – LESTER. HOEL. (2004). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. Chicago: Thomson.
- NOM -034-SCT-2-2003. (2003, 02 15). *SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS*. Retrieved 09 22, 2016, from SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/17_NOM-034-SCT-2-2003_01.pdf
- Pacheco Ruiz. (2013, 12 2013). Pacheco R. *Apuntes de Ingeniería de Tránsito II. Tránsito II*. México, México: Apuntes de Ingeniería de Tránsito II.
- PACHECO, R. (2013, 09 24). *APUNTES ACADÉMICOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO*. MÉXICO: ACADEMICO.
- PACHECO, R. (2013, 09 24). *INGENIERÍA DE TRÁNSITO*. MÉXICO: ACADEMICO.
- PAOT. (2003, 05 12). *Uso de Suelo*. Retrieved 09 22, 2016, from Uso de Suelo: http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003_borrarme/temas/suelo.pdf
- R, P. (Pacheco R (2016)). *R, Pacheco Proyecto conceptual de un sistema centralizado de movilidad, para conformación de un centro de operaciones de seguridad y movilidad. Caso de estudio Municipio de Nezahualcóyotl " México. UPIICSA-IPN Tesina de Diplomado*. México. UPIICSA-IPN: Tesina de Diplomado.
- RAFAEL CAL Y MAYOR R. Y JAMES CÁRDENAS G. (2007). *INGENIERÍA DE TRANSITO FUNDAMENTOS Y APLICACIONES*. MÉXICO: ALFAOMEGA.
- RAFAEL CAL Y MAYOR R. Y JAMES CÁRDENAS G. (2008). *INGENIERÍA DE TRANSITO FUNDAMENTOS Y APLICACIONES*. MÉXICO: ALFAOMEGA.
- RED-ACCION. (2015, 11 10). *CONGESTIONAMIENTO VIAL CUESTA*. Retrieved 12 03, 2015, from CONGESTIONAMIENTO VIAL CUESTA: <http://www.red-accion.mx/2015/11/congestionamiento-vial-cuesta-al-df-mas.html>
- REGLAMENTO DE TRÁNSITO. (2015). *REGLAMENTO DE TRÁNSITO*. MÉXICO: GACETA OFICIAL DEL D.F.

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011). (2016, 09 22). *Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011) "NOM -034-SCT2-2011. Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas. Recuperado el 22 de 09 de 2016, de:* Retrieved 10 28, 2016, from Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011) "NOM -034-SCT2-2011. Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas. Recuperado el 22 de 09 de 2016, de:: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69940.pdf>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1986). *Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras.* de México: Dirección General de Servicios Técnicos.
- SEDESOL. (2014, 07 23). *VIALIDAD URBANA.* Retrieved 02 16, 2016, from VIALIDAD URBANA: <http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/desarrollourbano/t1c1.pdf>
- Seguridad Pública. (2008, 07 01). *Red primaria del Distrito Federal.* Retrieved 09 22, 2016, from Red primaria del Distrito Federal: <http://www.aldf.gob.mx/archivo-a0e28a23a602e1255b8b0e4575d1c410.pdf>
- SEMOVI. (2016, abril 25). *SEMOVI, Se encargara de los semáforos de la CDMX.* Retrieved 08 29, 2016, from SEMOVI, Se encargara de los semáforos de la CDMX: <http://www.publimetro.com.mx/noticias/semaforos-en-el-df-bajo-la-batuta-de-la-semovi/mpdy!JWiKDwGqcplRg/>
- SSP. (2015, 08 15). *Limites de velocidad.* Retrieved 22 09, 2016, from Limites de velocidad: http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/limites_velocidad.html
- T21. (2012, 07 05). *RECUPERA RENOVADO DE LLANTAS. T21, 23.*
- THOMSON Y BULL. (2002, abril). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias. De la Cepal 76, 112 y 113.*
- VALENCIA, V. G. (2015, 06 15). *INGENIERIA DE TRÁNSITO.* Retrieved 11 28, 2015, from INGENIERIA DE TRÁNSITO: <http://documents.mx/documents/valencia-alaix-victor-guia-de-ingenieria-de-transito.html>

ANEXOS

Documento emitido para la realización del estudio en campo.



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Nezahualcóyotl, Estado de México a 21 de junio de 2016

**A QUIEN CORRESPONDA
AUTORIDADES DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
PRESENTE.**

Por este conducto reciban un cordial saludo, y hago referencia al C. **Luis Enrique Paredes Garcia**, quien es un estudiante de la **Licenciatura en Ingeniería en Transporte** que se imparte en la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl de la Universidad Autónoma del Estado de México. El estudiante Luis Enrique actualmente está realizando su Tesis para Titulación de asuntos relacionados con la operación, movilidad y seguridad vial en la Intersección de Calz. Ignacio Zaragoza y Circuito Interior, el cual que tiene que realizar estudios y actividades de campo de aforos vehiculares y peatonales, levantamiento geométrico, levantamiento de mobiliario de dispositivos para control de tránsito, levantamiento de usos del suelo, mediciones de tiempos de los semáforos, determinación de la velocidad operacional de los accesos, estudios de transporte público, de maniobras vehiculares, y demás actividades afines a la movilidad y seguridad vial de la intersección y sus alrededores.

Por lo anterior, solicito le faciliten las atenciones merecidas al estudiante antes citado por los trabajos y estudios de campo, ya que el propósito en su actividad encomendada es la recopilación de información para fines de mejoramiento de la operación, movilidad, mobiliario urbano y seguridad vial en la intersección antes referida.

Pongo a su disposición directamente los teléfonos celulares para cualquier dato adicional o aclaración al respecto. 553167-7012 y 553597-8940

Sin más por el momento agradezco la atención a la presente.

**ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO.
"2016, 60 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"**

**M. EN C. RICARDO PACHECO RUIZ
PROFESOR DE LA LICENCIATURA
DE INGENIERÍA EN TRANSPORTE
Y DIRECTOR DE TESIS**



www.uaemex.mx

Av. Bordo de Xochiaca S/N Col. Benito Juárez C.P. 5700 Nezahualcóyotl, Estado de México, Tel. (0155) 5112-6426

Gafete utilizado por el personal de campo.



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

GAFETE

Personal de Campo para Estudios y Proyectos Académicos

Estudiante

LUIS ENRIQUE PAREDES GARCÍA

No. Cta. 1026938



UAP NEZAHUALCÓYOTL



www.uaemex.mx

*Av. Bordo de Xochiaca S/N, Col. Benito Juárez, C.P. 5700,
Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México,
Tel. (0155) 5112-6426*

Formato para aforos vehiculares

Se escribe el nombre de la intersección aforar

ESTUDIOS DE TRÁNSITO "ESTUDIOS DE MOVIMIENTOS" EN LA CALZADA GENERAL IGNACIO ZARAGOZA, TRAMO RIO DE LA PIEDAD AL EJE 3 OTE FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO.

PUNTO DE OBSERVACIÓN: _____
FECHA: _____

DIRECCIÓN: _____

FOLIO: _____

MOVIMIENTO: _____
CODIGO: _____

MOVIMIENTO: _____
CODIGO: _____

Se anota el sentido de circulación ej. oriente o poniente

Numero de hoja

Se escribe la fecha que se elaboró el estudio

HORA	A	VAN	B2-B3	C2-C3	ART	HORA	A	VAN	B2-B3	C2-C3	ART

Se anota el corte de cada quince minutos

Se coloca la hora en la cual se hace el estudio

Con el conteo mediante los contadores se anota el número de vehículos de acuerdo a la clasificación

MOVIMIENTO: _____
CODIGO: _____

MOVIMIENTO: _____
CODIGO: _____

HORA	VAN	B2-B3	C2-C3	ART

HORA	VAN	B2-B3	C2-C3	ART

Vehículo (tipo)

A= Automoviles y Camionetas

ART= Camiones Articulados

B2-B3= Autobuses de dos y tres ejes

C2-C3= Camiones de dos y tres ejes

Formato De Tiempos De Recorrido, Velocidad Y Demoras.

Vialidad:				Sentido:			
Hr. De Inicio:		Hr. Final:		Fecha:			
Nombre de la Vialidad	Progresiva (m)	Parcial (m)	Progresiva (seg)	Velocidad de Recorrido (km/hr)	Velocidad a Flujo Libre (km/hr)		
En cada renglón se anota el nombre de la intersección							
Se coloca la hora con minutos en que inicia el recorrido y así mismo							
Se anota el sentido de circulación ej. oriente o							
Se coloca la causa que origina el congestionamiento vial							
Es la distancia la cual se va sumando en cada intersección							
Es la distancia que se va sumando de cada intersección							
Es el tiempo que se va acumulando en cada intersección							
Total de Inters:				0	0.00	0.00	
Es la distancia entre cada intersección Velocidad Media de Recorrido de la Vialidad (km/hr) = Velocidad Media de Marcha o de Flujo Libre (km/hr) =							

CAUSAS DE LA DEMORA

- | | | |
|------------------------------------|---|----------------------------------|
| (S) Semáforos. | (P) Peatones. | (PTP) Paradas de Tpe. Público. |
| (C) Congestionamiento. | (DF) Veh. Estacionado en Doble Fila. | (B) Baches. |
| (VE) Veh. Estac. En Vía Pública. | (SA) Señal de Alto. | (RC) Reducción de Carril. |
| (A) Accidente. | (RV) Tope-Vado-Vibradores-Boyas, etc. | (V) Vías |
| (VI) Vuelta Izquierda. | (AT) Agente de Tránsito. | (CT) Cruce de Tren. |
| (VD) Vuelta Derecha. | (MP) Manifestaciones de Personas. | (OV) Obras Viales. |
| | (ESA) Entrada y Salida de Alumnos. | (O) Otros. |

Ejemplo de plano que se utilizó para todo tipo de inventarios, sin escala en AutoCAD.

