

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
DE TRANSPORTE URBANO

**Diagnóstico y mejoramiento de la operación del corredor
comprendido por la avenida Puerto México,
calle Ocampo y avenida Veracruz,
en la Delegación Cuajimalpa de Morelos**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADOS EN INGENIERÍA EN
SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO**

P R E S E N T A N :

**ADRIÁN BELTRÁN ALEJO
ALEJANDRO GONZÁLEZ DOLORES**

D I R E C T O R

M. en I. Rubén Téllez Sánchez

Ciudad de México, octubre de 2018.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

AGRADECIMIENTOS

Adrián Beltrán Alejo

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de la presente tesis, en especial al Profesor Rubén Téllez, director de esta tesis, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma; pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido durante mi estancia en la Universidad.

Especial reconocimiento a todos los profesores con los cuales tuve oportunidad de tomar clases, pues no solo obtuve conocimientos acerca de mi formación académica, si no también obtuve consejos de la vida misma y experiencias personales que compartían con nosotros para ayudarnos a tomar las mejores decisiones.

Reconocimiento especial a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, por brindarme la oportunidad de poder terminar una Licenciatura y por la cual seré un digno representante de ella en el ámbito laboral.

El mejor y más grande agradecimiento a mi familia, a mis padres, hermanas y sobrinos, por todo el apoyo incondicional y por el cual no estaría aquí en este momento.

Agradecimiento a todas las personas con las cuales conviví en mi estancia universitaria, así como también a las que me han brindado su amor y su apoyo hasta hoy día, y por las cuales este logro también es de ellos.

A todos ellos, muchas gracias.

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

AGRADECIMIENTOS

Alejandro González Dolores

Principalmente quiero agradecer a Dios por haberme acompañado en los momentos más cruciales de mi vida; por brindarme fuerza, fortaleza y por ofrecerme un camino de experiencias y sabidurías a lo largo de mi vida.

Le doy gracias a mi madre Juana Dolores y mi padre José Santos que me han brindado el apoyo necesario en cada momento de mis existencias. Por enseñarme los valores que han marcado mi forma de ser y pensar. Así mismo agradezco por brindarme la oportunidad de tener una sublime educación.

A mis hermanos por ser parte de mi vida. A Angélica González por enseñarme el valor de la vida, por mostrarme que siempre hay una causa por seguir luchando no importando las circunstancias la batalla. A Laura González por visualizarme que el fracaso es sólo una lección de aprendizaje, a Javier Santos por mostrarme el valor de la familia.

A Marcelino Romero, Enrique Gamboa y Verónica Díaz por enseñarme a comprender mis miedos, mis errores y estar siempre agradecido con las lecciones que nos brinda la vida.

Se dice que en la vida es muy difícil hallar a esa persona quien puedes confiar más toda vía es más complejo buscar esa amistad verdadera y es por esa razón que quiero agradecer a Ivon Hernández y Julio Zepeda por brindarme su apoyo, por estar siempre a mi lado en esos momentos más difíciles de mi vida, por mostrarme que la amistad efectivamente existe.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación a mis profesores que han compartido su conocimiento y han formado en mí una persona pragmática. En especial estoy profundamente agradecido con los profesores: Rubén Téllez y María de los Ángeles que fueron de vital importancia para la realización de la tesis.

Reconocimiento especial a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, por darme la oportunidad de iniciar y concluir mis estudios. Por lo que responderé y daré de mí lo mejor en el ámbito profesional.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de tesis está enfocado a la necesidad de mejorar la circulación vial en un corredor urbano ubicado dentro de la delegación Cuajimalpa de Morelos, ya que dicho corredor tiene muchos problemas que afecta la movilidad vehicular provocando grandes filas de congestión vehicular, repercutiendo directamente en aumento de los tiempos de recorridos. En general el corredor urbano cuenta con un nivel de servicio muy bajo.

Para el sustento de lo anterior se aplicaron un par de estudios: “Tiempo de recorridos y Demoras” y “ los cuales arrojaron datos para evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo del corredor, con el propósito de establecer los puntos más conflictivos y sus causas, las cuales afectan la calidad del flujo vehicular.

Con base a lo anterior se da a conocer cuál es la situación actual del corredor urbano, así como sus principales calles más conflictivas que impiden la circulación continua vehicular. Por lo tanto, teniendo el conocimiento del problema, objetivamente, se brinda una serie de propuestas para resolver la problemática. Cabe mencionar que se realizó una simulación con un *software* especializado para el tránsito vehicular (*Synchro*®), para la comparación entre los dos escenarios, es decir cómo está operando el corredor vehicular actualmente y como operará si se implantan las propuestas de mejoramiento que se proponen en esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1
ANTECEDENTES 3
PROBLEMÁTICA..... 8
JUSTIFICACIÓN..... 10
OBJETIVO GENERAL 11
OBJETIVO PARTICULARES..... 11
HIPÓTESIS 12
METODOLOGÍA 13

CAPÍTULO 1. ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LA DELEGACIÓN CUAJIMALPA DE MORELOS 15

1.1. Localización geográfica 15
1.2. Red vial 16
1.3. Topografía..... 20
1.4. Uso del suelo 22
 1.4.1. Áreas de Uso Habitacional. 22
 1.4.2. Equipamientos. 22
 1.4.3. Servicios 22
1.5. Demanda de viajes..... 24
 1.5.1 Zona atractora y generadora de viajes 25
 1.5.2. Ubicación de centroides..... 26

CAPÍTULO 2. ANALISIS MICROSCÓPICO 28

2.1. Delimitación del área de interés 28
 2.1.1. Corredor urbano 31
 2.1.2. Colonias que hacen uso del corredor urbano en la zona de estudio..... 32
2.2. Tipo de carpeta y sistemas de control..... 33
 2.2.1. Sistema de control 34
2.3. Tipo de transporte en el corredor urbano..... 45

2.4. Distribución del flujo vehicular.....	46
2.5. Distribución del transporte público en la zona de interés.....	52
2.5.1 Viajes de transporte público mayores a 10 km.....	52
2.5.2 Viajes de transporte público menores a 8 km.	56
2.6. Punto de conflicto.....	58

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE CAMPO EN EL CORREDOR URBANO 60

3.1. Propósitos del estudio de campo	60
3.2. Localización del tramo en donde se realizó el estudio de campo	61
3.3. Descripción del estudio "tiempo de recorrido y demoras"	62
3.4. Procedimiento del estudio de campo “velocidad y demoras”.....	63
3.5. Análisis descriptivo de resultados de los estudios de campo aplicados en la zona de interés	64
3.5.1. Hora valle: 5:04 am	64
3.5.2. Análisis por secciones.	66
3.5.3. Hora pico: 7:33 am.....	69
3.5.4. Comparación de los escenarios: hora pico vs hora valle.	73

CAPÍTULO 4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS..... 80

4.1. Estudio en hora pico	80
4.1.1 Análisis por sección.....	81
4.2. Estudio en hora valle: 5:03 am.....	91
4.3. Análisis del estudio.....	102
4.4. Nivel de servicio.....	103
4.5. Resultados obtenidos mediante la implantación de alternativas	105
4.6. Implantación de soluciones.....	108
4.7. Evaluación de la propuesta de mejoramiento en el corredor urbano de Cuajimalpa de Morelos.....	112
4.6.1. Justificación de los resultados esperados	114
4.8. Características del sistema de semáforos.....	120

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

4.7.1. Selección del tipo de control.....	121
4.7.2. Control totalmente accionado por el tránsito	121
4.9. Cotización estimada del sistema de implementación de semáforos.....	122

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 125

5. 1 Conclusiones	125
5. 2 Recomendaciones	126
BIBLIOGRAFÍA.....	127

ÍNDICE DE CONTENIDO TABLAS

Tabla. 1. Población del municipio de Cuajimalpa (Fuente: INEGI).....	5
Tabla 1. 1. Datos Tomados Mediante Práctica de Campo.....	19
Tabla 3. 1. Características operacionales de secciones de vialidades secundarias	67
Tabla 3. 2. Características operacionales de secciones de vialidades primarias.....	68
Tabla 3. 3. Características obtenidas mediante práctica de campo.	71
Tabla 3. 4. Características obtenidas mediante práctica de campo. Fuente propia.	72
Tabla 3. 5. Base Información Rescatada Durante el Estudio de Campo. Fuente Propia.	74
Tabla 4. 1. Resultados de Velocidades de Recorrido y velocidades de Marcha.....	80
Tabla 4. 2. Datos Recopilados y Determinación de Velocidades.	81
Tabla 4. 3. Velocidades de Recorrido y Media de Marcha	91
Tabla 4. 4. Resultado de Estudio. Fuente Propia.	92
Tabla 4. 5. Resultados Obtenidos de las Mejoras en Las Ocho Secciones.....	113
Tabla 4. 6. Costos de Semáforos LED	122
Tabla 4. 7. Costo de Controladores Para Semáforos Inteligentes.....	123
Tabla 4. 8. Costo de Estructura Para la Colocación de Semáforos	123
Tabla 4. 9. Costo del controlador de semáforos.....	124

ÍNDICE DE CONTENIDO IMÁGENES

Imagen 1. 1. Av. Chamixto Con Calle Loma de Chamixto..... 20

Imagen 2. 1. Delimitación del Área de Estudios Por Colonia 29

Imagen 2. 2. Carpeta asfáltica en buen estado (Av. Puerto México). 33

Imagen 2. 3. Carpeta asfáltica en condiciones malas (Calle Ocampo). 33

Imagen 2. 4. Balizamiento no visible (Av. Puerto México) 34

Imagen 2. 5. Línea doble continua poco visible (Calle Ocampo)..... 35

Imagen 2. 6. Elemento físico en condiciones excelentes, Carretera Federal México-Toluca. 35

Imagen 2. 7. Botones de tránsito en condiciones aceptables. (Calle Ocampo) 36

Imagen 2. 8. Balizamiento destinados al paso del transeúnte en condiciones poco vivible (Av. Juárez con Av. México)..... 36

Imagen 2. 9. Balizamiento destinado al transeúnte en condiciones aceptables (Av. Puerto México)..... 37

Imagen 2. 10. Elemento preventivo no visibles (Av. Puerto México) 37

Imagen 2. 11. Semáforo no sincronizado adecuadamente al flujo vehicular (Av. Veracruz) . 38

Imagen 2. 12. Semáforo operando con una sincronización no adecuada al volumen vehicular. Av. Ocampo con Av. Veracruz. Fuente propia. 38

Imagen 2. 13. Banqueta en condiciones excelente (Av. Puerto México)..... 44

Imagen 2. 14. Banqueta en condiciones regulares. (Av. Puerto México) 44

Imagen 2. 15. Banqueta en buenas condiciones. (Av. Puerto México)..... 45

Imagen 2. 16. Unidad de la ruta 4 en condiciones regulares 53

Imagen 2. 17. Unidad de transporte “Monte de las Cruces”, en condiciones buenas 54

Imagen 2. 18. Unidad RTP, en condiciones buenas. 54

Imagen 4. 1. Hora Pico (7:30-10:00) am. Sección Av. Puerto México con problemas de congestión102

Imagen 4. 2. Hora Pico (4:00 a 10:00) am. Sección Calle Ocampo (flujo de retorno)102

Imagen 4. 3. Av. Puerto México Presenta Problemas de Movilidad en un Horario de (7:30 a 10:00) am104

Imagen 4. 4. Calle Ocampo presenta problemas de movilidad vial en un horario de: (7:30 a 10:00) am104

Imagen 4. 5. Datos Capturados mediante el Software Synchro Trafic114

Imagen 4. 6. Nivel de Servicio de Tipo H en las secciones Av. Puerto México y Calle Ocampo.....115

Imagen 4. 7. Nivel de Servicio de Tipo F en las secciones Av. Veracruz y Calle Ocampo...116

Imagen 4. 8. Nivel de Servicio de Tipo F en las secciones: Av. Juárez, Av. Veracruz y Calle Morelos117

Imagen 4. 9. Nivel de servicio Tipo C a partir de la Implantación118

Imagen 4. 10. Nivel de servicio Tipo C a partir de la Implantación119

Imagen 4. 11. Nivel de servicio Tipo C a partir de la Implantación120

ÍNDICE DE CONTENIDO MAPAS

Mapa 1. Ubicación de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos	3
Mapa 1. 1. Localización del Área de Estudio.	15
Mapa 1. 2. Localización de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos	16
Mapa 1. 3. Red Vial de Movilidad de la Delegación Cuajimalpa de Morelos	17
Mapa 1. 4. Accesibilidad a la Red Primaria.	18
Mapa 1. 5. Topografía de Cuajimalpa de Morelos.....	21
Mapa 1. 6. Uso de Suelo de la Delegación Cuajimalpa de Morelos	23
Mapa 1. 7. Clave y Nombre de Los Municipios de la Delegación Cuajimalpa de Morelos	24
Mapa 1. 8. Zonas Atractoras y Generadoras de Viajes en la Delegación Cuajimalpa de Morelos.....	25
Mapa 1. 9. Centroides de la Delegación Cuajimalpa de Morelos.....	27
Mapa 2. 1. Delimitación del Área de Estudios Por Colonia.....	28
Mapa 2. 2. Vialidad de Estudio (Vialidad Continua)	30
Mapa 2. 3. Elaboración Propia. Corredor Urbano de la Delegación Cuajimalpa de Morelos..	31
Mapa 2. 4. Colonias que hacen uso Del Corredor Urbano.	32
Mapa 2. 5. Curva prolongada en el corredor urbano (Carretera Chimalpa).	39
Mapa 2. 6. Corredor urbano sección Av. Puerto México	40
Mapa 2. 7. Primer nodo del corredor urbano Av. Veracruz con la Carretera México-Toluca .	41
Mapa 2. 8. Segundo nodo del corredor urbano. Av. Juárez con Carretera México-Toluca.	42
Mapa 2. 9. Localización de Nodos con problemas de movilidad en la Col. Cuajimlpa.....	43
Mapa 2. 10. Recorrido del Transporte Concesionado	55
Mapa 2. 11. Transporte Concesionado (Viajes Dentro de la Zona de estudio menores a 8 km).	57
Mapa 2. 12. Punto de Conflicto (6:00 a 10:00) AM.	58
Mapa 2. 13. Punto de Conflicto (4:00 a 10: 00) pm.....	59
Mapa 3. 1. Recorrido de Estudio.....	61
Mapa 3. 2. Trayecto de recorrido del Estudio de Campo, Hora valle.	65
Mapa 3. 3. Tramo total dividido en ocho secciones.....	66
Mapa 3. 4. Resultados de Estudios de Campo, Hora Pico.....	70
Mapa 3. 5. Estudio de campo (hora pico vs hora fuera de valle). Fuente propia.....	73
Mapa 3. 6. Características de la sección, Col. Av. Puerto México	75
Mapa 3. 7. Características de sección, Calle Ocampo.....	76
Mapa 3. 8. Características de sección, Av. Veracruz	76
Mapa 3. 9. Características de sección, Carretera México-Toluca.....	77
Mapa 3. 10. Características de sección Carretera México-Toluca el Yaqui.....	77
Mapa 3. 11. Características de sección Carretera México-Toluca Kilometro 16	78
Mapa 3. 12. Característica de sección Av. Constitución	78

Mapa 3. 13. Características de sección Av. Observatorio 79
Mapa 4. 1 Localización del sitio que presenta contrariedades de movilidad (corredor urbano)
106

ÍNDICE DE CONTENIDO DE GRAFOS

Grafo 2. 1. Movimiento direccional en la Colonia Cuajimlapa de Morelos..... 46
Grafo 2. 2. Avenidas y Nodos Principales del corredor de Cuajimlapa de Morelos 47
Grafo 2. 3. Movimiento del Transporte Privado con origen Col. Chimalpa y destino
Carretera México-Toluca..... 48
Grafo 2. 4. Viajes Originados en la Colonia Zentlatpatl con destino a la Carretera México -
Toluca 49
Grafo 2. 5. Viajes Originados en la Colonia Cuajimalpa, con destino a la Carretera México -
Toluca 50
Grafo 2. 6. Viajes Originados en la Colonia Cuajimalpa, con destino a la Carretera México -
Toluca 51

ÍNDICE DE CONTENIDO GRAFÍCAS

Grafica 4. 1. Tiempos de demora en cada sección del recorrido total 90
Grafica 4. 2. Tiempos de demoras en cada sección 101
Grafica 4. 3. Resultados del Estudio de Velocidad y Demoras 112
Grafica 4. 4. Resultados del Estudio de Velocidad y Demora..... 113

ÍNDICE DE CONTENIDO DIAGRAMAS

Diagrama 4. 1. Espacio-Tiempo del recorrido total 82
Diagrama 4. 2. Espacio-Tiempo, secciones 1, 2 y 3 83
Diagrama 4. 3. Análisis de las secciones 4, 5 y 6. 84
Diagrama 4. 4. Análisis de las Secciones 7 y 8..... 85
Diagrama 4. 5. Velocidades con Relación a las Distancias Recorridas en Cada Sección..... 86
Diagrama 4. 6. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las
secciones 1, 2 y 3..... 87
Diagrama 4. 7. Relación Velocidad - Distancia Recorrida, con factores de retraso, en las
secciones 4, 5 y 6..... 88
Diagrama 4. 8. Relación Velocidad - Distancia recorrida, con factores de retaso, en las
secciones 7 y 8. 89
Diagrama 4. 9. Diagrama Espacio – Tiempo Del Recorrido Total..... 93
Diagrama 4. 10. Análisis de las Secciones 1, 2 y 3..... 94
Diagrama 4. 11. Análisis de las Secciones 4, 5 y 6..... 95
Diagrama 4. 12. Análisis de las Secciones 7 y 8..... 96
Diagrama 4. 13. Velocidades con Relación a las Distancias Recorridas en Cada Sección..... 97

Diagrama 4. 14. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 1, 2 y 3	98
Diagrama 4. 15. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 4,5 y 6.	99
Diagrama 4. 16. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 7 y 8.	100

ÍNDICE DE CONTENIDO BOCETOS

Boceto 4. 1. Puntos Identificados en la Zona de Estudio	107
Boceto 4. 2. Av. Puerto México, Implantación de Soluciones	108
Boceto 4. 3. Calle Ocampo, Implantación de Soluciones	109
Boceto 4. 4. Av. Veracruz, Implantación de Solución	110
Boceto 4. 5. Implantación Final en la Zona de Cuajimlapa.....	111

INTRODUCCIÓN

La presente Tesis está enfocada en determinar las posibles causas de la que generan la problemática de movilidad en el corredor urbano, comprendido por la Av. Huixquilucan, Av. Zacamulpa Sur, Constitución, Carretera Chimalpa, Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz, en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos.

La tesis destaca los principales problemas de conectividad vial que se presenta en la zona de Cuajimalpa, ya que es un punto donde conecta el estado de México con la Ciudad de México por medio de un corredor urbano. Dicho problema de conectividad afecta la circulación vehicular y en general a la zona de estudio. Para comprender el problema se estudió la transformación que ha tenido Cuajimalpa, haciendo énfasis en el uso del suelo y el aumento poblacional los cuales son problemas que ha ocasionado; que el número de viajes se haya incrementado. Este cambio drástico de uso de suelo ha generado una variación muy considerable en el flujo vehicular y ha producido el aumento de viajes del transporte público y privado.

La tesis está compuesto por cinco capítulos en donde se exponen las diversas problemáticas o posibles soluciones del problema de estudio. Se espera que la presente investigación consolide alternativas que solucionen los problemas identificados.

El capítulo uno es un análisis macroscópico de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos; detalla e ilustra mediante mapas temáticos la composición de la red vial y el uso del suelo. También se puntualiza la zona de interés que durante todos los siguientes capítulos se analizaron.

El segundo capítulo exterioriza un análisis microscópico en los puntos detectados con mayores conflictos viales de la Delegación de Cuajimalpa, donde se detalla la ubicación y el recorrido del transporte público. Se elaboró un análisis profundo en las secciones más conflictivas las cuales presentan lentitud en el flujo vehicular. En el capítulo también se introduce el concepto de centroide el cual es de suma importancia pues se conocen los puntos de acceso y distribución en zonas que presenta problemáticas de movilidad, y es ahí donde se propondrán soluciones para resolver los problemas de tránsito.

El tercer capítulo expone la metodología del estudio que se llevó a cabo; así mismo, se muestra la información obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), acerca del número de viajes realizados en la delegación Cuajimalpa, también se presentan los resultados mediante diagramas; finalmente se incorpora la información sobre el nivel de servicio de las vialidades que presentan conflictos de movilidad.

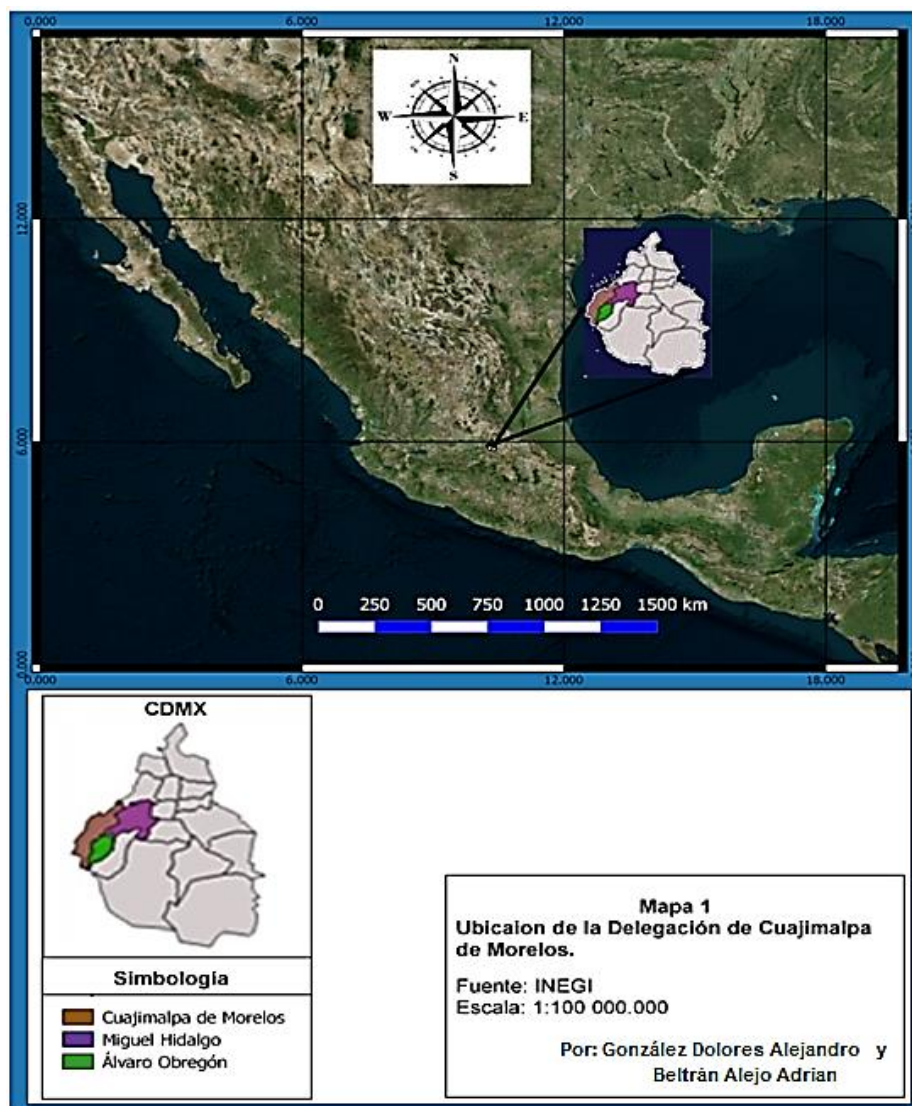
Posteriormente en el cuarto capítulo se presentan las mejoras, con base a los estudios de “Tiempos de Recorrido y Demoras” y “Velocidades y Demora” de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos, en cada uno de los capítulos se integró información con la finalidad tener una visión global de las dificultades que causan al transitar los peatones y automovilistas, como problemas de infraestructura, inseguridad, congestionamiento vehicular, etc.

El quinto capítulo presenta las recomendaciones y conclusiones de la investigación.

ANTECEDENTES

En 1928, Cuajimalpa fue considerada como municipio y a partir del 1o. de enero de 1929 se convirtió en lo que anteriormente se denominaba Delegación del Distrito Federal, en 1970 se designa con el nombre de Cuajimalpa de a esa Delegación. Está ubicada al poniente de la Ciudad de México; localizada al norte con la Delegación de Miguel Hidalgo y al Oriente con la Delegación Álvaro Obregón. Se ilustra lo mencionado en el siguiente mapa de macrolocalización¹.

Mapa. 1. Ubicación de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos



Fuente: Elaboración Propia

¹ Programa de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa (1997).

Para el Programa de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa, en 1964, el Regente Ernesto P. Uruchurtu, decidió prohibir nuevos asentamientos o fraccionamientos dentro de Distrito Federal. Esa decisión creó un desorden en el desarrollo en la Ciudad. Y a principios de 1950 a 1980, Cuajimalpa de Morelos pasó de tener un número menor de habitantes debido a índice poblacional de acuerdo a INEGI.

De esta manera, en Cuajimalpa surgieron desarrollos de vivienda residencial de nivel socioeconómico alto y medio en torno a la Cabecera Delegacional, Contadero y el Fraccionamiento Vista Hermosa; así como el establecimiento de algunos asentamientos irregulares en algunas laderas de los cerros y barrancas².

De lo anterior, en los años setenta se presentó un crecimiento más acelerado. En el suelo de conservación se asienta el 30% de la población total, teniéndose como suelo urbano el 20% del territorio delegacional.

Conforme al INEGI, el área total que ocupa la Delegación de Cuajimalpa es de aproximadamente 8095.00 ha³ con la siguiente proporción: como del espacio total, ofrece un zona de 1,622.00 ha de Suelo Urbano y 6,473.00 ha como Suelo de Conservación. Prácticamente esto a 20% y 80% respectivamente.

² Programa de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa (1997).

³ Programa Delegacional del Distrito Federal, 1997.

Para INEGI, el espacio designado al Suelo Urbano ha incrementado un 20%, el cual muestra un territorio más poblado llegando al 40% de su territorio y 33% corresponde a bosques templados (pino, oyamel, pino-encino y encino), pastizales y matorrales⁴. En la tabla No.1. Se observa un crecimiento poblacional descontrolado que ha provocado una cantidad de asentamientos irregulares.

Tabla. 1 Población del municipio de Cuajimalpa (Fuente: INEGI).

Año	Población	Área Total (HA)	Densidad HAB/HA
1970	36,200	8,095	4.47
1980	84,665	8,095	10.45
1990	119,669	8,095	14.78
1995	136,873	8,095	16.90
2015	199,224	8,095	24.61

Fuente: Elaboración Propia

Vialidades que conforman la Delegación de Cuajimalpa de Morelos

La estructura vial de la Delegación incluye, carreteras de integración regional:

- Carretera Federal México Toluca.
- La Autopista Chamapa-La Venta.
- Autopista México-Toluca.

Vialidades Primarias

- Avenida José Ma. Castorena
- Carlos Echanove
- Avenida Pastores.
- Avenida Juárez.
- Avenida Veracruz.

⁴ www.inegi.org.mx/.

- Avenida Arteaga Salazar.
- Vasco de Quiroga.
- División del Norte.
- Vialidad La Palma.
- Paseo de Los Laureles.

Las vialidades secundarias son de unión con el Estado de México, como son:

- Camino al Olivo.
- San José de los Cedros.
- Jesús del Monte.
- Avenida México.

Transporte Público.

Tabla 1 Fuente INEGI, Sistema de Transporte Publico.

Transporte Público con base en Cuajimalpa		
Base	Ruta	Ramal
Cuajimalpa	76 (el Yaqui)	Cuajimalpa-Cabrera Asfaltos
		Cuajimalpa-Santiago
		Cuajimalpa-Olivo
		Cuajimalpa-Chamizal
	4 calle Ocampo	Cuajimalpa-San Fernando
		Cuajimalpa-Huizachito
	Calle Ocampo	Cuajimalpa- La Papa
		Cuajimalpa-Chimalpa
	Jesús del Monte RTP	Cuajimalpa-Metro Chapultepec (Contadero)
		Cuajimalpa-San Mateo (Jesús del Monte)
Cuajimalpa-Tacubaya (Jesús del Monte)		
Cuajimalpa-Desierto de los Leones (Jesús del Monte)		
San Lorenzo Acopilco	4 Acopilco	Acopilco-Tacubaya
	76 Acopilco	Acopilco-Metro Juanacatlán
	RTP	Acopilco-Metro Observatorio
	Monte de las Cruces	Acopilco Cuajimalpa
San Pablo Chimalpa	RTP	San Pablo Chimalpa-metro Tacubaya
	4 Chimalpa	San Pablo Chimalpa-Cuajimalpa
San Mateo Tlaltenango	5 Tlaltenango	Cuajimalpa-San Mateo/Santa Rosa
	5 Tlaltenango	Tacubaya-San Mateo/Santa Rosa
	RTP	Tacubaya-San Mateo
La Pila	76 La pila	La Pila-Metro Juanacatlán
	RTP	La Pila-Tacubaya
Plaza las Lilas	2 Lilas	Metro-Chapultepec
Transporte Público que pasa por Cuajimalpa		
Base	Ruta	Ramal
Metro Tacubaya	4	Cuajimalpa, Tinajas, Chimalpa, Acopilco, Marquesa, Huixquilucan, Navidad, Santiago-Cabrera.
	RTP	
Metro Observatorio	Monte de las Cruces	Acopilco-La Pila, Huixquilucan, Santiago-Cabrera, San Juan
Metro Chapultepec	Monte de las Cruces	Chapultepec-Contadero Cuajimalpa

Fuente: Elaboración Propia

PROBLEMÁTICA

La Delegación de Cuajimalpa de Morelos, enfrenta problemas de movilidad vial para movilizarse con periodos de tiempo cada vez más prolongados. Esto se debe, a la mala administración de las mismas vialidades y al aumento del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Cabe señalar que una vialidad de circulación discontinua, implica que se interrumpa el flujo vehicular por aquéllos elementos físicos que son incorporados en la vialidad, ya sean semáforos o elementos de control horizontales, pero también el diseño geométrico es otro punto que entorpece el flujo continuo. Es por esa razón, que se especula que la topografía con la que está conformada la Delegación, se convierte en un factor muy importante en el entorpecimiento de la movilización vehicular.

Con base al artículo 30 del Reglamento de Tránsito del Distrito Federal, se prohíbe el estacionamiento a cualquier vehículo que genere una problemática al entorno vial, y que afecte la circulación vehicular. La falta de educación vial y el espacio robado por aquéllos conductores que dejan estacionados los vehículos, sobre carriles laterales, ocasionan la reducción de velocidad en la vía y la disminución de espacio para los modos de transporte, es uno de los principales problemas que afecta la movilidad vial.

El aumento de equipamientos, como por ejemplo: centros comerciales, escuelas, hospitales, entre otros, han modernizado el uso del suelo y lo que un día fue una delegación aislada, se convirtió en una zona atractora, por los diversos viajes que se realizan, ya sea por trabajo, educación, recreación o entre otros factores y han ocasionado que el número de viajes se incremente, eso implica que las vías sean muy demandadas.

El congestionamiento no sólo se manifiesta en vialidades que no soporta la demanda vehicular, existen factores que han adquirido mayor impacto en la movilidad. La traza urbana es un motivo que influye en la accesibilidad y conectividad de las zonas aledañas con lugares urbanizados. Cabe señalar que la Delegación de Cuajimalpa contempla un trazo urbano, que fue formado mediante asentamientos irregulares y debido a dicha formación, el diseño de las vialidades no permite un flujo continuo.

Mediante el compendio y análisis de la información expuesta, se estima que la mala administración en las vialidades que comprenden el corredor urbano de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos, presenta y genera retrasos en el flujo vehicular, ocasionando congestiones que a su vez, producen viajes con tiempos más prolongados y un aumento en el consumo de combustible, ocasionando otros tipos de externalidades como la contaminación que genera el transporte automotor, ruido, entre otros inconvenientes.

Así mismo las demoras de tránsito, se han incrementado en el periodo "2010 a 2018" debido al cambio de uso del suelo y a la geometría de las vialidades en la Delegación de Cuajimalpa (Col. Cuajimalpa); por otro lado, la inconsciencia e irresponsabilidad de las autoridades, ha generado que los conductores utilicen las vialidades para estacionar sus vehículos, lo que también implica que el flujo continuo se interrumpa y que los movimientos que realizan los conductores, ocasionen colas extensas.

Se estima que en intervalos de máxima demanda, los semáforos que se encuentran operando en la zona de interés, no funcionan adecuadamente, lo cual implica tiempos de semáforos mal distribuidos generando aglomeraciones.

JUSTIFICACIÓN

Con base en la ley de Movilidad de la Ciudad de México, Capítulo 1 del Artículo 1 establece que toda persona deberá efectuar un desplazamiento que cumpla con las condiciones de seguridad, calidad, sustentabilidad, que satisfaga las necesidades de las personas y el desarrollo de la sociedad en su conjunto⁵. Cabe señalar que los tiempos de recorrido ya sean en transporte público o privado son bastante prolongados por el problema del congestionamiento vehicular que se presenta en el corredor urbano. Es por esta razón que surgió la motivación del estudio de la problemática y el comportamiento que enfrenta dicho corredor urbano, para posteriormente poder implementar propuestas de solución con el objetivo de reducir los tiempos de recorrido y mejorar el nivel de servicio en la zona de estudio.

La movilidad responde a la conectividad entre vialidades, jerarquización de modos de transporte y al diseño geométrico de la vialidad. Por esta razón se examinaron con mayor detalle todos los accesos viales. Así mismo, se pretende mejorar la calidad urbana y corregir la funcionalidad de las vialidades de la Delegación de Cuajimalpa.

La información aportada por este proyecto, favorecerá la movilidad y accesibilidad en la zona, que dentro de los beneficios que se pretenden obtener está el ofrecer nuevas alternativas de movilidad y establecer mejoras a los intervalos de congestionamiento. También se pretende establecer la conectividad entre las vialidades.

Se intenta establecer una nueva jerarquización del uso de la vialidad, ordenar el transporte público de pasajeros que tenga la oferta que se ajuste a la demanda y que posea descensos y ascensos seguros, que no perjudique al flujo vehicular.

De todo lo anterior, se pretende mejorar la convivencia entre todas las formas de desplazarse que se utilizan en la Delegación de Cuajimalpa (modos motorizados y no motorizados), así como la interoperabilidad entre los modos de transporte, es decir, se busca tener un sistema que funcione correctamente e incluso que pueda funcionar con nuevos proyectos existentes de mejora urbana existentes o proyectos futuros.

⁵ Ley de Movilidad del Distrito Federal, Última Reforma Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal: 7 de diciembre de 2017.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico vial en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos, para determinar las problemáticas de movilidad y accesibilidad, mediante un análisis de enfoque sistémico que permita proponer soluciones factibles a dichas problemáticas, conllevando a la posible reducción de la inseguridad de peatones y conductores, así como de emisiones contaminantes.

OBJETIVO PARTICULARES

- Conocer la situación actual de las vialidades existentes en la Delegación Cuajimalpa de Morelos.
- Identificar los accesos principales (carreteras de integración regional y vías conectoras) que permiten la conectividad interna y, la conectividad entre Delegaciones.
- Revisar el diseño geométrico, asumiéndola como la causa generadora de congestiónamiento.
- Analizar el crecimiento urbano (asentamientos regulares e irregulares) haciendo énfasis en lo siguiente: crecimiento poblacional y puntos generadores de viajes (escuelas, centros comerciales, hospitales etc.).
- Verificar el crecimiento de la demanda vehicular y compararla con la capacidad de oferta que tiene la Delegación.
- Identificar los puntos más significativos (de conflictos), que involucran mala operación de las vialidades.
- Examinar el transporte público de la Delegación de Cuajimalpa (descensos y ascensos),
- Proponer soluciones para la mejora de la movilidad en el área de estudio.

HIPÓTESIS

Si se implementará el reordenamiento de operación adecuada en las vialidades en donde se presentan las problemáticas principales, se estableciera el ajuste de los semáforos, liberación de carriles y establecer ascensos y descensos en puntos estratégicos, se lograría una adecuada administración de las vialidades. De esta forma, el nivel de servicio se corregirá de tal manera, que se obtenga un flujo continuo en los intervalos de máxima demanda, sin originar embotellamientos.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el presente proyecto, consistió básicamente en:

1. Investigar y levantar información de la zona de estudio, considerando algunos puntos que contemplan en las auditorías viales, como:
 - Levantamiento topográfico de la zona de interés (diseño geométrico de la vía).
 - Señalización horizontal.
 - Señalización vertical.
 - Clasificación de la operación.
 - Clasificación del transporte público.
2. Se analizó la oferta vial en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos (Carretera de Integración Regional, Vialidades Primarias y Vialidades Secundarias). Con el propósito de conocer la conectividad vial.
3. Se realizaron dos estudios; el primer estudio de “Tiempo de Recorrido y Demoras” se aplicó en la zona de interés, mediante la metodología tomada del Manual de Ingeniería de Tránsito. Y con base en los datos obtenidos de dicho estudio, se realizó un análisis más profundo analizándolo mediante el segundo estudio de “Velocidad y Demoras”.

Básicamente en un estudio de Tiempo de Recorrido y Demoras (velocidad) se determinó el desempeño de las rutas principales del sector señalado en el corredor urbano. Dicho estudio fue importante porque se definieron los parámetros de velocidades de secciones viales y velocidad del corredor urbano.

4. Con base en la información (encuesta de Origen-Destino) que proporciona el INEGI, se analizó una porción del corredor urbano. Ya que la demanda de viajes, es el primer factor que involucra que el tiempo utilizado en el trayecto de un punto “A” a un punto “B”, sea más extenso o más breve.

La encuesta Origen-Destino (INEGI), es una herramienta metodológica integrada mediante la aplicación de cuestionarios a domicilios que permite tener una visión más amplia respecto a distribución de los viajes.

5. Con base en a lo anterior, se detectaron las demoras y colas; se llevaron a cabo una serie de cálculos para determinar la velocidad de marcha y, permitió evaluar los niveles de servicio de la zona de estudio, además se pudieron detectar los puntos de conflicto para estudiarse puntualmente.
6. se analizó la demanda en términos de volumen de tránsito y se realizó el análisis de capacidad para definir el nivel de servicio.
7. Se combinaron los parámetros para examinar con mayor exactitud las causas de congestión y obtener una visión integral y concisa.
8. Uso de las herramientas (*Software*) que se utilizaron, son las siguientes:
 - *Open GPS Tracker* ®
 - *Qgis* ®
 - *AutoCad* ®
 - *ArcGis* ®
 - *Synchro 8.0* ®
9. Y por último fue necesario delimitar en donde se realizaría el estudio Tiempos de Recorrido Y Demoras, en este mismo sentido, fue necesario localizar los centroides, que generan los viajes de atracción. En resumen como punto de partida es ineludible recurrir a INEGI debido a la información básica que se puede extraer.

CAPÍTULO 1

Análisis Macroscópico de la Delegación Cuajimalpa de Morelos

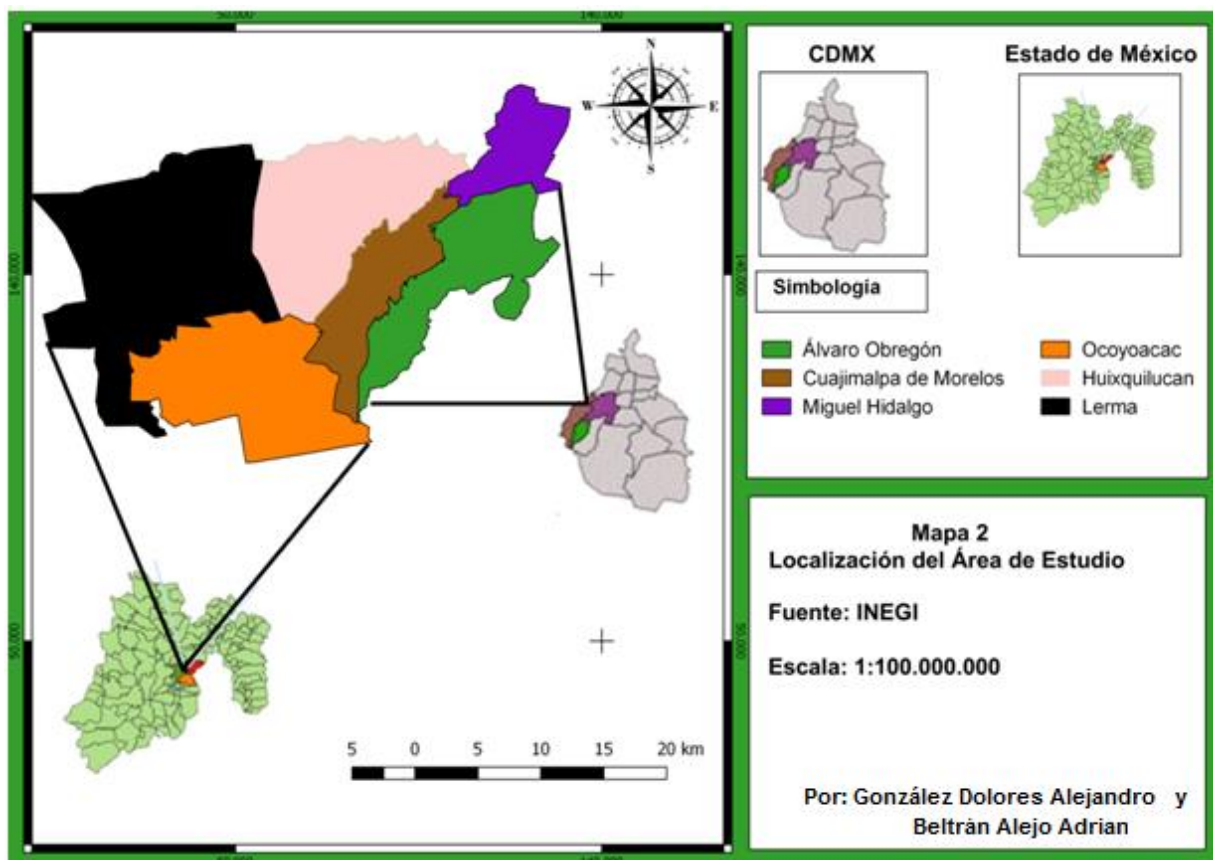
CAPÍTULO 1. ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE LA DELEGACIÓN CUAJIMALPA DE MORELOS

1.1. Localización geográfica

La Delegación de Cuajimalpa de Morelos se ubica al poniente de la Ciudad de México, limita al norte con la Delegación Miguel Hidalgo; al Oriente con la Delegación de Álvaro Obregón, al poniente con los municipios de Huixquilucan, Lerma y Ocoyoacac, que pertenecen al Estado de México.

En el siguiente mapa se muestra lo anteriormente mencionado.

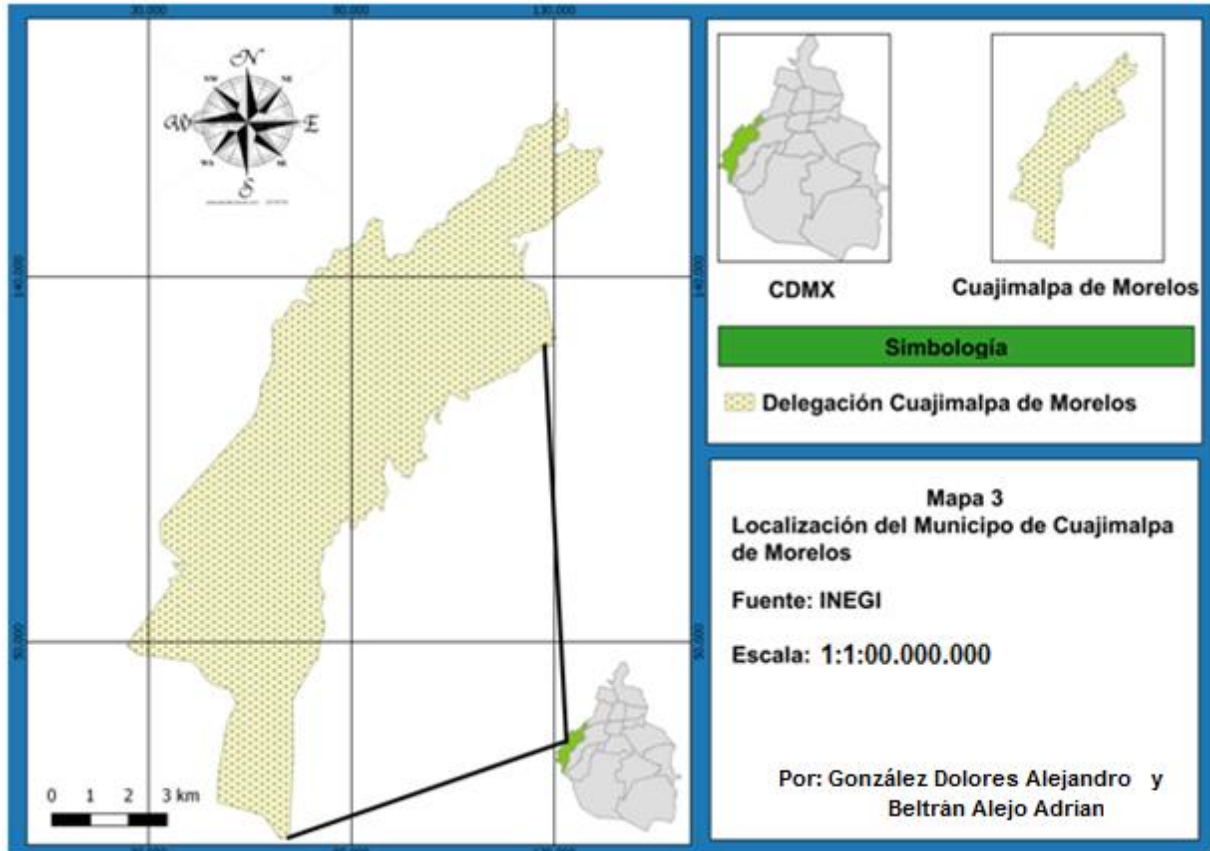
Mapa 1. 1. Localización del Área de Estudio.



Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente mapa se muestra la localización de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos a una escala que permite verla con mayor claridad.

Mapa 1. 2. Localización de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos



Fuente: Elaboración propia.

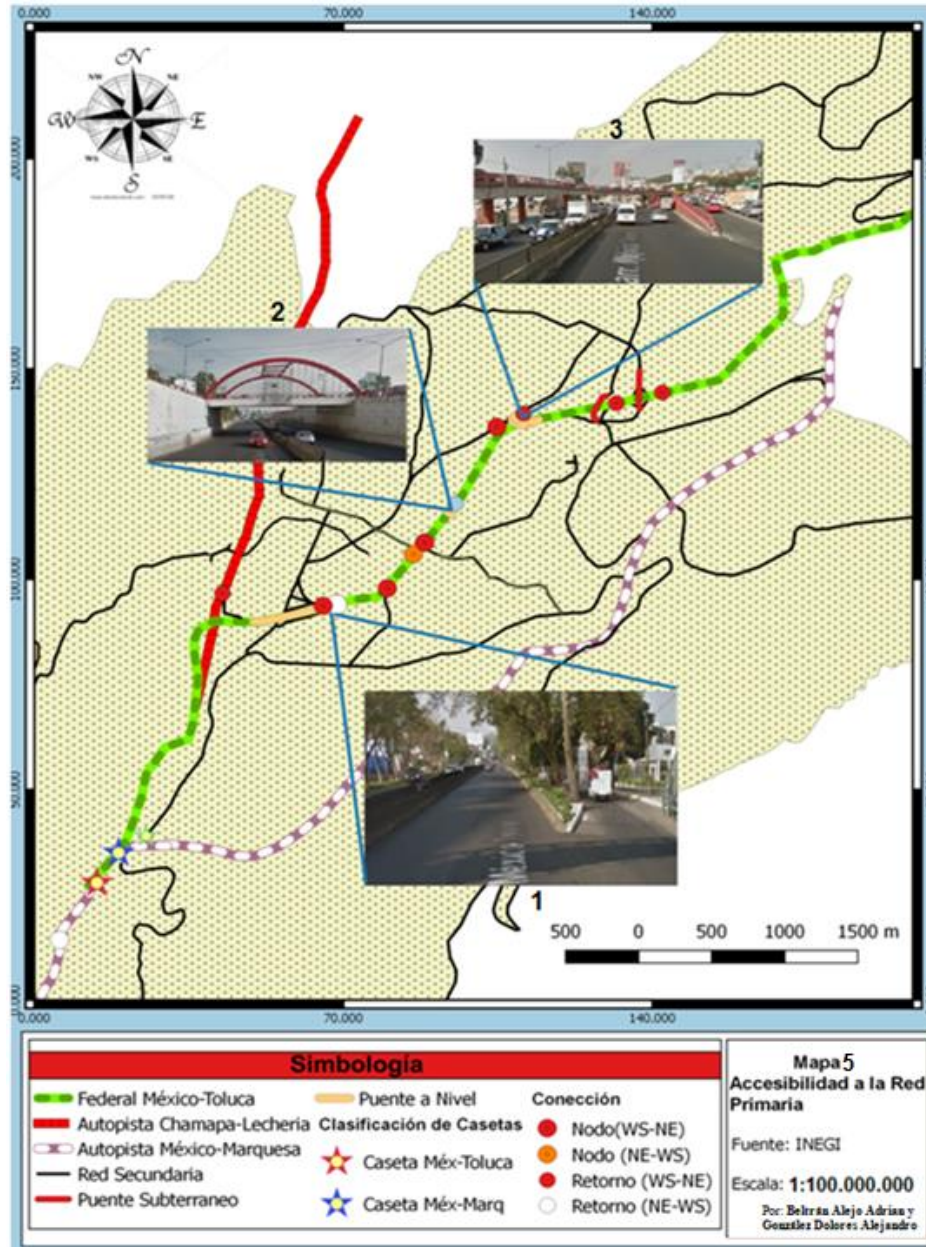
1.2. Red vial

El desarrollo histórico de la Delegación de Cuajimalpa se refleja en su traza urbana (red vial de movilidad regional), principalmente debido a los cambios constantes que ha sufrido con relación a sus asentamientos irregulares.

Muchas vialidades históricamente fueron producto de los cambios en asentamientos irregulares y debido al crecimiento incontrolado de la planificación del territorio ha conllevado a una mala accesibilidad; además el crecimiento económico de la misma zona ha incrementado una variación en el flujo continuo, ocasionado embotellamientos.

La conectividad de la red vial de Integración Regional se muestra en el siguiente mapa, en donde se pueden observar los puentes o pasos a desnivel que se tienen sobre los cruces con las calles: Carretera México-Toluca con Av. Veracruz, Carretera México-Toluca con Antonio Ancona y Carretera México-Toluca con José María Castorena.

Mapa 1. 4. Accesibilidad a la Red Primaria.






Fuente: Elaboración Propia.

El tipo de topografía que existe en Cuajimalpa de Morelos ocasiona que se enfrenten dificultades de conectividad en las vías Regionales; cuenta con diferentes tipos de desniveles en toda la zona, cambios de altitud que afectan la unión de dos o más vialidades y que además entorpecen el flujo vehicular.

En la siguiente tabla se describen detalladamente y se muestran (ilustración), los accesos que se muestra en el mapa 1.4.

Tabla 1. 1. Datos Tomados Mediante Práctica de Campo.

No	Coordenadas	Descripción	Ilustración
1	19.350411, -99.300729	Existe el primer nodo (Carretera Federal México-Toluca y Av. Veracruz), que alimenta a las colonias: Cuajimalpa, Contadero, Zentlapati, Chimalpa entre otra, así mismo permite que Huixquilucan y Zacamulpa puedan hacer uso de la conexión, Dicho nodo funciona como retorno al flujo que llega de la Ciudad de México.	 <p>Fuente Propia. Ilustración No. 1.</p>
2	19.356614, -99.291242	Existe el segundo nodo (Calle Antonio Ancona y Carretera Federal México Toluca), permite que gran parte del flujo converja con la carretera Federal en dirección al Estado de Toluca. Dicho nodo permite el retorno al flujo que va en dirección a la CDMX.	 <p>Fuente Propia. Ilustración No. 2.</p>
3	19.362679, -99.285884	El tercer nodo (José María Castorena y Carretera México Toluca), converge con el flujo que se dirige a la CDMX, así mismo permite que el flujo que llega de la CDMX retorne.	 <p>Fuente Propia. Ilustración No. 3.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

1.3. Topografía

Conforme al Programa de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa de Morelos, el tipo de zonificación que presenta corresponde a la Zona 1 de Lomas, en donde el tipo de suelo está formado por rocas o suelos generalmente firmes. Es un suelo principalmente montañoso, por lo que presenta con demasiadas pendientes y elevaciones.

Las zonas montañosas presentan áreas con mayor altitud que coexisten con áreas con menores elevaciones, debido a esta situación, la mayor parte de vialidades presentan pendientes prolongadas que exigen una potencia mayor para ciertos vehículos (modelos antiguos), y les impiden desplazarse libremente.

Ocasionalmente existen vialidades que convergen con otras que tienen la misma altitud, por lo general la conexión entre ambas, es mediante un paso a desnivel o simplemente utilizando calles que contemplan pendientes considerables, las cuales permiten converger al lugar requerido, como se puede observar en la siguiente imagen.

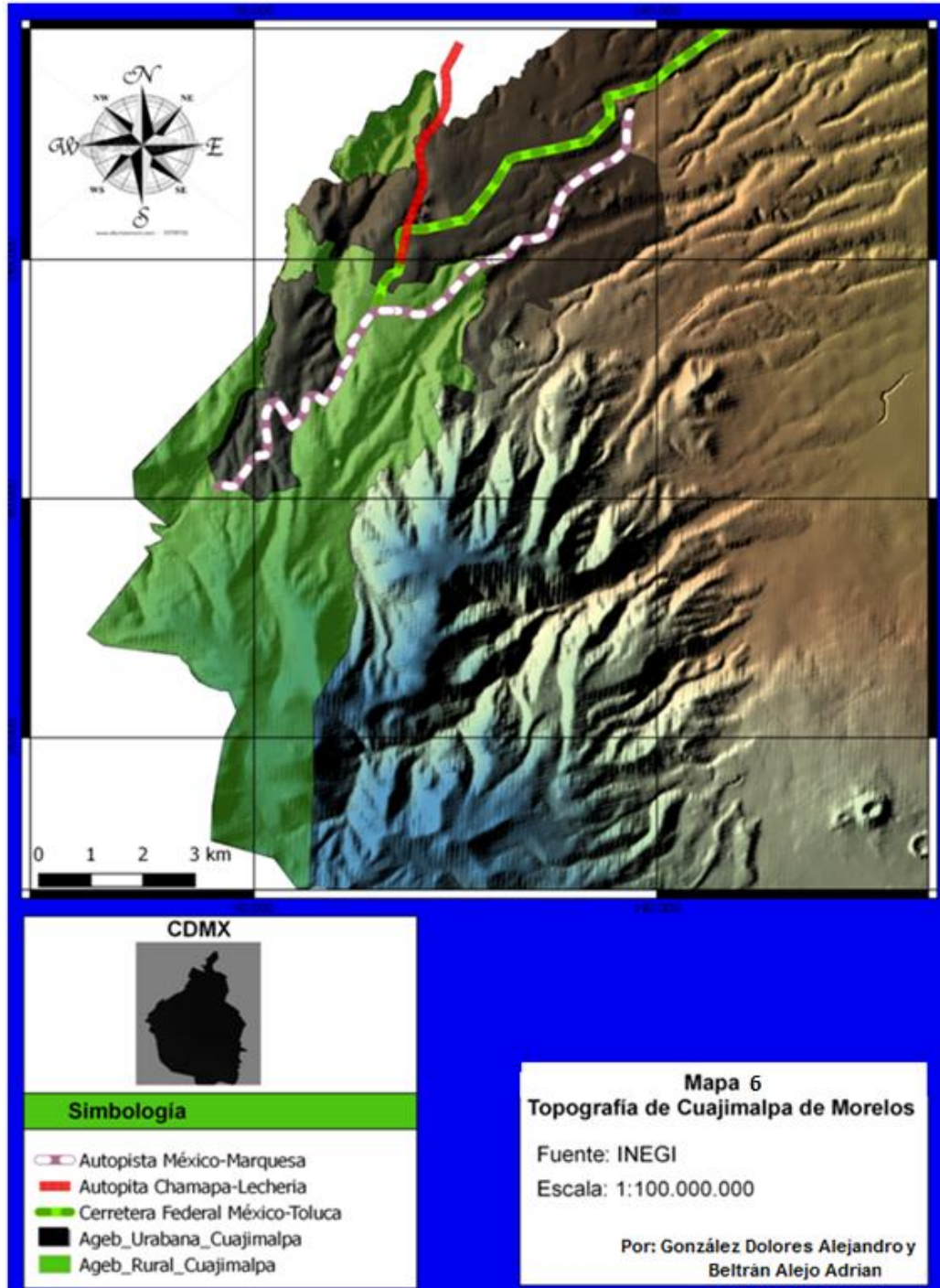
Imagen 1. 1. Av. Chamixto Con Calle Loma de Chamixto.



Fuente: Elaboración Propia.

Para mostrar la topografía de la Delegación de Cuajimalpa se presenta el siguiente mapa, que como se puede observar es bastante escarpada.

Mapa 1. 5. Topografía de Cuajimalpa de Morelos.



Fuente: Elaboración Propia.

1.4. Uso del suelo

Conforme al programa parcial Delegacional de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa de Morelos (1987), el área de conservación ecológica representaba el 80 por ciento de la superficie territorial. Y utilizando el *Software Qgis*, y con los datos que se obtuvieron en INEGI (*SHP*), se determinó la superficie aproximada de uso de conservación ecológica, dando como resultado que el 55 por ciento corresponde actualmente al uso de conservación, mientras que el área urbanizada corresponde al 45 por ciento.

1.4.1. Áreas de Uso Habitacional.

La delegación muestra tres diferentes tipos de zonas habitacionales, en donde las densidades son menores a 50 hab/ha. La primera se clasificó como habitacional de tipo residencial unifamiliar de dos a tres niveles, con ubicación al norte con la Carretera Federal México-Toluca. La segunda clasificación se encuentra distribuida en la zona urbana de la Delegación de Cuajimalpa y en sus alrededores que se consideran como habitacional con comercio (áreas de suelo mixto), dichas construcciones generalmente está formadas por dos o tres niveles. Y por último la tercera zona se integra por los poblados y comunidades en suelo de conservación, se integra por habitantes por lote con tendencia a conservar el uso habitacional. Los niveles de construcción son de dos a tres pisos.

1.4.2. Equipamientos.

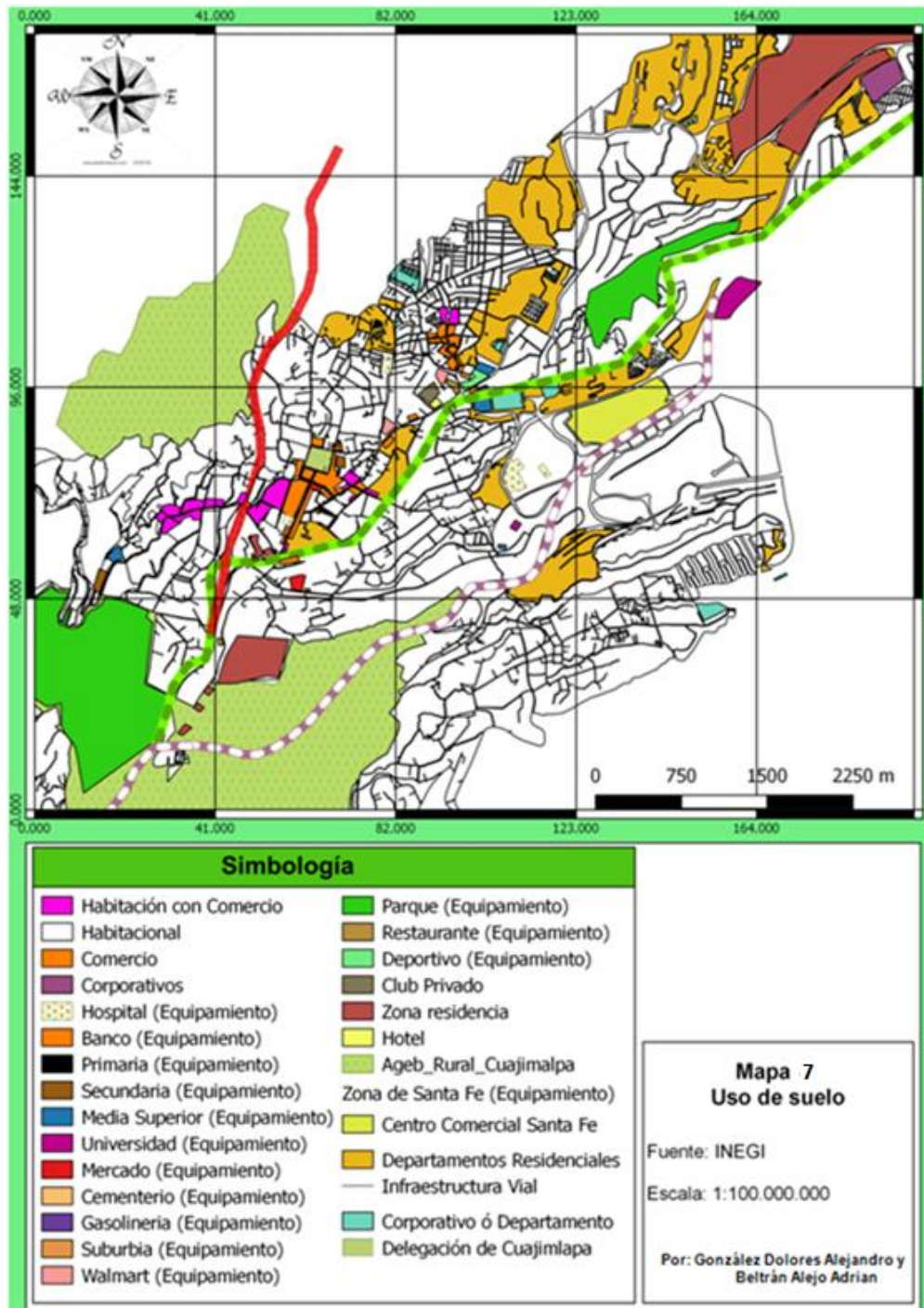
La delegación presenta zonas que involucra equipamiento privado, como escuelas, clubes deportivos etc. También existen establecimientos como: Wal-Mart, Liverpool, Bancos, Cementerios. Así mismo existen equipamientos públicos (sin fines de lucro), como: escuelas (Primaria, Secundaria, Media Superior y Universidad), deportivos, parques etc.

1.4.3. Servicios

Se proporcionan todos los servicios necesarios como: agua potable, drenaje, energía eléctrica, alumbrado público, seguridad (policía y tránsito), telecomunicaciones.

A continuación se muestran mediante el siguiente mapa temático el uso de suelo de Cuajimalpa.

Mapa 1. 6. Uso de Suelo de la Delegación Cuajimalpa de Morelos

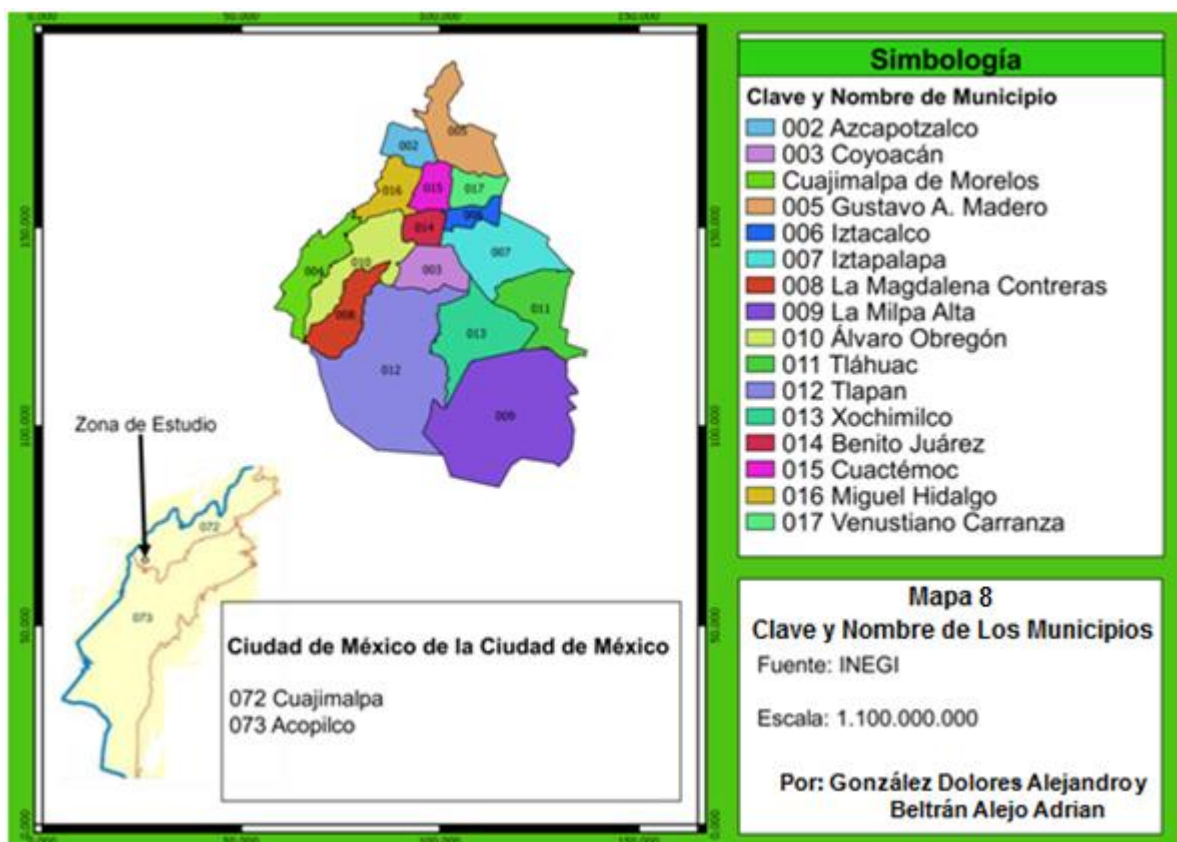


Fuente: Elaboración Propia.

1.5. Demanda de viajes

Con base en la encuesta Origen-Destino 2007 (INEGI), Cuajimalpa de Morelos genera un total de 74,765 viajes, de los cuales 53, 115 son generados por trabajo, 14, 859 por escuelas y 6, 791 por recreación. Los viajes son realizados en todo Cuajimalpa el cual INEGI lo divide en Cuajimalpa y Acopilco tal como se indica en el mapa.

Mapa 1. 7. Clave y Nombre de Los Municipios de la Delegación Cuajimalpa de Morelos



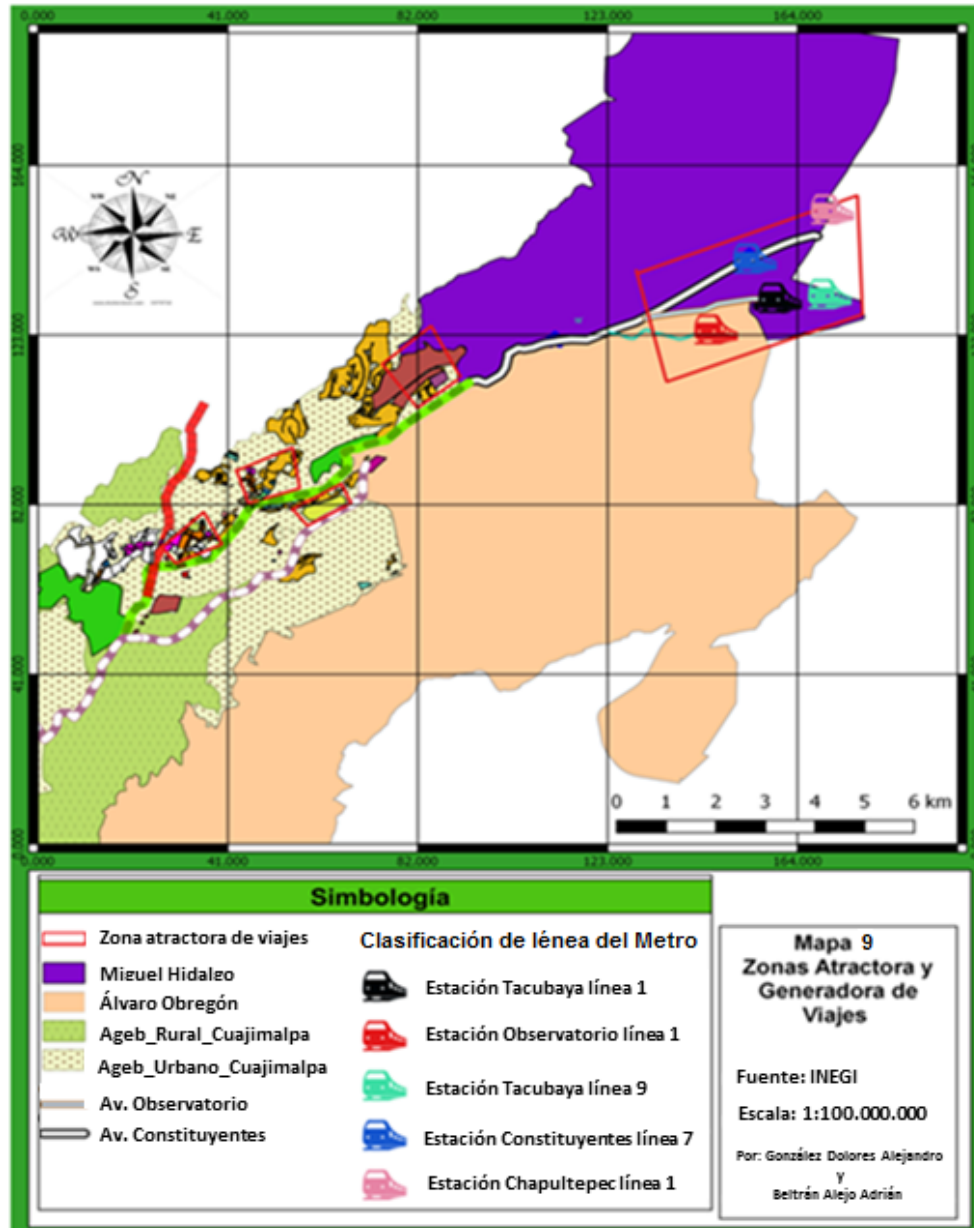
Fuente: Elaboración Propia.

El Sistema de transporte colectivo Metro Colectivo, del total de viajes absorbe (atrae) 26, 447. Una fracción del territorio del municipio de Huixquilucan (colonia Huixquilucan y Colonia Zacamulpa) hace uso de las vialidades de Cuajimalpa. Cabe agregar que de todos los viajes que realizan en Huixquilucan (Col. Huixquilucan y Col. Zacamulpa), El STS Metro atrae 15, 359 viajes.

1.5.1. Zona atractora y generadora de viajes

Las zonas más influyentes donde se atraen y generan los viajes o traslados son: equipamientos (escuelas, clubes deportivos, centros comerciales, bancos, parques) y corporativos (zona Santa Fe). A continuación se identifica en el siguiente mapa la ubicación de dichas áreas.

Mapa 1. 8. Zonas Atractoras y Generadoras de Viajes en la Delegación Cuajimalpa de Morelos



Fuente: Elaboración Propia.

1.5.2. Ubicación de centroides

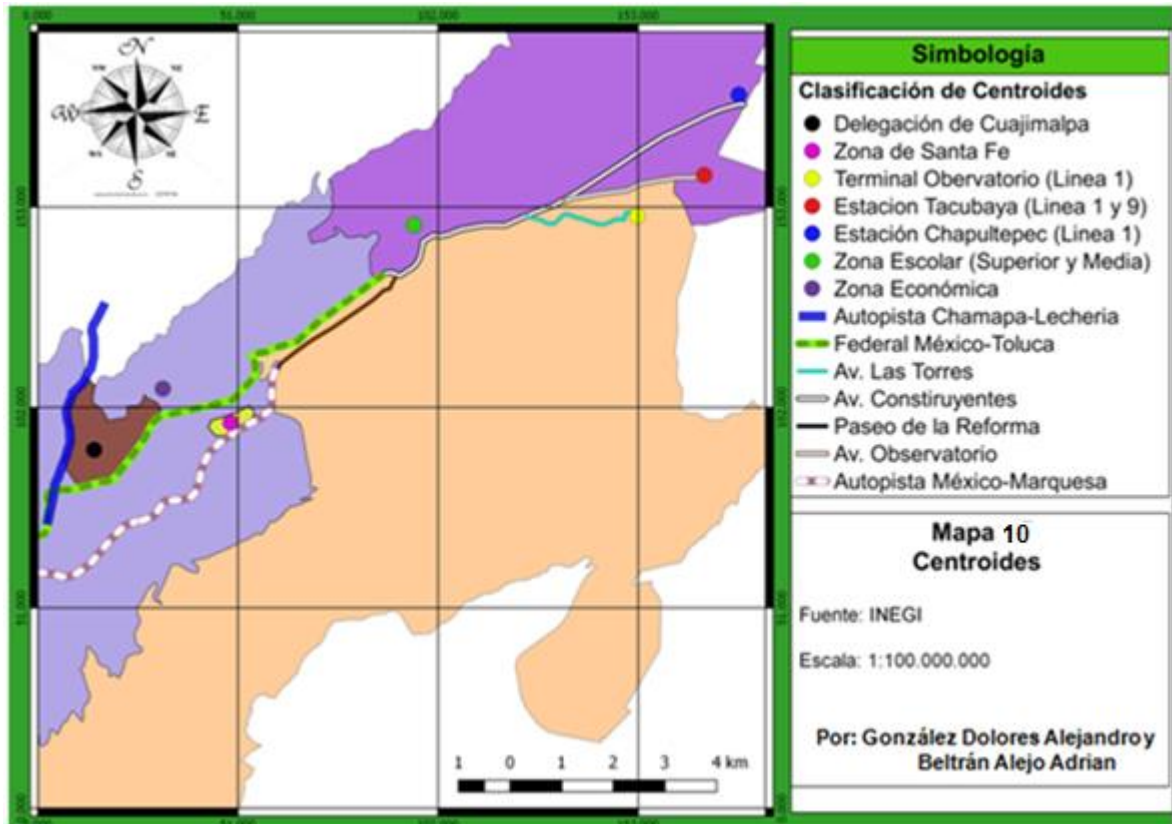
Los centroides se definieron en la zona de estudio, con información de los viajes que realiza en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos (encuesta Origen-Destino INEGI), las características requeridas (oferta vial: red primaria y red secundaria). Con lo que se puede hacer una representación precisa del sistema actual (utilizando *Synchro 8.0*®).

Al mismo tiempo es necesario conocer el sistema o tipo de modos de transporte que se utilizan en zona de estudio. Y por último con todas consideraciones anteriores se estable un sistema de información que incluya las siguientes variables: origen y destino, horario en la que se realiza el recorrido, dirección del destinatario.

Con la finalidad de entender cómo actúa el centroide, el cual se define como un polo generador de viajes, en donde se clasifican las actividades urbanas de grandes dimensiones que generan un mayor volumen de demanda de viajes, que define el escenario de operación de la red vial en su área de influencia, ocasionando un impacto sobre el sistema de transporte y sus alrededores.

Los resultados que se obtuvieron se muestran en el mapa 10, en donde se puede observar que existen centroides relevante que genera los movimientos de atracción y repulsión (cuando la gente retorna al punto de partida). También se puede apreciar las vialidades primarias que permite acceder a los centroides.

Mapa 1. 9. Centroides de la Delegación Cuajimalpa de Morelos.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 2

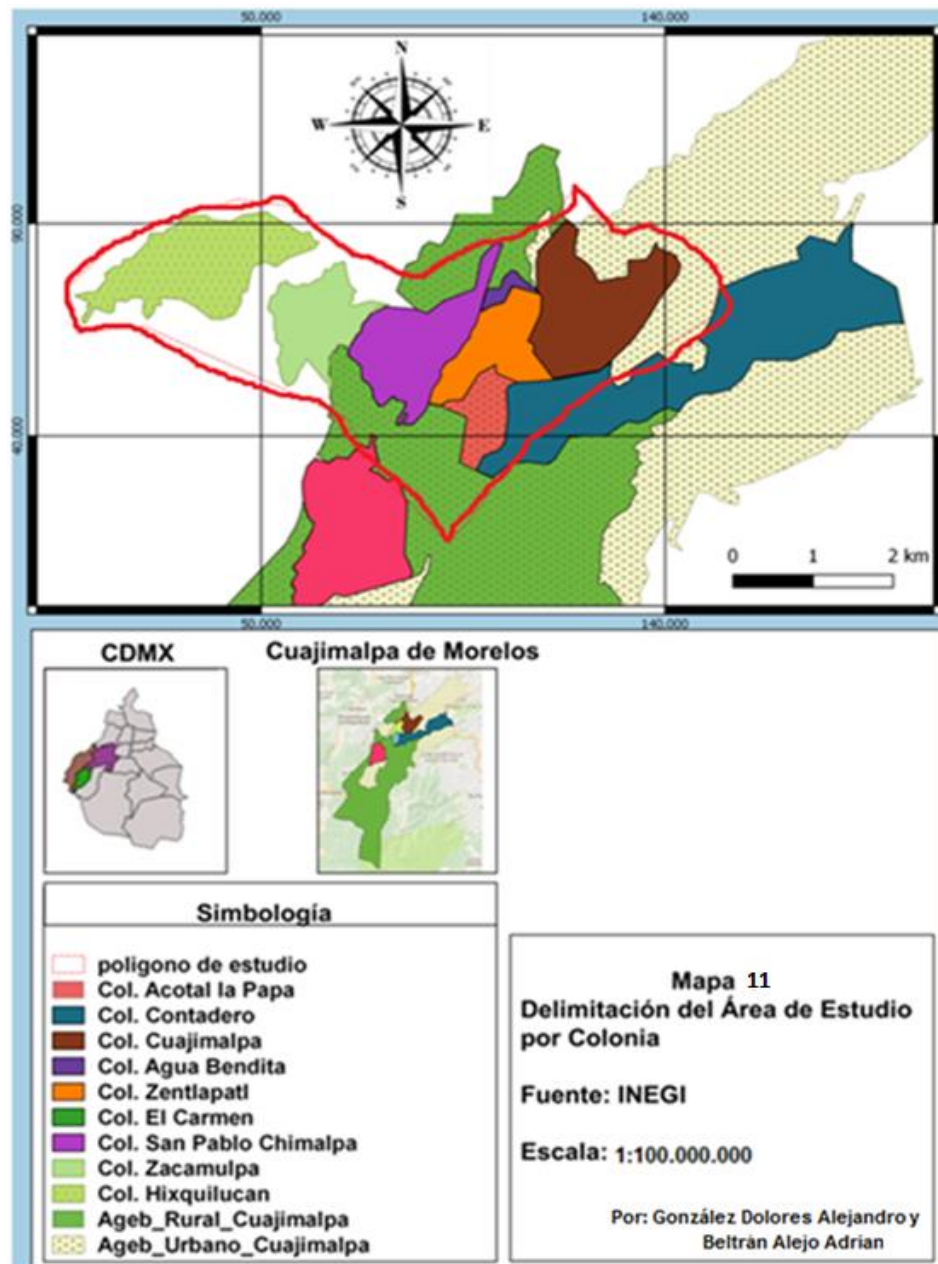
Análisis Microscópico de la Delegación Cuajimalpa de Morelos

CAPÍTULO 2. ANALISIS MICROSCÓPICO

2.1. Delimitación del área de interés

En el siguiente mapa 1.1, se muestran las colonias clasificadas en polígonos en la cual se delimita encerrando el área que postteriormente se analizó durante los siguientes capítulos.

Mapa 2. 1. Delimitación del Área de Estudios Por Colonia



Fuente: Elaboración Propia.

La Colonia Zentlapatl está conformada por una vialidad secundaria (Puerto México), que alimenta y da movilidad a la misma zona, además permite que las colonias de Huixquilucan y Zacamulpa, puedan hacer uso de la vialidad. Así mismo moviliza a las poblaciones de las colonias: Acotal La Papa, San Pablo Chimalpa y Agua Bendita.

Cabe mencionar que la Av. Puerto México (ver mapa 12), es la única vialidad que permite la continuidad de converger al centro de la Delegación de Cuajimalpa, así mismo, permite la conectividad con la Carretera Federal México-Toluca y por las mismas razones es una infraestructura muy transitada tal como se muestra en la imagen 2.1.

Imagen 2. 1. Delimitación del Área de Estudios Por Colonia

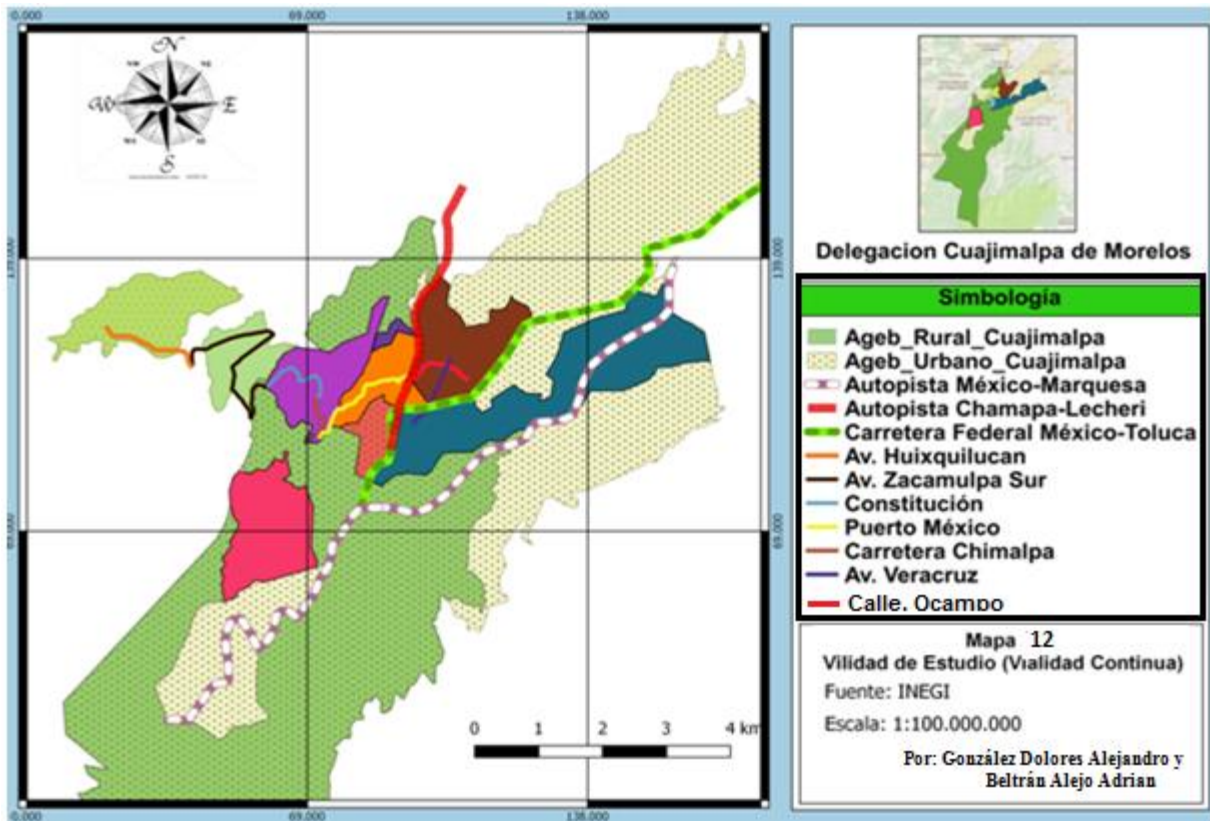


Fuente: Elaboración Propia.

Las características y los problemas que enfrenta las colonias: San Pablo Chimalpa, Zentlapatl, Ocotal La Papa, Cuajimalpa, Agua Bendita, Huixquilucan y Zacamulpa, son similares, debido a la concentración de modos de transporte en la Av. Puerto México, calle Ocampo y Av. Veracruz.

Se puede observar en el mapa 2.2, que la Av. Puerto México constituye un tramo importante en donde convergen las siguientes avenidas: Huixquilucan, Zacamulpa Sur, Constitución, Carretera Chimalpa, Puerto México, Juárez y Veracruz.

Mapa 2. 2. Vialidad de Estudio (Vialidad Continua)



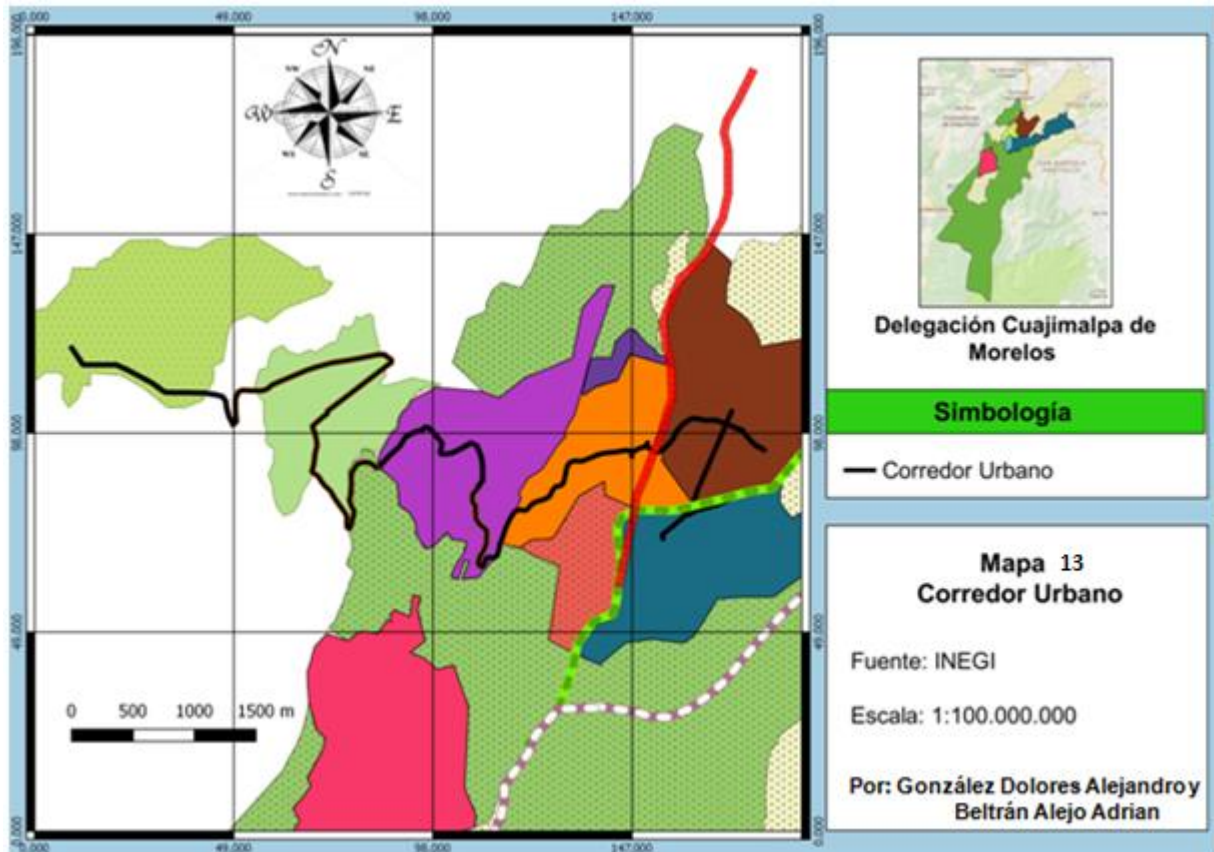
Fuente: Elaboración Propia.

2.1.1. Corredor urbano

Dado la importancia de la Av. Puerto México y a su continuidad de la vialidad, se analizó desde un enfoque de Corredor Urbano. Ya que las vialidades se va uniendo sin perder sus dimensiones o características de cada una. También es una conexión de vías secundarias.

Esta situación se puede apreciar en el siguiente mapa.

Mapa 2. 3. Elaboración Propia. Corredor Urbano de la Delegación Cuajimalpa de Morelos



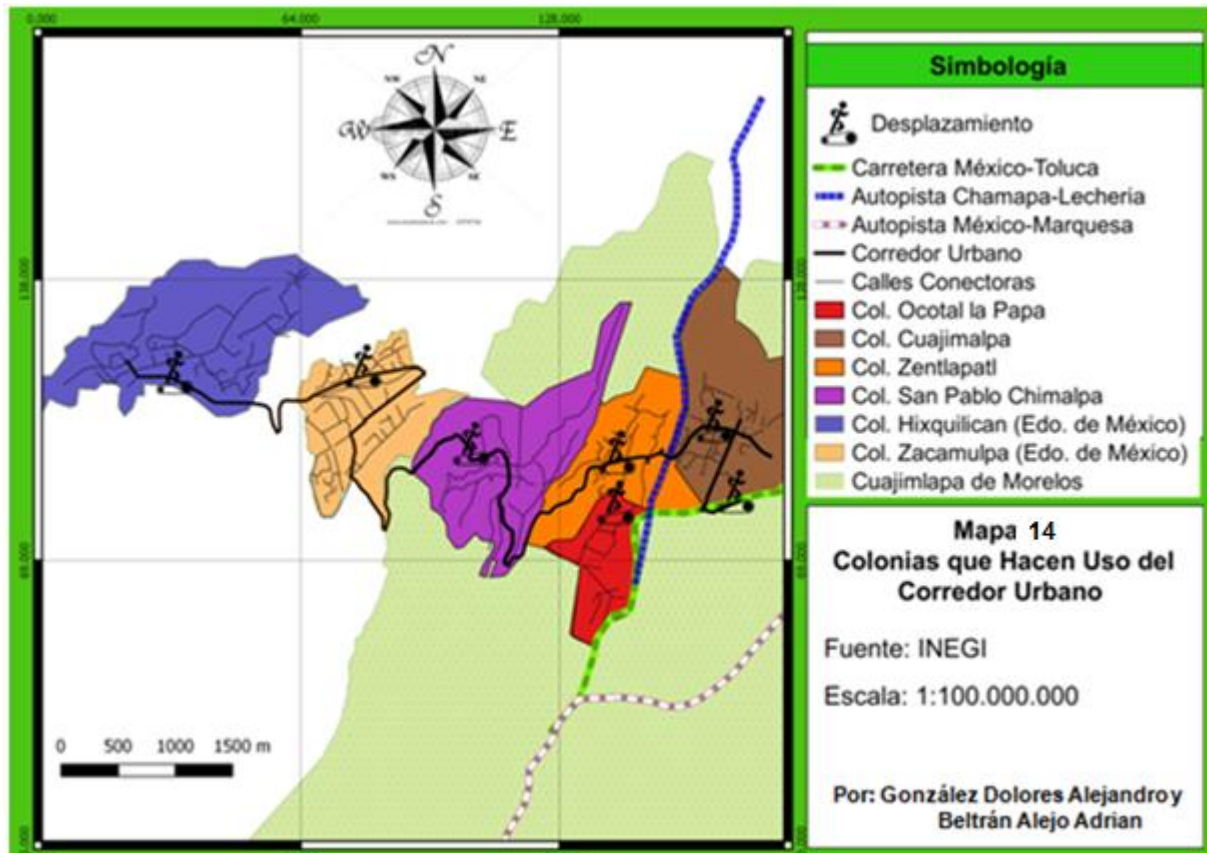
Fuente: Elaboración Propia.

2.1.2. Colonias que hacen uso del corredor urbano en la zona de estudio

Debido a la ubicación de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos y a su topografía, el corredor urbano representa una vialidad de integración regional (une al Municipio de Huixquilucan con la Delegación de Cuajimalpa) y converge con la Carretera México-Toluca. El corredor urbano representa un papel muy importante, ya que es la vía más rápida y accesible a los usuarios.

Permite la movilización de las colonias que se identifican en el siguiente mapa.

Mapa 2. 4. Colonias que hacen uso Del Corredor Urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

2.2. Tipo de carpeta y sistemas de control

El material de rodamiento que compone al corredor urbano es el asfalto material bituminoso del fondo de la destilación del petróleo que tiene como propiedades ser aglutinante, resistente y antiderrapante, lo que permite mezclarlo con arena y grava.

Tal como se puede observar en las siguientes imágenes, el corredor urbano está compuesto de una carpeta asfáltica, que se encuentra en condiciones que van de regulares a malas. Las imágenes que se muestran fueron tomadas en lugares al azar del corredor urbano.

Imagen 2. 2. Carpeta asfáltica en buen estado (Av. Puerto México).



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 2. 3. Carpeta asfáltica en condiciones malas (Calle Ocampo).



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.1. Sistema de control

Los sistemas de control son dispositivos que permite regular el tránsito vehicular; conformado por señales horizontales y verticales (marcas, semáforos, rótulos.) que se instalan sobre las calles y carreteras.

a). Señalización horizontal en el corredor urbano.

En la imagen No.6. Se puede observar un balizamiento poco visible; lo que es común a lo largo de las vialidades.

Imagen 2. 4. Balizamiento no visible (Av. Puerto México)



Fuente: Elaboración Propia.

En todo el trayecto del corredor urbano y en casi todas las vialidades que conforman la red vial de la Delegación de Cuajimalpa, se utilizan la línea doble continua pintadas al centro para dividir la vialidad en dos sentidos (ver imagen No. 2.5), salvo en la Carretera Federal México-Toluca; en donde se utiliza elemento físicos (señalización vertical), con conforme se puede apreciar en la imagen No. 2.6.

Imagen 2. 5. Línea doble continua poco visible (Calle Ocampo)



Fuente: Elaboración Propia.

Señalización horizontal (elemento físico).

Imagen 2. 6. Elemento físico en condiciones excelentes, Carretera Federal México-Toluca



Fuente: Elaboración Propia.

En algunas intersecciones del corredor urbano se cuenta con topes (imagen No.2.7), para la reducción de velocidad.

Imagen 2. 7. Botones Metálicos de tránsito en condiciones aceptables. (Calle Ocampo)



Fuente: Elaboración Propia.

Existen cebras para indicar los espacios destinados al cruce de peatones, a las que les falta mantenimiento (imagen No.2.8 y 2.9).

Imagen 2. 8. Balizamiento destinados al paso del transeúnte en condiciones poco visible (Av. Juárez con Av. México)



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 2. 9. Balizamiento destinado al transeúnte en condiciones aceptables (Av. Puerto México)



Fuente: Elaboración Propia.

b). Señalizaciones verticales en el corredor urbano

Señales prohibitivas, informativas y preventivas.

En la imagen No. 2.10. Se puede observar una señalización que prohíbe circular a más de 40 km/h, al mismo tiempo se previene sobre la existencia de una escuela cerca, que se identifica al fondo. Sin embargo, parece ser poco visible para los conductores.

Imagen 2. 10. Elemento preventivo no visibles (Av. Puerto México)



Fuente: Elaboración Propia.

El corredor urbano sólo cuenta con dos semáforos en todo el trayecto, en los cruces que se muestran en las imágenes 2.11 y 2.12; por ser los principales.

Imagen 2. 11. Semáforo no sincronizado adecuadamente al flujo vehicular (Av. Veracruz)



Fuente: Elaboración Propia.

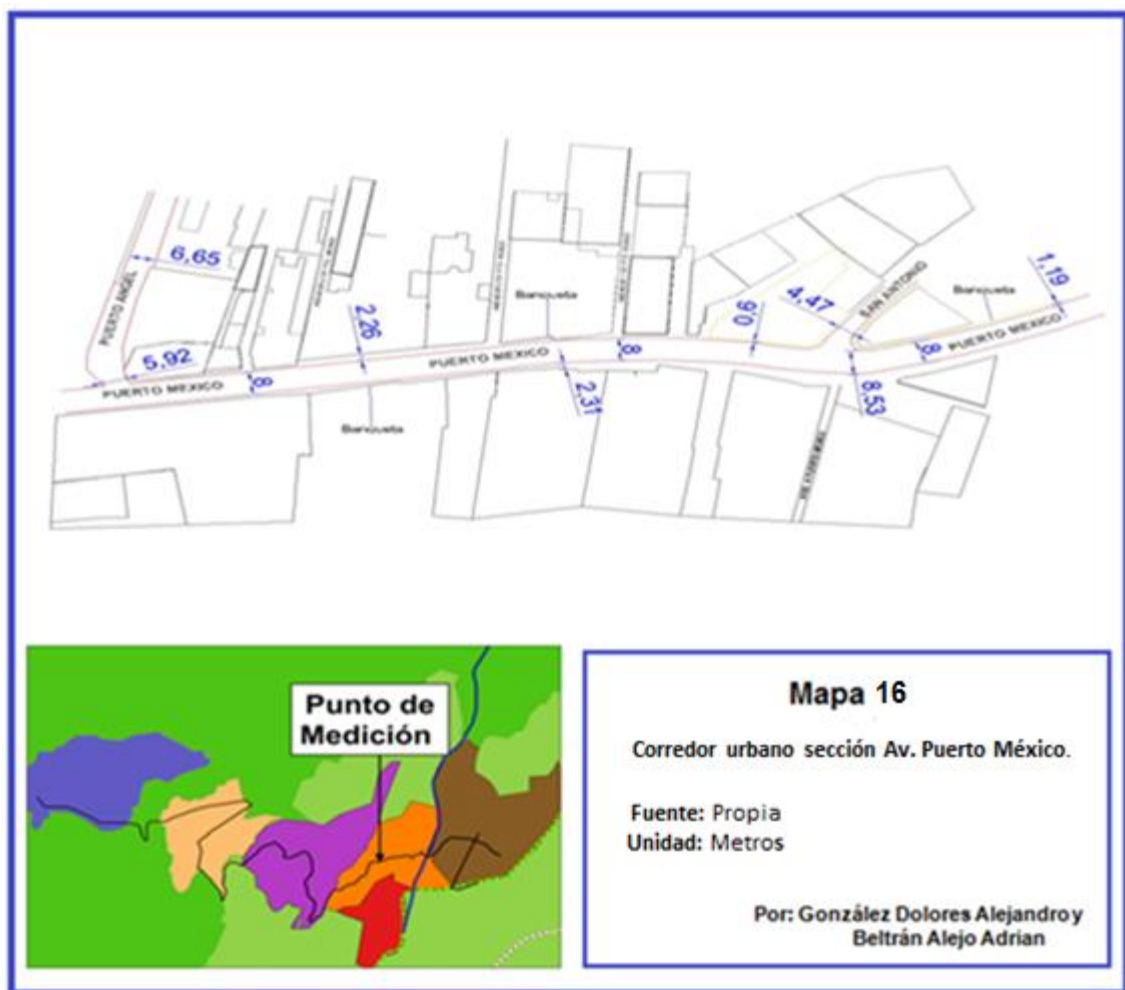
Imagen 2. 12. Semáforo operando con una sincronización no adecuada al volumen vehicular. Av. Ocampo con Av. Veracruz. Fuente propia.



Fuente: Elaboración Propia.

En los tramos rectos del todo el corredor urbano, la velocidad que se llega a apreciar es de 50 km/h, generalmente dicha velocidad se aprecia en intervalos de baja demanda. Así mismo se indica las dimensiones de la geometría del corredor urbano que a pesar de las secciones (vialidades) que conforma dicho corredor mantiene sus características en todo el trayecto por lo que no es necesario mostrar todas las dimensiones de cada sección y solo se muestra las características de la sección Av. Puerto México que comprende una fracción del corredor urbano.

Mapa 2. 6. Corredor urbano sección Av. Puerto México



Fuente: Elaboración Propia.

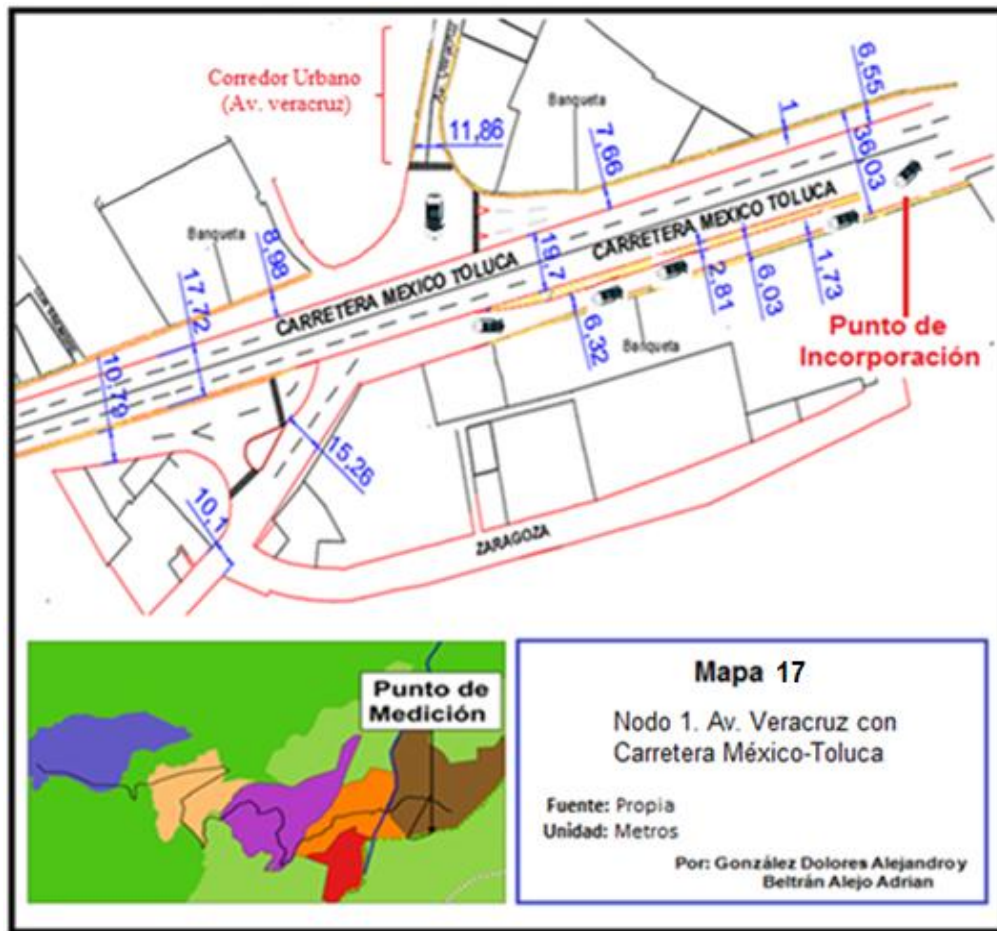
d). Nodos que comprende el corredor urbano.

Un nodo, es el punto en donde se juntan dos o más vialidades generando o atrayendo flujos vehiculares y generalmente existen cambios en la configuración de las vialidades.

Los nodos más importantes de la Delegación de Cuajimalpa de Morelos son: Av. con la Carretera México-Toluca y Av. Juárez con Carrera Federal México-Toluca.

El corredor urbano converge con la Carretera México-Toluca como se muestra en el mapa 2.7, formando un nodo muy importante (coordenadas "19.350542, -99.299357"), debido a que gran parte del flujo del corredor urbano se incorpora y hace uso de la vialidad Carretera México-Toluca.

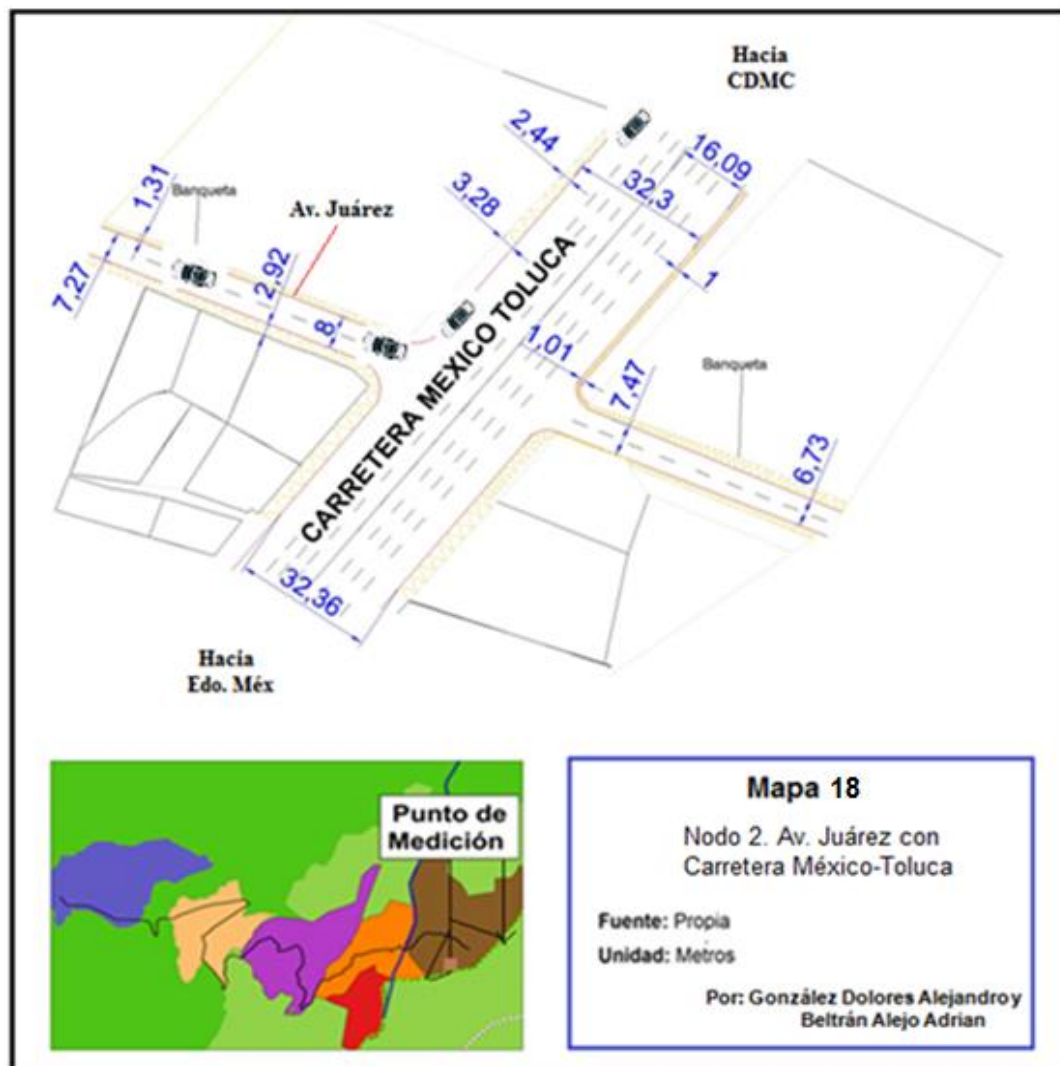
Mapa 2. 7. Primer nodo del corredor urbano Av. Veracruz con la Carretera México-Toluca



Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente nodo se genera cuando el flujo retorna de la CDMX al punto de partida, la demanda que se tiene en las mañanas y que se dirige al CDCM, vuelve a regresar al punto de inicio y nuevamente las vialidades son congestionadas por el flujo vehicular (por la tarde); el flujo que retorna no utiliza el mismo nodo salvo algunos conductores; habitualmente se ocupa otro punto de incorporación (nodo), esto debido a las características de la zona con la que está conformada Cuajimalpa de Morelos. El siguiente nodo es la Av. Juárez con Carrera Federal México-Toluca, tal como se muestra en el mapa 2.8.

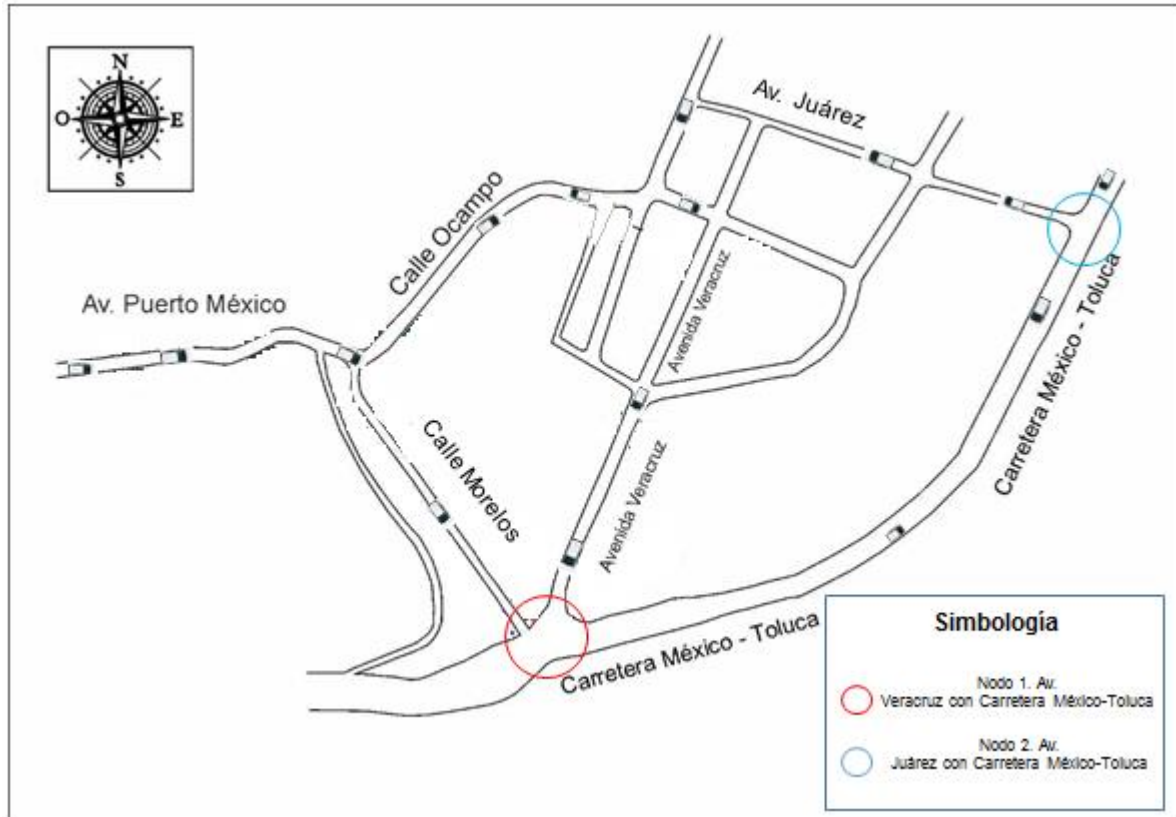
Mapa 2. 8. Segundo nodo del corredor urbano. Av. Juárez con Carretera México-Toluca.



Fuente: Elaboración Propia.

Para tener mayor visualización de ambos nodos dentro de la zona de estudio, en la siguiente imagen se muestra los dos puntos de incorporación más importantes y detallados (nodos).

Mapa 2. 9. Localización de Nodos con problemas de movilidad en la Col. Cuajimlapa



Fuente: Elaboración Propia.

e). Banquetas

Durante todo el corredor urbano, el dimensionamiento de las banquetas varia de 0.50 m a 2.5 m; encontrándose en buen estado como se puede observar en las siguientes imágenes.

Imagen 2. 13. Banqueta en condiciones excelente (Av. Puerto México)



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 2. 14. Banqueta en condiciones regulares. (Av. Puerto México)



Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 2. 15. Banqueta en buenas condiciones. (Av. Puerto México)



Fuente: Elaboración Propia.

2.3. Tipo de transporte en el corredor urbano

Los tipos de transporte que circulan, son por el corredor urbano de tipo mixto, es decir, las características básicas, son las siguientes:

1. Camionetas de carga utilitarios
2. Autobuses de pasajeros
3. Automóviles particulares (de todos tipos)
4. Camiones de carga pesados de hasta 8 ejes
5. Motocicletas
6. Modos de transporte no motorizados (bicicletas)

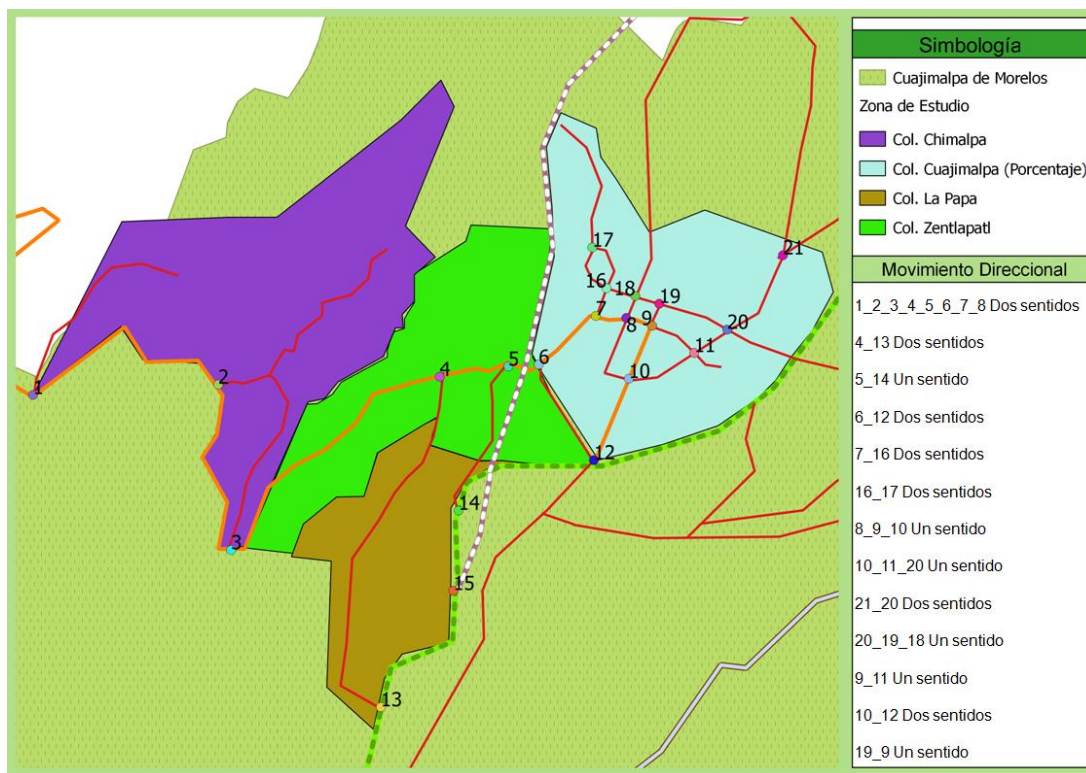
En general, los vehículos que hacen uso del corredor urbano, se pueden clasificar de la siguiente manera: Vehículos de carga, ligeros, vehículos de carga pesados y salvo en algunas ocasiones se llega a presenciar vehículos utilitarios (camiones de gas natural). No obstante el tipo de vehículo que predomina es el automóvil privado.

2.4. Distribución del flujo vehicular

El mayor flujo desciende del Estado de Huixquilucan y de las colonias: Acotal la Papa, San Pablo Chimalpa, Zentlapatl, Agua Bendita y Cuajimalpa y que dicha población se desplaza al Estado de Toluca, al Centro de la Ciudad de México o a La Zona de Santa Fé. Y además Solo existe una vialidad (corredor urbano) que absorbe todos los viajes que se generan durante el transcurso del día y noche, por lo que las opciones son limitadas para el conductor.

Lo anteriormente mencionado se muestra en los siguientes mapas con la finalidad de exponer la importancia del corredor urbano. El siguiente mapa indica el sentido direccional de las principales vialidades, así como del corredor urbano.

Grafo 2. 1. Movimiento direccional en la Colonia Cuajimlpa de Morelos



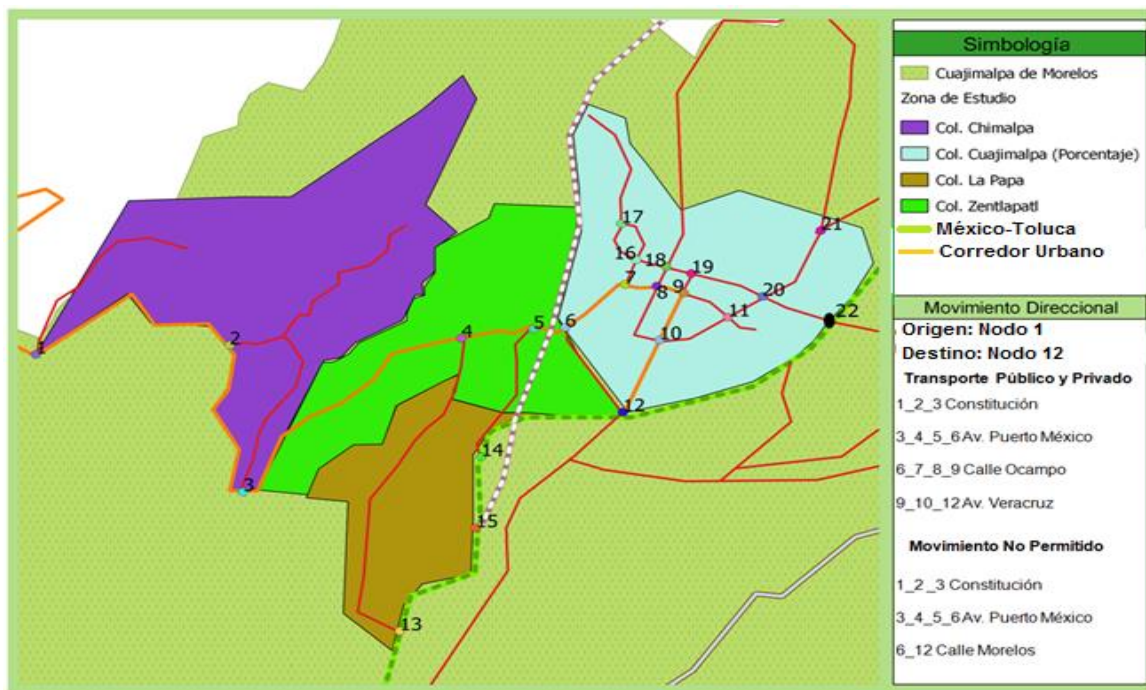
Fuente: Elaboración Propia.

El flujo que llega del Municipio de Huixquilucan y Zacamulpa converge en el nodo número 1 (para mayor claridad, ver mapa No. 1.7, del capítulo I). Para ir a la Ciudad de México o a la zona de Santa Fé, es necesario utilizar un tramo de la Carretera México-Toluca; dicha carretera permite unir al Estado de Toluca con la Ciudad de México. Santa Fé es una zona que

se localiza en un punto intermedio aparte. Cabe mencionar que la carretera México-Toluca permite que todos los usuarios puedan llegar a cualquier punto de la Ciudad de México o a cualquier lugar del Estado de Toluca.

Se puede apreciar en el Grafo No. 2.2, la importancia del corredor urbano porque tiene la funcionalidad de un recolector de viajes, lo que implica una gran demanda. Además permite en forma muy ágil, la convergencia al nodo 12. En el grafo No. 2.2 se aprecia que generalmente el flujo que llega de las colonias: Huixquilucan, Zacamulpa, Chimalpa, Zentlapatl, Acotal la Papa y Cuajimalpa, se dirige al corredor urbano que a su vez, permitirá converger en la carretera México-Toluca, la cual permitirá llegar a cualquier punto del centro de la Ciudad de México o a la zona Santa Fé.

Grafo 2. 2. Avenidas y Nodos Principales del corredor de Cuajimlapa de Morelos



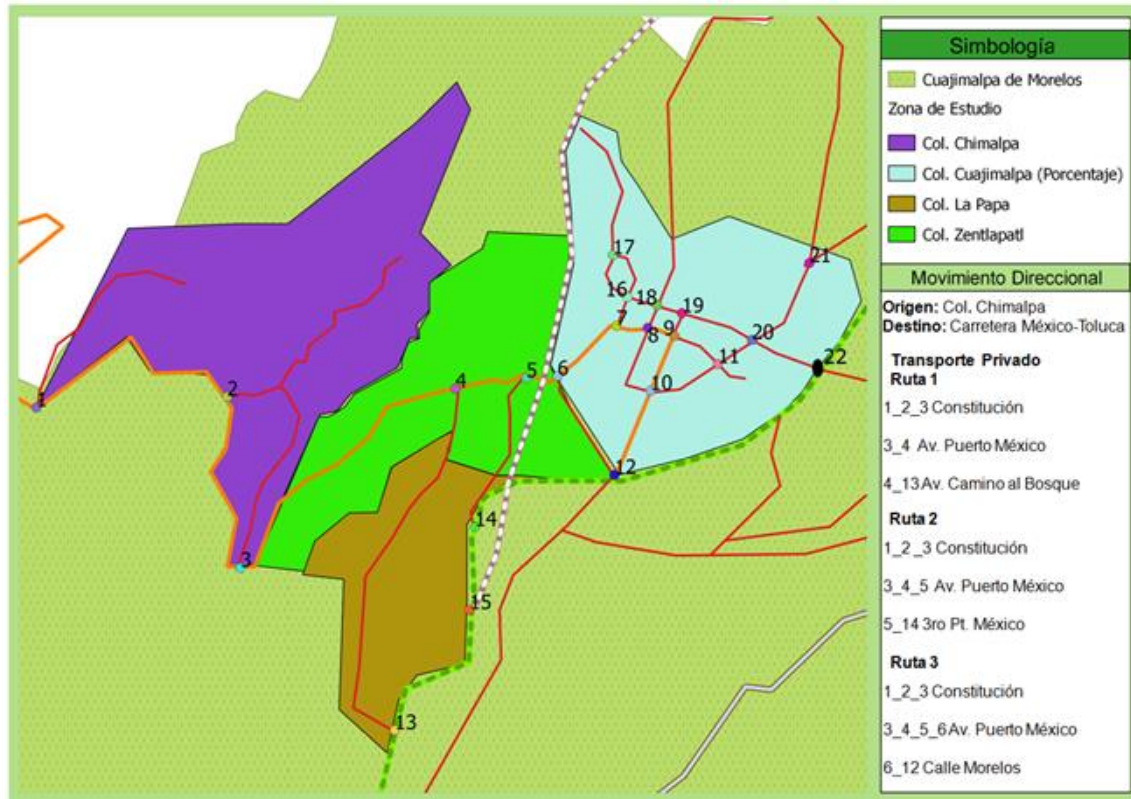
Fuente: Elaboración Propia.

Cabe mencionar que el corredor urbano se localiza en un punto central con una gran concentración de viajes tanto en horas pico y rara vez en horas valle por lo que los viajes que se realizan en transporte público de pasajeros y se dirigen al Estado de Toluca y presentan un problema de movilidad, haciendo que los tiempos de traslado sean mayores.

Para el transporte en automóviles particulares (transporte privados) existen más de una ruta a seguir, como se muestra en el grafo No. 2.3, aun que debido al tipo de topografía se muestra en la ruta 3, que solo aquellos vehículos que tienen una fuerza motriz suficiente, podrían hacer uso de la vialidad, ya que presenta un ángulo de inclinación muy considerable. No se recomienda el uso de estas vías alternas para vehículos de carga pesada.

Así mismo los viajes que se dirigen al Estado de Toluca lo realizan de la siguiente manera.

Grafo 2. 3. Movimiento del Transporte Privado con origen Col. Chimalpa y destino Carretera México-Toluca

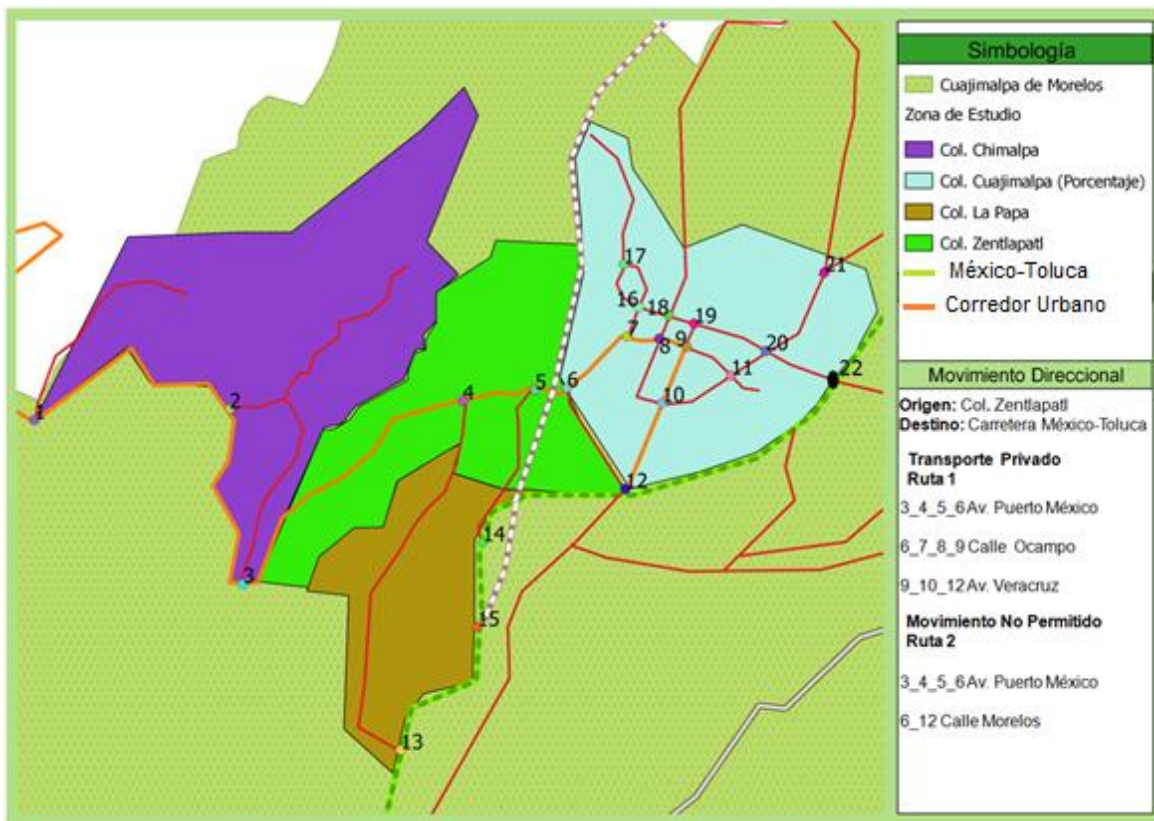


Fuente: Elaboración Propia.

El desplazamiento que realizan los habitantes de la Colonia Zentlapatl, para ir al centro de la Ciudad de México o a la zona de Santa Fé, prácticamente consiste en utilizar los mismos nodos, ya que no existe otra vía alterna que se pueda elegir.

En el Grafo No. 2.4 se muestran los viajes generados en la zona de Zentlapatl. Con relación al flujo que se dirige al Estado de Toluca, prácticamente se origina en: Huixquilucan, Zacamulpa, Chimalpa y Acotal la Papa; con el mismo desplazamiento.

Grafo 2. 4. Viajes Originados en la Colonia Zentlapatl con destino a la Carretera México - Toluca

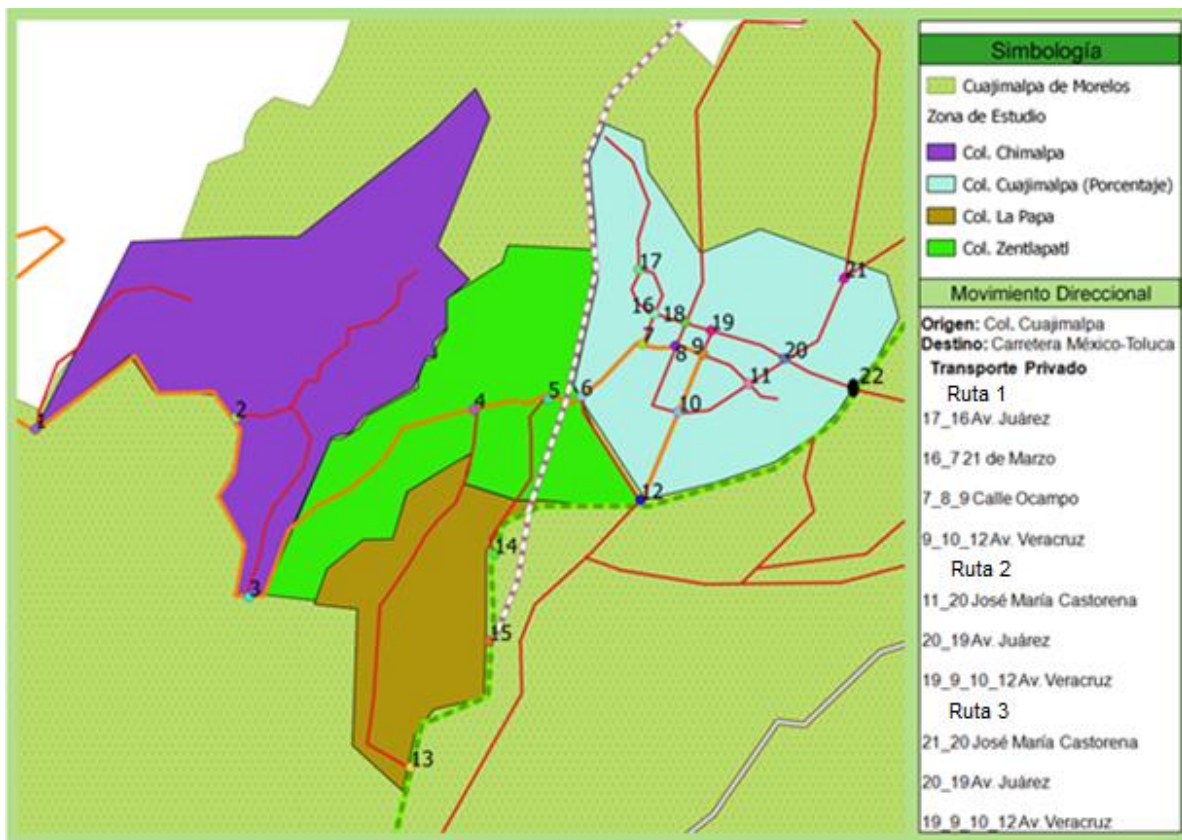


Fuente: Elaboración Propia.

Existe una variación en la relación de tiempo y distancia, en la colonia de Cuajimalpa, debido a la forma con la que se están operando las vialidades, es decir, coexisten vialidades que solo tiene un flujo direccional, debido a la geometría con la que están construidas. Este tipo de operación, puede implicar que en gran parte del trayecto recorrido los tiempos de desplazamiento sean más prolongados.

El siguiente grafo No. 2.5 expresa dichos movimientos.

Grafo 2. 5. Viajes Originados en la Colonia Cuajimalpa, con destino a la Carretera México - Toluca

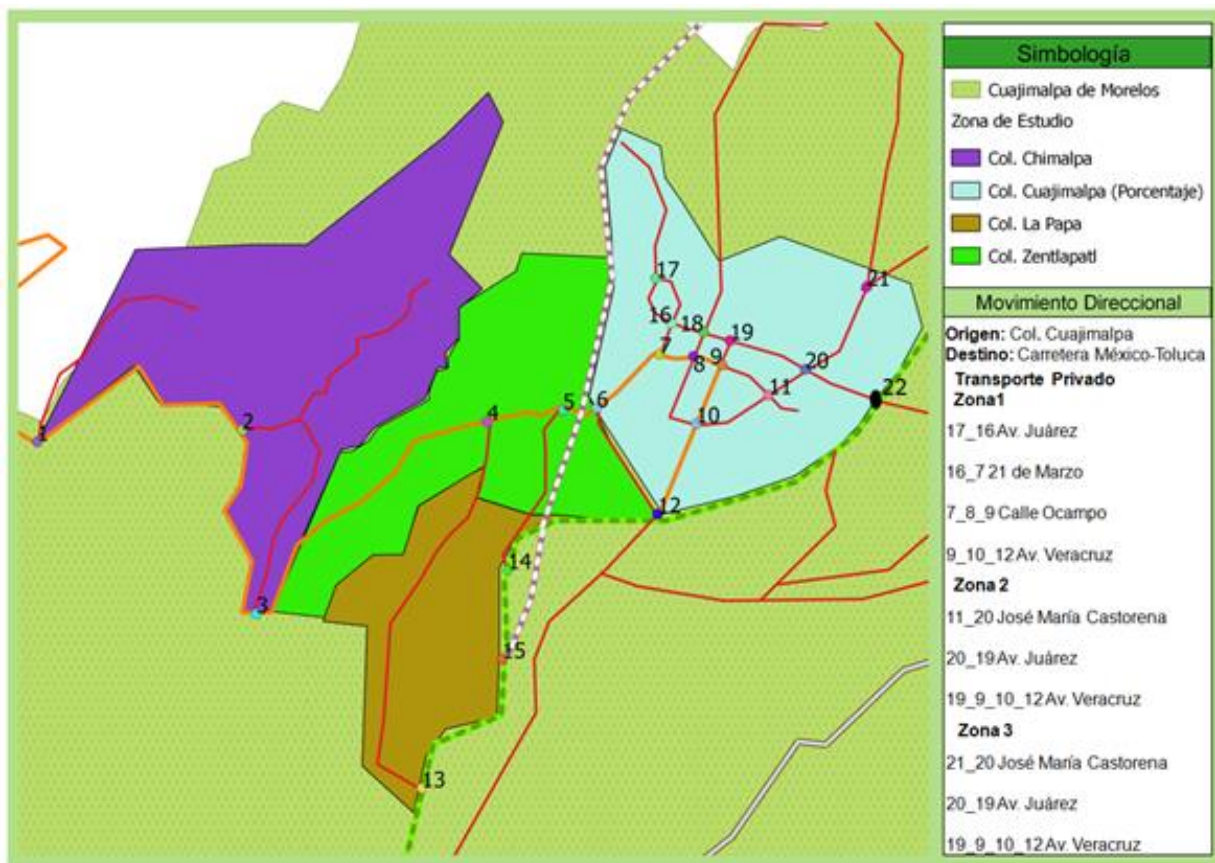


Fuente: Elaboración Propia.

La Colonia de Cuajimalpa solo cuenta con dos vías alternas más cortas (rutas), que permiten llegar al Estado de Toluca (Calle Morelos y Calle Tercero de Puerto México). Lo cual implica que nuevamente se enfatice en señalar la importancia del corredor urbano ya que para llegar a dichas vialidades tienen que hacer uso del corredor.

Dada la geometría de las vialidades y al tipo de topografía de la zona, el corredor urbano tiene la funcionalidad de ser un recolector de viajes.

Grafo 2. 6. Viajes Originados en la Colonia Cuajimalpa, con destino a la Carretera México - Toluca



Fuente: Elaboración Propia.

2.5. Distribución del transporte público en la zona de interés

El sistema de transporte concesionado es la unión de permisionarios y choferes que explotan y ofrecen un servicio en un cierto corredor, de tal forma que deban cumplir con normas o restricciones que impone el Estado.

También se puede definir como el otorgamiento de una licencia para administrar; en donde el particular o empresa tiene derecho de explotar algún bien o servicio (corredor) durante un tiempo acordado.

Las concesiones para el transporte público de pasajeros pueden ser para viajes mayores a 10 km o menores.

2.5.1. Viajes de transporte público mayores a 10 km

a) Sistema Concesionado Ruta 4 A.C.

Concluye con la estación Tacubaya del Sistema de Transporte Colectivo Metro, Delegación Miguel Hidalgo, que se encuentra entre las calles Arquitecto Luis Ruiz y Observatorio; tiene como destino el municipio de Huixquilucan y atraviesa la Delegación de Cuajimalpa de Morelos de la Ciudad de México.

Este sistema de transporte de la Ruta 4 cuenta con un parque vehicular de 222 unidades y dispone de 21 derroteros autorizados por la Secretaría de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México los cuales son:

- Aurrera –Santa Rosa.
- San Fernando –Centro Comercial Santa fe.
- Cuajimalpa –Santa fe.
- Cuajimalpa -San Antonio.
- Cuajimalpa -Aguátenlo.
- Cuajimalpa- Jardines la palma.
- Cuajimalpa -Loma del padre.
- Cuajimalpa- Manzanitas.
- Tacubaya –Cuajimalpa.
- Tacubaya-Navidad.
- Tacubaya –Tinajas.
- Tacubaya- San Lorenzo Acopilco.

- Metro observatorio –Navidad.
- Tacubaya-Retama.
- Tacubaya –San Fernando.
- Metro Tacubaya –Huixquilucan.
- Metro Tacubaya –Salazar.
- Tacubaya-Santiago.
- Memetla-retama.
- Cuajimalpa –san Fernando.

De los cuales; solo 6 derroteros son utilizados actualmente y son:

- Metro Tacubaya- Marquesa Salazar.
- Metro Tacubaya- Huixquilucan Edo de México.
- Metro Tacubaya-san Lorenzo Acopilco.
- Metro Tacubaya- Santiago Edo de México.
- Metro Tacubaya- Chimalpa.
- Metro Tacubaya-Cuajimalpa.

La Ruta 4 ofrece su servicio en los corredores: Huixquilucan-Tacubaya, Tacubaya-Huixquilucan, Cuajimalpa-Tacubaya, Tacubaya-Cuajimalpa. Dicho Sistema no cuenta con paradas establecidas ni mucho menos con infraestructura destinada al resguardo y protección del usuario en temporadas de climas adversos (estación y terminal). No cuenta con patios de resguardo de las unidades.

Imagen 2. 16. Unidad de la ruta 4 en condiciones regulares



Fuente: Elaboración Propia.

b) Sistema concesionado Monte de las cruces

Este sistema está conformado como empresa, pero no cuenta con talleres o patio que regulen las unidades; tampoco contempla paradas establecidas o infraestructura destinada al usuario (estaciones y terminales) etc. Ofrece el servicio en los siguientes corredores: Huixquilucan-Tacubaya, Tacubaya-Huixquilucan, Huixquilucan-Observatorio, Observatorio-Huixquilucan, San Juan-Observatorio, Observatorio-San Juan.

Imagen 2. 17. Unidad de transporte “Monte de las Cruces”, en condiciones buenas



Fuente: Elaboración Propia.

c) Sistema Concesionado RTP

Ofrece el servicio iniciando en la Colonia San Pablo Chimalpa, es decir en el corredor San Pablo Chimalpa-Tacubaya, Tacubaya-San pablo Chimalpa; dicho sistema si cuenta con un patio que resguardan las unidades, pero no cuenta con la infraestructura adecuada que se ajuste a las necesidades del usuario (Iluminación. techado en las estaciones, seguridad etc.).

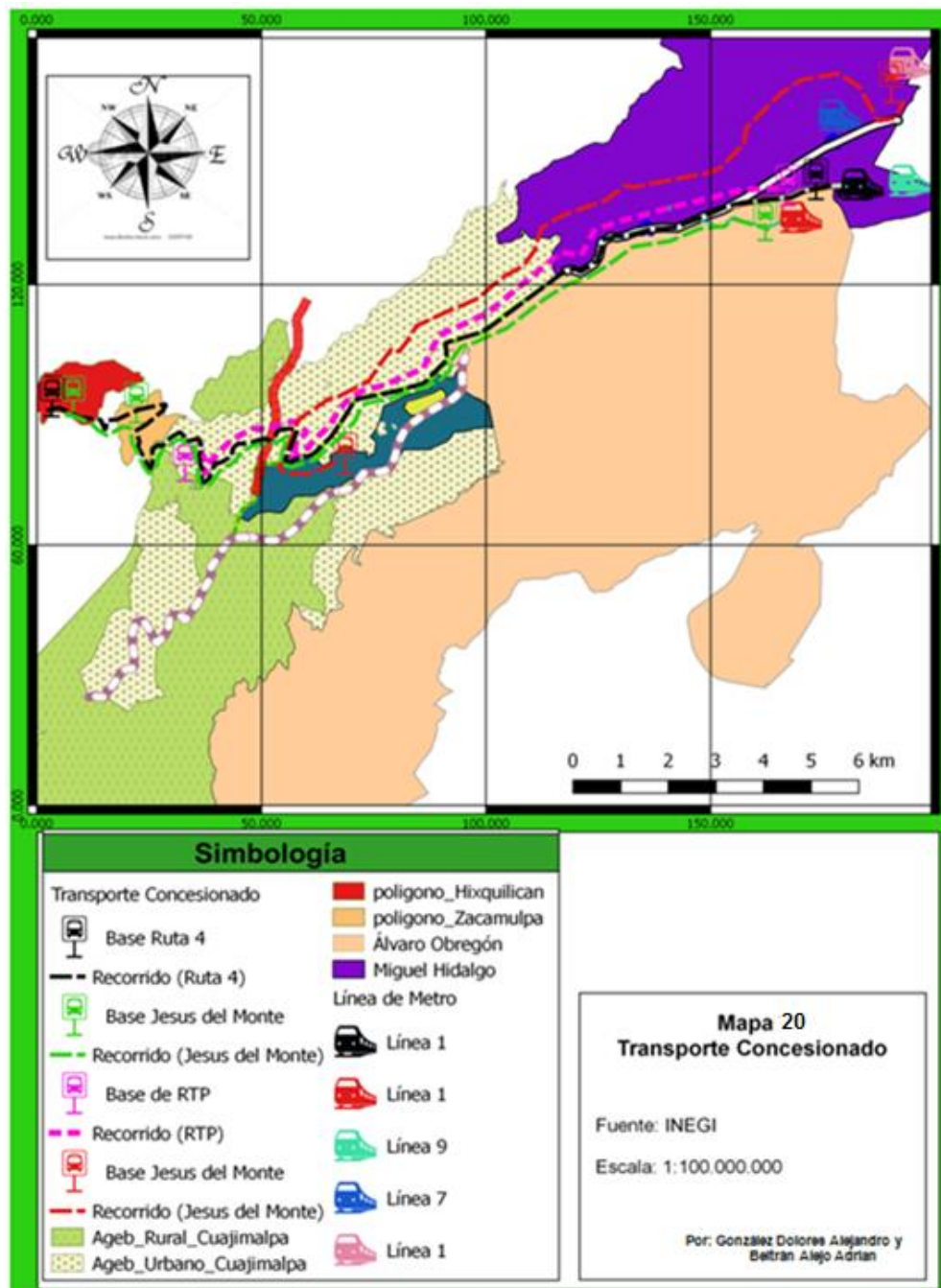
Imagen 2. 18. Unidad RTP, en condiciones buenas.



Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente mapa muestra los desplazamientos mayores a 10 km del transporte público existente.

Mapa 2. 10. Recorrido del Transporte Concesionado



Fuente: Elaboración Propia.

2.5.2. Viajes de transporte público menores a 8 km.

La funcionalidad de este sistema se basa en realizar los viajes en donde unidades de grandes dimensiones no podrían ofrecer el servicio, por las dimensiones de las vialidades (angostas); cabe señalar que dicho modo de transporte (combi), no cuenta con estaciones o paradas que resguarden la seguridad del usuario.

El sistema se ubica como se muestra en el mapa 2.11, en el cual indica los corredores por donde se ofrece el servicio, que son: Cuajimalpa- San Pablo Chimalpa, San pablo Chimalpa-Cuajimalpa, Huisache- Cuajimalpa, Cuajimalpa-Huisache, Acotal la Papa-Cuajimalpa, Cuajimalpa-Acotal la Papa, Cuajimalpa- San Fernando (Edo. De México), San Fernando-Cuajimalpa, y Yaqui- Santa Fe, Santa Fe-Cuajimalpa.

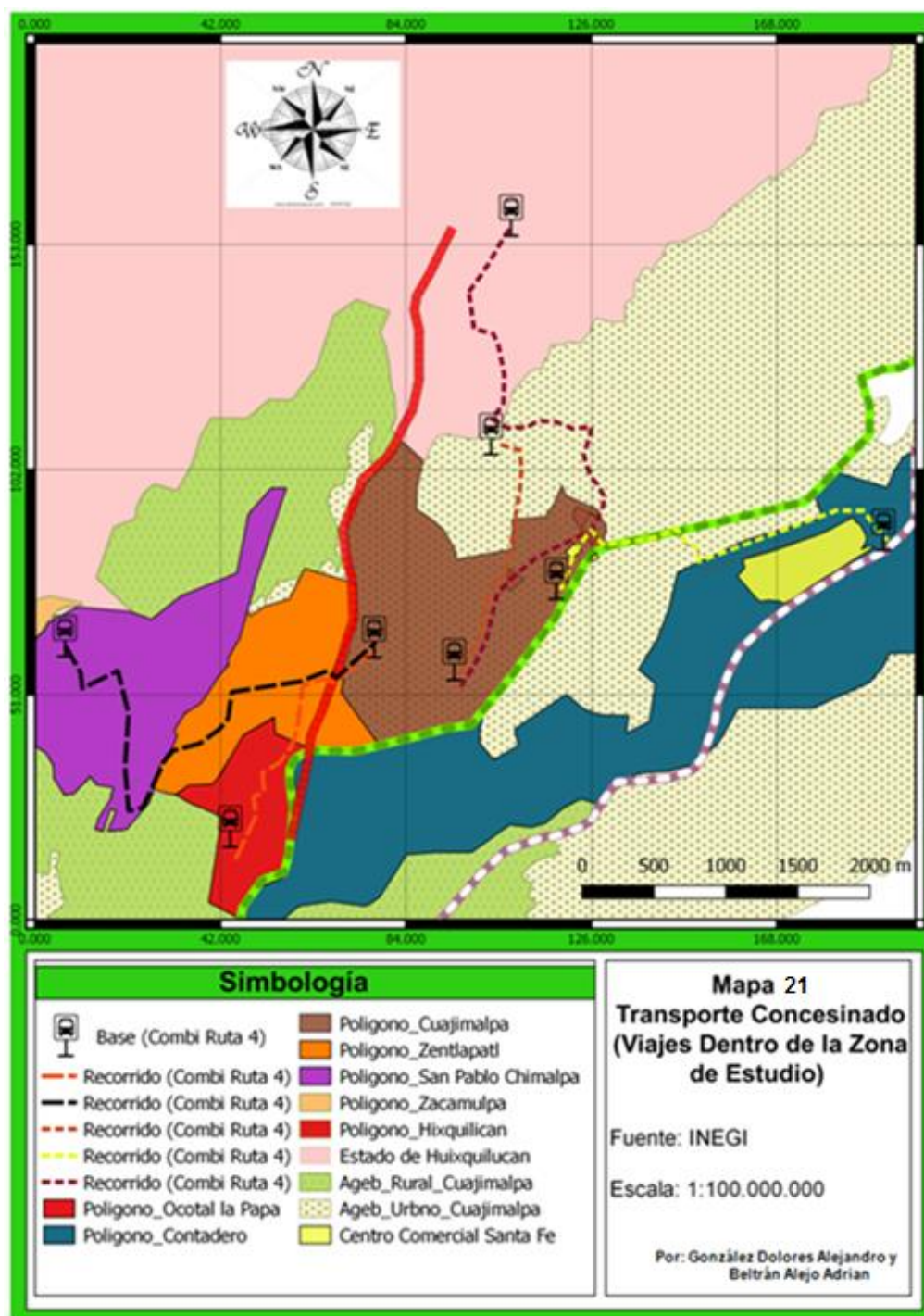
De acuerdo a su operación, el sistema ofrece el servicio en gran parte de la zona de Cuajimalpa de Morelos, debido a esto, existen corredores que generalmente ocupan un número mayor de intervalos, debido a zonas con mayor población, y como resultado que se tiene una mayor cantidad de unidades circulando.

Cabe señalar que en intervalos de máxima demanda, los sistemas de transporte no soportan dichas demanda, por lo que, surge la necesidad de utilizar taxis piratas.

Las Bases de taxis no reguladas han ido adquiriendo y robando espacio a las vialidades y han ocasionado demoras.

Se muestran los corredores anteriores mencionados mediante el siguiente mapa.

Mapa 2. 11. Transporte Concesionado (Viajes Dentro de la Zona de estudio menores a 8 km).



Fuente: Elaboración Propia.

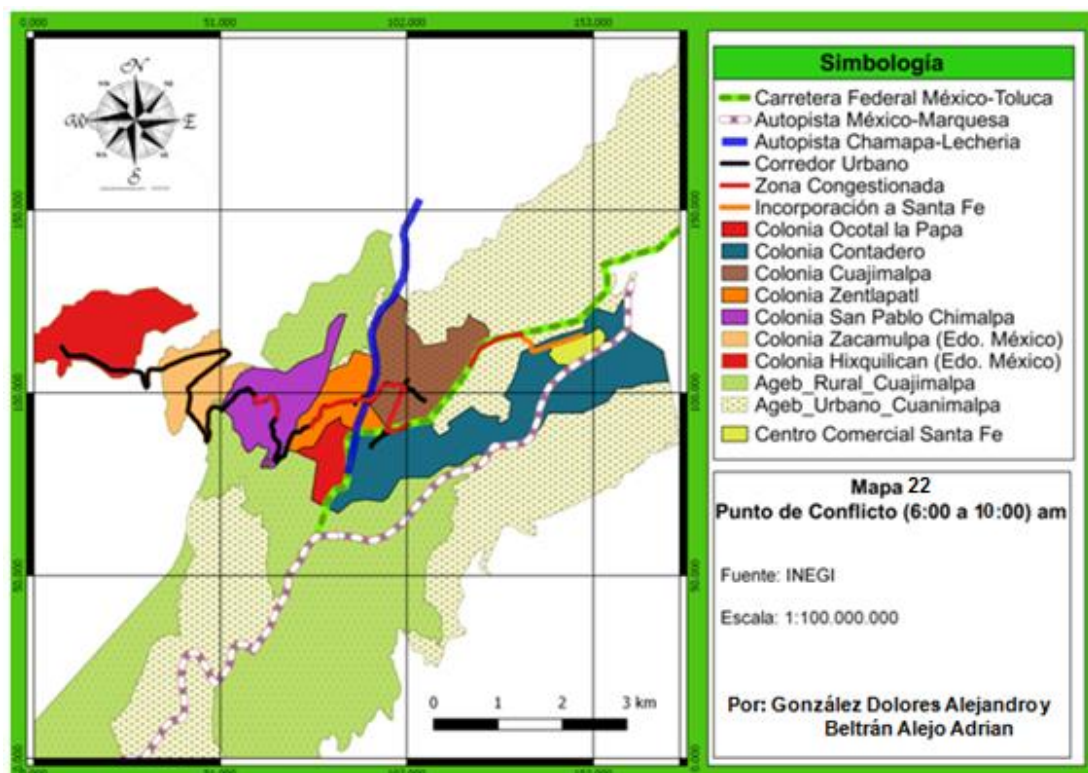
2.6. Punto de conflicto

Refiriéndose a cualquier grafo ya antes mostrados, se puede observar la unión de diferentes vialidades, que posteriormente en el mapa 2.12, se considera y se analiza mediante el enfoque de un corredor urbano atractor de viajes.

Desde la perspectiva personal, existen puntos específicos del corredor urbano que generan variaciones de volúmenes de tránsito que son debido a la mala administración que se efectúa sobre las vialidades, también se observa que los semáforos que se localizan sobre el corredor urbano, no están sincronizados correctamente.

En el siguiente mapa se identifican los puntos donde se genera el congestionamiento en horarios pico y en dirección a la CDM: 6:00 am a 10:00 am.

Mapa 2. 12. Punto de Conflicto (6:00 a 10:00) AM.



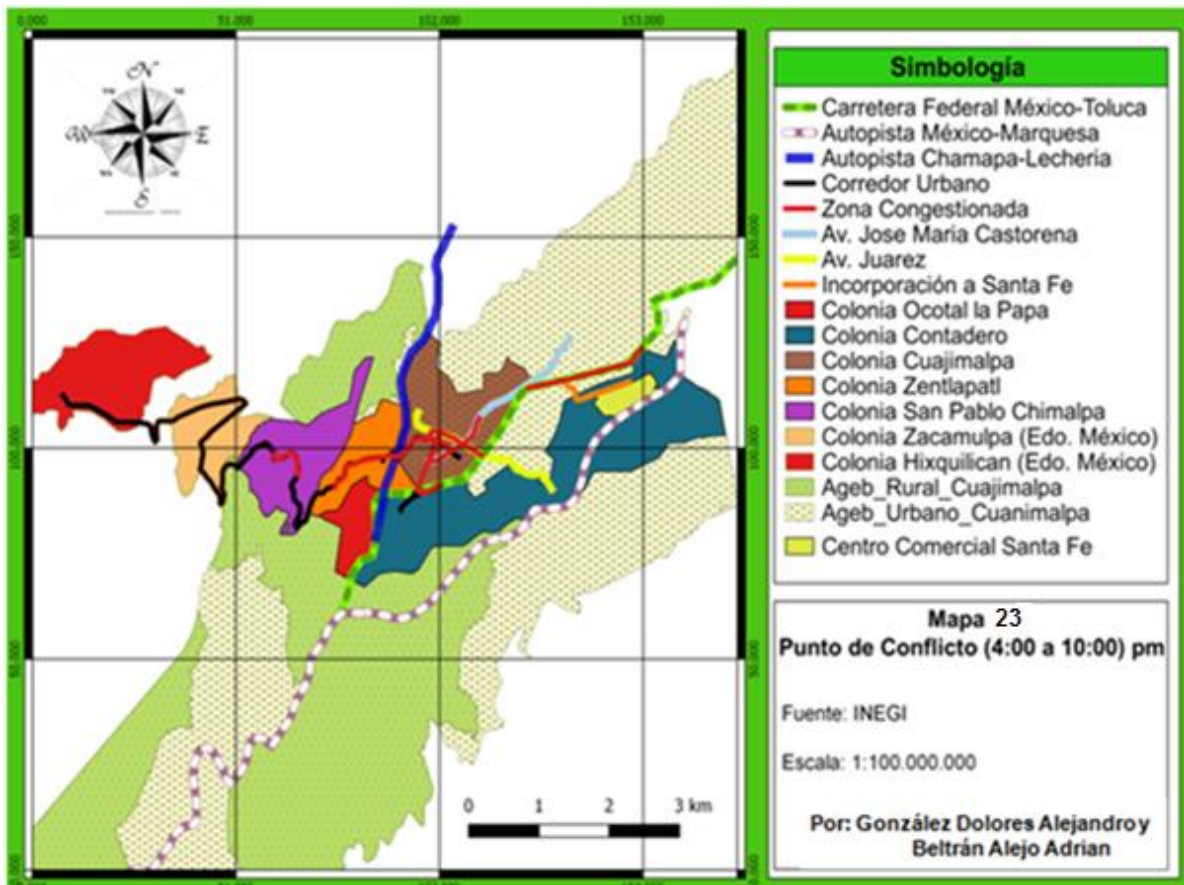
Fuente: Elaboración Propia.

La actual distribución de vialidades que conforman el Corredor Urbano, ha enfrentado factores que intervienen en el problema de tránsito. El problema es causado por el aumento de vehículos que transitan por calles antiguas, es decir, la infraestructura está diseñada para una capacidad no proyectada a futuro y hoy en día, la oferta vial es menor que la demanda vehicular.

Se muestra congestión tanto a la salida como en horarios en que los viajes son de retorno; la demanda es superior a la oferta vespertina Horas pico de: 4:00 PM a 10:00 PM.

Una vez más se piensa que los inicios y puntos de conflicto se localizan en los siguientes tramos. Y se modela en el mapa 2.13.

Mapa 2. 13. Punto de Conflicto (4:00 a 10: 00) pm.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 3

Estudio de Campo en el Corredor Urbano

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE CAMPO EN EL CORREDOR URBANO

3.1. Propósitos del estudio de campo

Propósitos del estudio de campo. Recopilar información para evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de la ruta (recorrido); conocer la ubicación, y establecer el tipo y magnitud de las demoras del tránsito. Esto permitirá tener una evaluación general de movimiento del tránsito, dentro de un polígono seleccionado (a lo largo de una ruta); con la información obtenida se logra una visión más amplia para identificar los lugares más conflictivos, Sabiendo esto, se puede corregir y establecer mejoras en la operación de la vialidad.

Cabe mencionar que se aplicó dos estudios en diferente horario del día. La cual cumple la finalidad de generar dos escenas que cumple el propósito de evaluar la calidad del movimiento vehicular en ambos horarios.

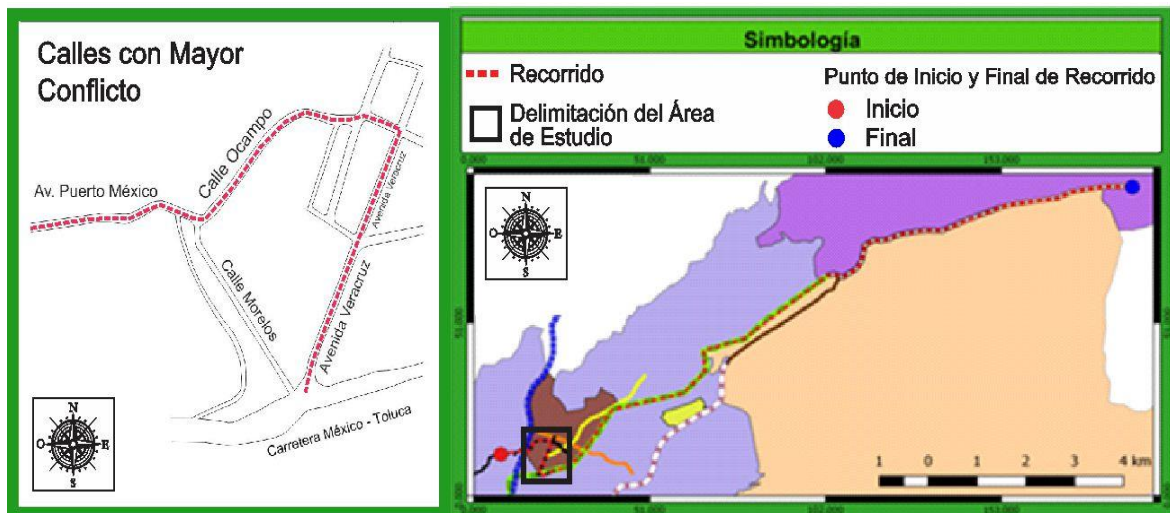
De lo anteriormente mencionado al obtener ambos escenarios (base de datos), se analizó y se comparó los resultados, dicho de otra manera, se elaboró dos bases de datos en donde cada base de información contempla: velocidad media marcha, velocidad media de recorrido, tiempo promedio sin demora y tiempo promedio con demora, esto a su vez tiene el propósito de medir los problemas en ambos casos para poder equipararlos.

3.2. Localización del tramo en donde se realizó el estudio de campo

Se consideró el tramo punto “A” al punto “B”, mostrados en el mapa No. 24 para realizar el estudio, Tiempo de Recorrido y demoras, con base en recorridos que se realizaron durante un periodo de tres meses; de donde se obtuvieron las variaciones de flujo vehicular. Se fijó estudiar las secciones Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz.

En el siguiente mapa se muestra el tramo considerado.

Mapa 3. 1 Recorrido de Estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3. Descripción del estudio "tiempo de recorrido y demoras"

- El estudio se aplicó en dos horarios diferentes: hora pico y hora fuera de valle.
- Se estableció un punto de partida (inicio "A") y un punto de destino (final "B").
- Se eligió aplicarlo en condiciones climáticas que no perjudican al flujo vehicular (sin lluvias).
- Se eligieron los dos siguientes horarios: 5:03 am (hora valle) y 7:33 am (hora pico).
- Se aplicó el estudio utilizando el modo de transporte de la Ruta 4 (Autobús).
- Se consideró una longitud aproximada del inicio de partida al destino final, de 16.5 Km.
- El estudio constó de tres recorridos de donde se obtuvieron valores promedio, que son los que constituyen la muestra, en el mismo horario y con las mismas consideraciones antes mencionadas.

Para la aplicación del estudio en dicha sección, fue necesario antes realizar recorridos en diferentes horarios, durante periodo de tiempo vacacional y laboral, lo cual arrojó una visión más amplia, que conllevó a elegir el tramo en donde se crea una variación del volumen vehicular que reduce la velocidad de marcha y empieza a crear el congestionamiento.

También se optó por aplicar el estudio en la hora 5:03 am, ya que en este intervalo nos permite tener una enfoque más amplio respecto a la velocidad, en la que un vehículo tarda en cruzar ciertas secciones (vialidades). Por tal motivo se estableció el siguiente horario 7:33 am, ya que, es a partir de este intervalo cuando se presenta los conflictos viales y la velocidad reduce drásticamente.

Se evaluó la eficiencia de los sistemas de tránsito en representaciones de la velocidad vehicular. Los resultados del estudio de velocidad y demoras que se le aplicó al transporte público, permitió una perspectiva más amplia para distinguir los lugares más conflictivos congestionados en la que se presenta una situación de acuerdo con la zona sobre el tipo de: retraso, duración y frecuencia de las variaciones del tránsito.

La base de información que se obtuvo del estudio de Tiempo de Recorrido y Demoras fue manejada mediante el Estudio de “Velocidad y Demoras” con la finalidad de evaluar la calidad de las secciones que nos permitió conocer la ubicación, tipo y duración de las demoras.

3.4. Procedimiento del estudio de campo “velocidad y demoras”

Tomando en cuenta al Manual de Ingeniería de Tránsito⁶, como base para el estudio de Velocidad y Demoras, el indicador que se maneja para medir la eficiencia de las vialidades, es la velocidad de los vehículos. Desde este enfoque, para medir la eficiencia del movimiento del tránsito, es necesario conocer: velocidad de marcha y velocidad de recorrido.

Velocidad de recorrido: es conocida también como velocidad global o de viaje; es el resultado de dividir la distancia total recorrida distancia del inicio hasta el final del viaje, entre el tiempo total que se utilizó en el recorrido, incluyendo demoras.

Velocidad de marcha: se obtiene al dividir la distancia recorrida entre el tiempo, en que el vehículo estuvo en movimiento, (sin demoras).

La determinación de velocidades promedio de marcha fue a través de *GPS*, (*aplicación Open GPS Tracker®*), y debido a que no se contó con vehículo propio, el estudio fue aplicado a bordo del transporte público autobús de la Ruta 4.

Se registró cuando el flujo de tránsito se detuvo o forzó durante el trayecto del recorrido. Los tiempos de demoras del tránsito se midieron y registraron. Durante las demoras se anotó el lugar en donde ocurrieron, así como la causa que las generó y su frecuencia.

Con lo anterior se construyó la base de datos mediante el *software “Excel®”*.

⁶ Ingeniería de Transporte, Fundamentos y Aplicaciones. Cal y Mayor, 8a. Edición. Abril del 2005. 597 pp.

3.5. Análisis descriptivo de resultados de los estudios de campo aplicados en la zona de interés

3.5.1. Hora valle: 5:04 am

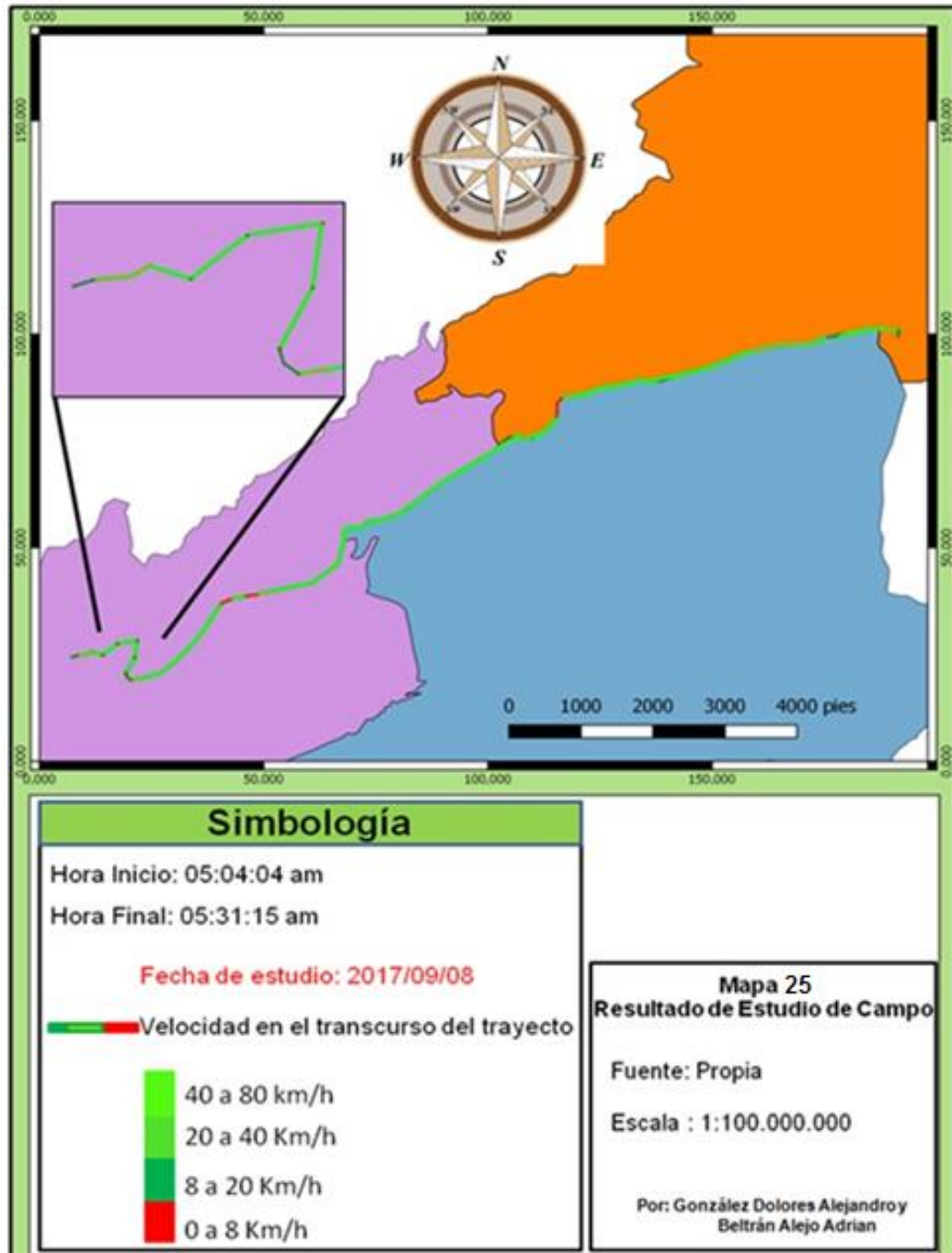
Como se muestra en el mapa No. 3.2 la variación que existe respecto a la velocidad vehicular, no perturba ni genera alteraciones al flujo continuo de vehículos, esto se debe principalmente a la tasa del flujo que circula en ese horario, al no haber un número considerable de vehículos transitando sobre la vialidad; los conductores tienen la oportunidad de realizar maniobras de rebase, en caso de que un vehículo esté detenido o simplemente porque esté circulando con menor velocidad.

Debido a la semejanza de los diversos recorridos realizados (muestra) se consideró efectuar un estudio al azar y proyectarlo, en el mapa No. 3.2. La finalidad del mapa es visualizar la velocidad y, el trayecto del recorrido total, de esta forma se representa un perfil que también permite visualizar en qué punto del trayecto del recorrido se empieza la formación de colas.

Y como se muestra en el mapa no se perciben las demoras del tránsito, mediante las velocidades de marcha durante todo el transcurso del recorrido, esto debido a la baja demanda del flujo vehicular.

Resultado de estudio enunciado mediante el siguiente mapa temático: hora de valle.

Mapa 3. 2. Trayecto de recorrido del Estudio de Campo, Hora valle

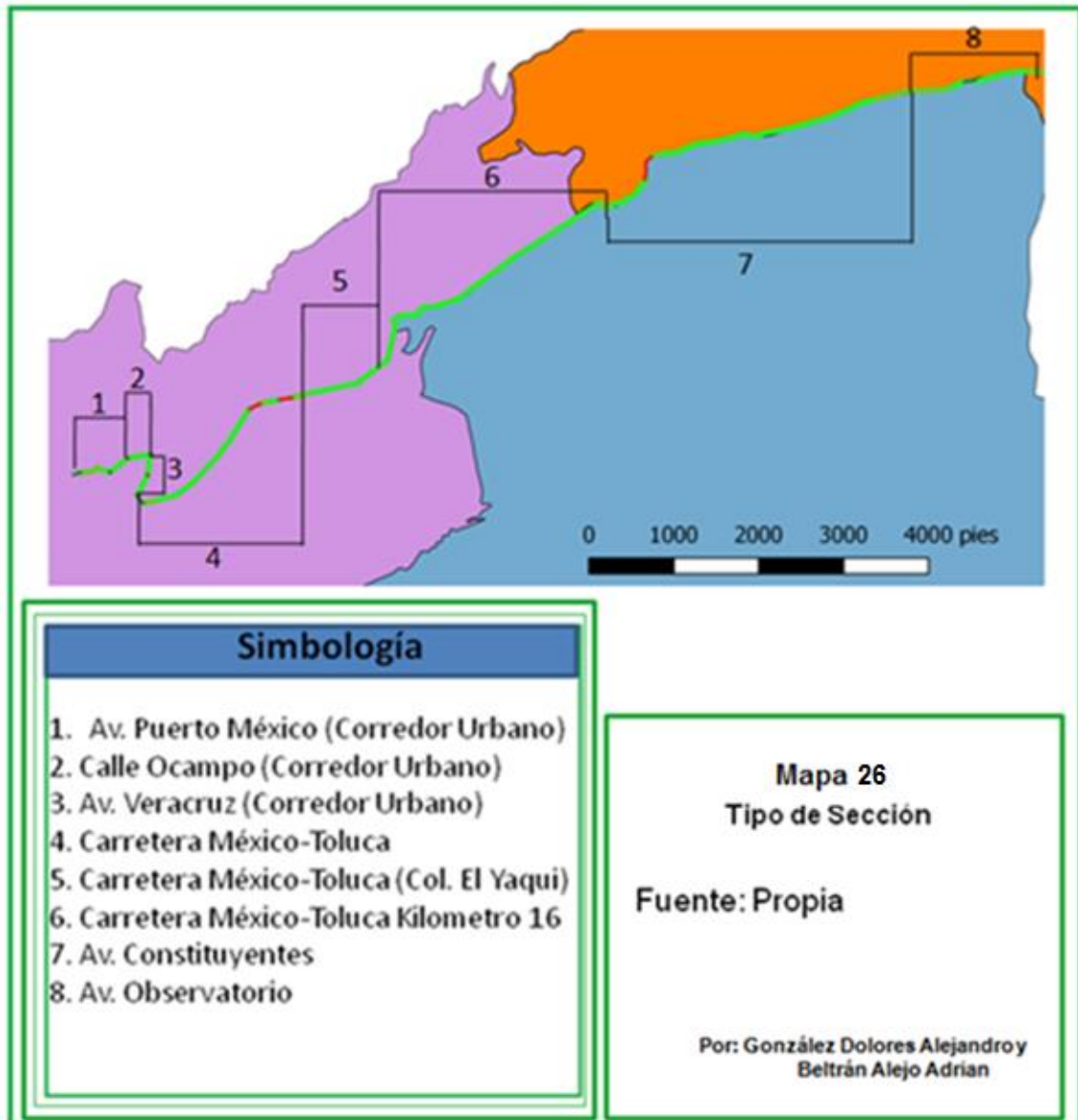


Fuente: Elaboración Propia.

3.5.2. Análisis por secciones.

Para el siguiente análisis se dividió el recorrido (16.50 km), en ocho secciones de características similares, según sus elementos físicos y operativos. El mapa No. 3.3 muestra los ocho tramos y se describen en la tabla No. 1 posteriormente.

Mapa 3. 3. Tramo total dividido en ocho secciones



Fuente: Elaboración Propia.

Y así mismo en la siguiente tabla No. 3.1 y 3.2, se muestra las características de recorrido de cada sección, también el tipo que causa la demora y el tiempo consumido por tramo.

Tabla 3. 1. Características operacionales de secciones de vialidades secundarias

Vialidades Secundarias del Corredor urbano				
Secciones	Características de la vía	Causas de la Demora	Tiempo con Demora (s)	Tiempo sin Demora (s)
1.-Av. Puerto México (Corredor Urbano).	Vialidad de doble sentido de circulación, un carril por sentido. Contempla una topografía con pendientes prolongadas.	La vialidad no presenta obstrucciones. Y presenta poco volumen vehicular.	2.7	2.25
2.-Calle Ocampo.	Vialidad de doble sentido de circulación, un carril en cada sentido. No hay pendientes. Pero se presenta una curva muy considerable.	No presenta obstrucciones. Existe semáforo. Poca demanda vehicular.	2.32	1.9
3.-Av. Veracruz.	Vialidad de doble sentido de circulación, un carril por sentido. Durante todo el trayecto existen pendientes considerables.	Presenta un semáforo.	3.21	2.9

Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo se muestra la vialidad primaria.

Tabla 3. 2. Características operacionales de secciones de vialidades primarias

Vialidad primaria				
Secciones	Características de la vía	Causas de la Demora	Tiempo con Demora (min)	Tiempo sin Demora (min)
4.- Carretera México-Toluca.	Vía de dos sentidos por circulación	Existe bajo volumen vehicular.	2.3	2.1
5.- Carretera México-Toluca (Col. El Yaqui).	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles. No hay pendiente.	Existe un ramal de salida muy importante (Santa Fé), pero hay poco volumen vehicular.	2.3	2.3
6.- Carretera México-Toluca (Kilometro 16).	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles.	No existen factores que interrumpa el flujo continuo.	4.0	4.0
7.- Av. Constituyentes.	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles. No hay pendiente.	Existen semáforos.	4.3	4.3
8.- Av. Observatorio.	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles. No hay pendiente.	Existen semáforos.	3.2	3.2

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3. Hora pico: 7:33 am

Se observan en el mapa No. 3.4 (así mismo se consideró efectuar un estudio al azar y proyectarlo en el siguiente mapa No.3.4) el recorrido total, en donde la velocidad es interrumpida por ciertos factores, que ocasionan un aumento de consumo de combustible y un aumento de tiempo de traslado, los cuales fueron identificados.

Los factores que intervienen en el problema del tránsito continuo, ocasionan que los tiempos de traslado sean mayores.

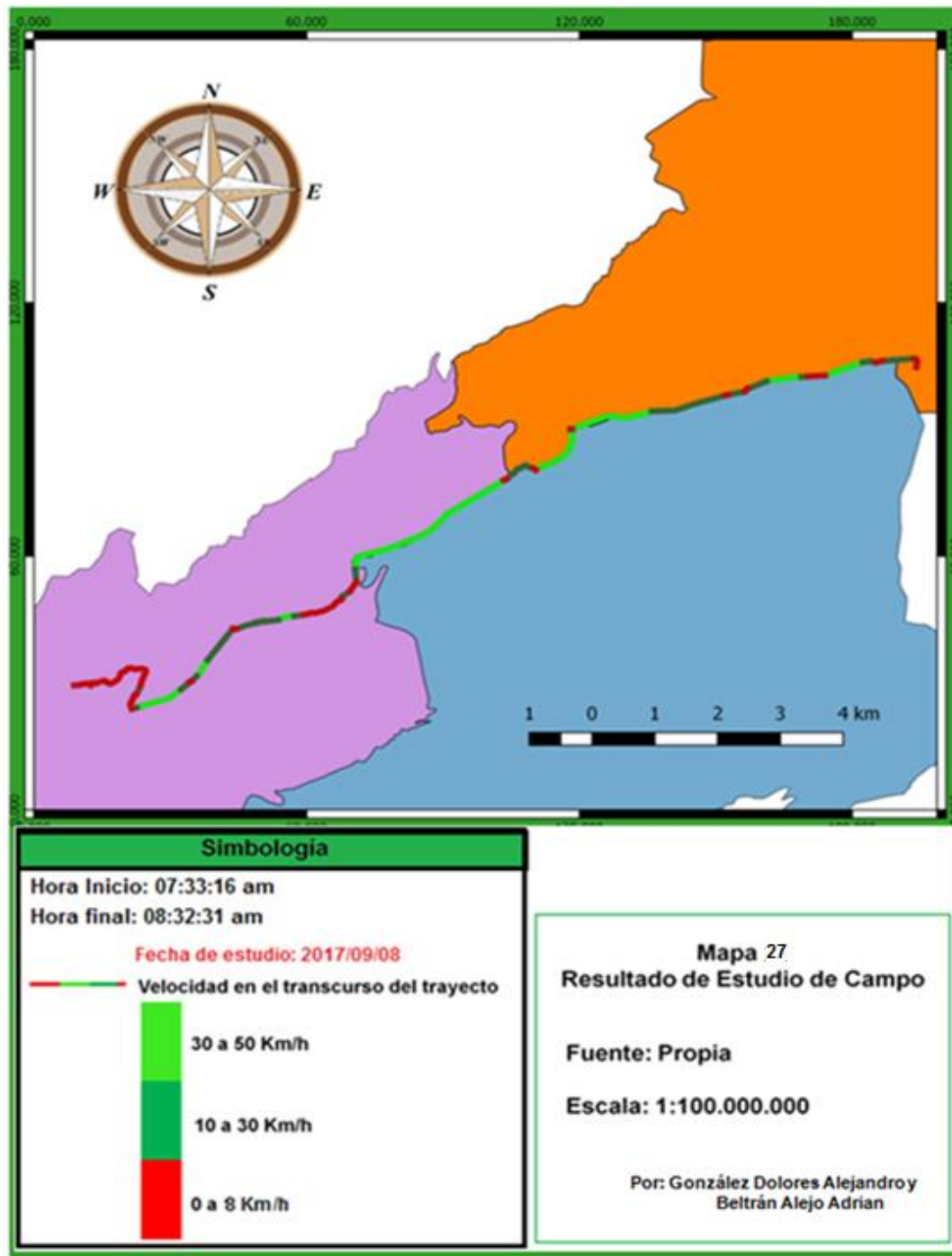
Factores que interrumpen la velocidad continua:

- Diseño geométrico
- Operación de las vialidades
- Obstrucciones de carril
- Flujo forzado
- Dispositivos para el control del tránsito

En el mapa No. 3.4, se observan los puntos específicos en donde la velocidad es interrumpida por los factores, identificados anteriormente.

Resultados del segundo estudio en hora pico expresando mediante el siguiente mapa temático.

Mapa 3. 4. Resultados de Estudios de Campo, Hora Pico



Fuente: Elaboración Propia.

Se analizó el recorrido del inicio al final con mayor detenimiento mediante las mismas secciones (factores que generan la variación del flujo vehicular), mostradas en el mapa No. 3.6

Características generales del tipo de sección de acuerdo a la clasificación del mapa No. 3.6.

Tabla 3. 3. Características obtenidas mediante práctica de campo.

Vialidad Secundaria (Corredor Urbano)				
Secciones de Estudio	Características de la vía	Causas de la Demora	Tiempo con Demora (min)	Tiempo sin Demora (min)
1.- Av. Puerto México (Corredor Urbano)	Vialidad de doble sentido de circulación, un carril en cada sentido. Contempla una topografía con pendientes prolongadas.	La vialidad presenta obstrucciones, debido a vehículos estacionados sobre la vialidad	6.29	5.51
2.- Calle Ocampo	Vialidad de doble sentido de circulación, un carril en cada sentido. No hay pendientes	Un carril está completamente bloqueado por camionetas y vehículos estacionados. Presenta un semáforo	9.57	8.56
3.- Av. Veracruz	Vialidad de doble sentido de circulación, un carril en cada sentido. Durante todo el trayecto existen pendientes considerables	Es una vialidad de dos carriles y de ambos sentidos. Presenta un semáforo	8.63	6.28

Fuente: Elaboración Propia.

Y por último se ilustra en la siguiente tabla las características la vialidad primaria.

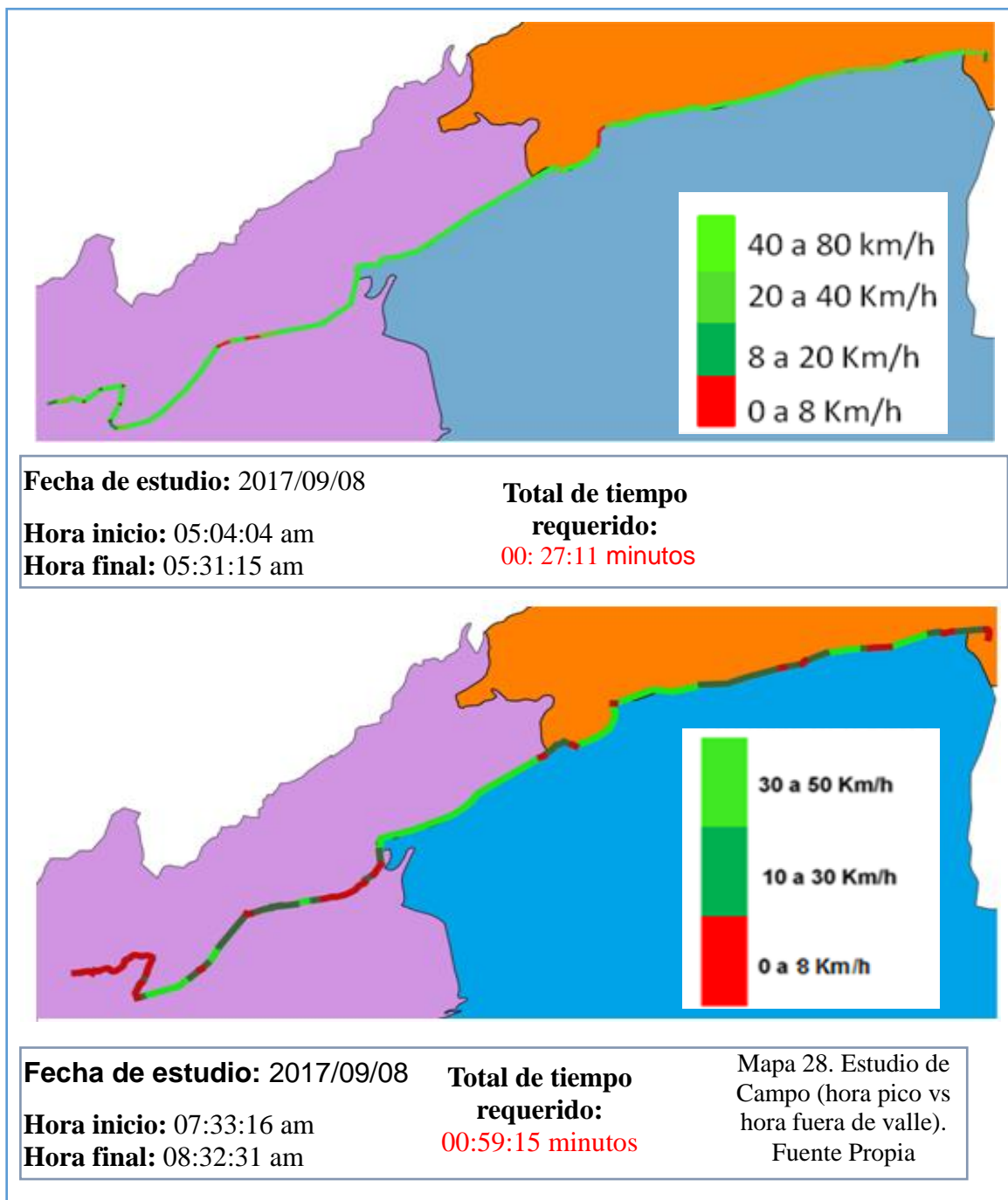
Tabla 3. 4. Características obtenidas mediante práctica de campo. Fuente propia.

Vialidad Primaria				
Secciones de Estudio	Características de la vía	Causas de la Demora	Tiempo con Demora (min)	Tiempo sin Demora (min)
4.- Carretera México-Toluca	Es una vialidad de dos sentidos, cada sentido está conformado por dos carriles	Existe un aumento de volumen vehicular	4.1	3.9
5.- Carretera México-Toluca(Col. El Yaqui)	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles. No hay pendiente	Existe un una desincorporación muy importante (Santa Fé), que genera un cola de corriente hacia atrás	5.2	4.9
6.- Carretera México-Toluca (Kilometro 16)	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles.	No existe factores que interrumpa el flujo continuo	10.9	10.3
7.- Av. Constituyentes	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles.	Existe semáforos	10.9	10.5
8.- Av. Observatorio	Es una sección de dos sentidos, y cada sentido consta de 3 carriles.	Existe semáforos	7.9	6.2

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.4. Comparación de los escenarios: hora pico vs hora valle.

Mapa 3. 5. Estudio de campo (hora pico vs hora fuera de valle). Fuente propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Existe mucha diferencia respecto a los dos escenarios en que se establecieron en el estudio; cabe señalar que el factor que generó mayor variación y que interrumpió el flujo vehicular en las secciones 1, 2, y 3, fue la obstrucción de carriles, ya que siempre se encuentra ocupado y se invade para estacionar los vehículos.

Tabla 3. 5. Base Información Rescatada Durante el Estudio de Campo. Fuente Propia.

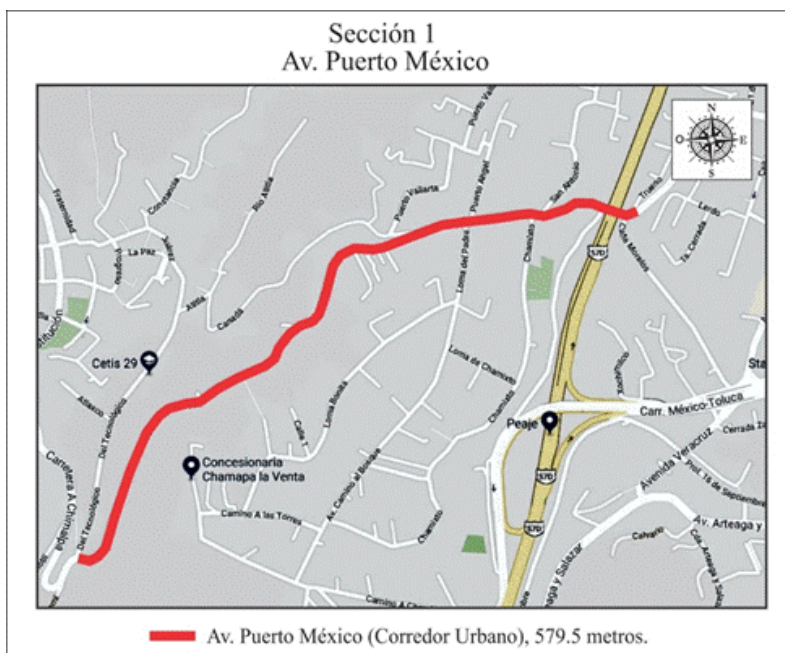
No. Sección	Características de las secciones	
	Hora valle	Hora pico
1	No se presenta obstrucciones (vehículos estacionados), la demanda de la vialidad es mínima. El autobús circula a una velocidad es constante.	Se presentan obstrucciones por vehículos estacionados, el flujo vehicular es muy considerable. La velocidad es interrumpida.
2	No hay obstrucciones de carriles, el volumen vehicular sigue siendo moderado. La velocidad del autobús es constante.	Se presentan más obstrucción de carril, la demanda vehicular ya es muy considerable. La velocidad es interrumpida.
3	No existen elementos que alteren la variación del flujo vehicular.	La demanda de la vialidad perjudica y altera el flujo vehicular, ocasionado variaciones en el flujo continuo. También existe obstrucción de carril.
4	Aumenta el volumen vehicular, pero la geometría de la sección, agiliza el desplazamiento.	El volumen vehicular aumenta, pero debido a la geometría de la sección, el desplazamiento es agilizado.
5	El flujo vehicular se desplaza sin ningún problema.	Debido a la incorporación a Santa Fé, un carril es obstruido y se presentan nuevamente variaciones en el flujo vehicular.
6	No existen elementos que alteren el	Nuevamente no existe obstrucciones

	flujo vehicular y el número de vehículos que transitan es bajo.	en los carriles y el flujo es constante sin ningún problema.
7	El flujo vehicular es bajo y genera que la velocidad a la que transita el autobús permanezca constante.	Debido al volumen, la velocidad a la que transita el autobús varía, pero dicho volumen vehicular en general no altera la continuidad del flujo.
8	La demanda de la vialidad es mínima y la velocidad del autobús es constante.	El flujo vehicular aumenta y la velocidad se interrumpe.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestran los mapas de las ocho secciones mencionadas anteriormente así como su entorno vial.

Mapa 3. 6. Características de la sección, Col. Av. Puerto México



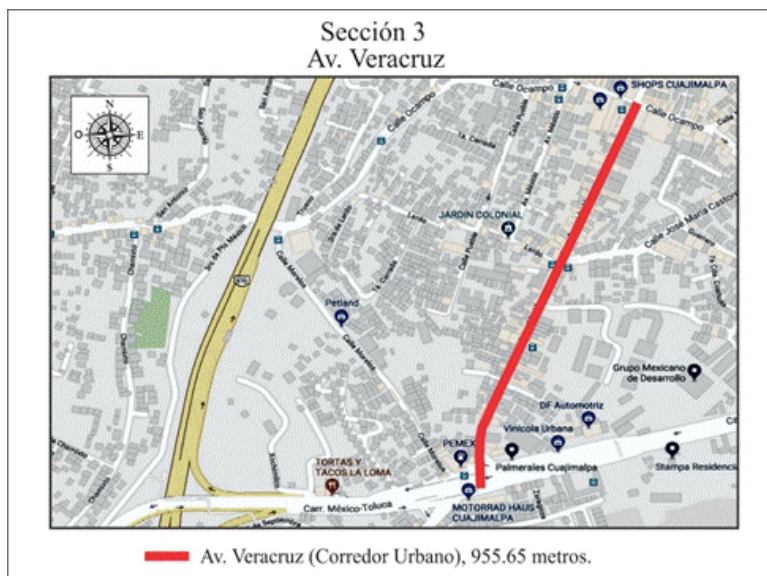
Fuente: Google Earth

Mapa 3. 7. Características de sección, Calle Ocampo



Fuente: Google Earth

Mapa 3. 8. Características de sección, Av. Veracruz



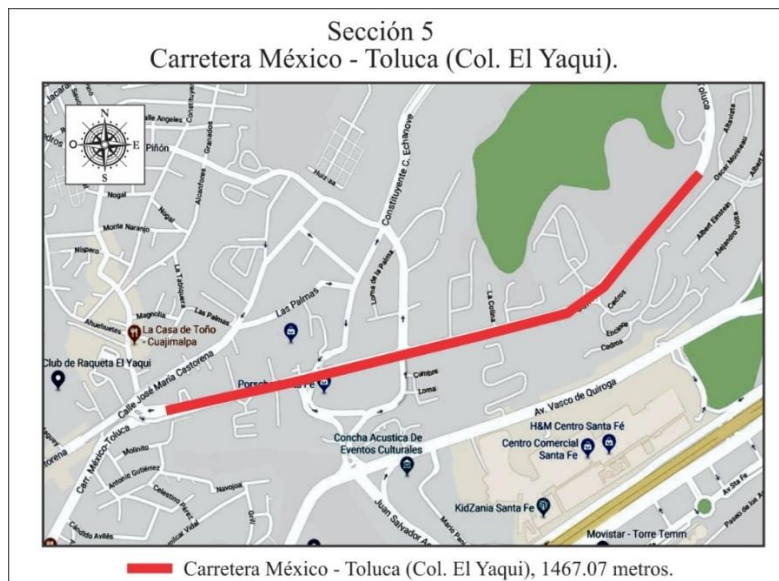
Fuente: Google Earth

Mapa 3. 9. Características de sección, Carretera México-Toluca



Fuente: Google Earth

Mapa 3. 10. Características de sección Carretera México-Toluca el Yaqui



Fuente: Google Earth

Mapa 3. 11. Características de sección Carretera México-Toluca Kilometro 16



Fuente: Google Earth

Mapa 3. 12. Característica de sección Av. Constituyentes



Fuente: Google Earth

Mapa 3. 13. Características de sección Av. Observatorio



Fuente: Google Earth

CAPÍTULO 4

Procesamiento y Análisis

CAPÍTULO 4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

4.1. Estudio en hora pico

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla No. 4.1 es posible evaluar la calidad del servicio a lo largo del recorrido, ya que al considerar el estudio en forma integral (distancia total de recorrido), la velocidad no es aceptable, debido a que se tiene una velocidad media de recorrido de 15.23 km/h y más aún, hay posibilidades de que cualquier día entre semana y dentro de los intervalos de horarios estudiados, la velocidad de recorrido de todo el trayecto sea aproximadamente de 15.23 km/h, que por lo general es una velocidad que puede involucrar congestionamientos.

Se realizó la evaluación general del tránsito dentro de diferentes áreas (secciones) a lo largo del estudio. Ya que los datos obtenidos son más minuciosos permitiendo localizar los tramos afectados (problemáticos).

De lo anterior, fue necesario analizar cada tramo a fondo, de manera que se pudiera identificar los puntos específicos en donde se van generando las colas y en donde la variación del flujo vehicular presenta diferenciaciones considerables ocasionando congestionamiento.

La velocidad media de marcha fue de 17.4 Km/h, por lo que se puede afirmar que durante todo el recorrido existen demoras de recorrido y además coexisten elementos que generan variaciones de flujo e interrumpen la circulación continúa.

Tabla 4. 1. Resultados de Velocidades de Recorrido y velocidades de Marcha

Recorrido total 16. 5 Km		
Tiempo promedio de recorrido (min)	Velocidad media de recorrido (km/h)	Velocidad media de marcha (km/h)
65	15.23	17.4

Fuente: Google Earth

4.1.1. Análisis por sección

Se puede observar que se utiliza el 32.4% del tiempo total para el desplazamiento en la sección 1, 2 y 3 (Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz).

Tabla 4. 2. Datos Recopilados y Determinación de Velocidades.

Número de Secciones	Tiempo promedio de recorrido (min)	Distancia de Sección (m)	Velocidad media de recorrido Km/h	velocidad media de marcha km/h
1	7.0	579.0	4.96	6.3
2	10.0	650.8	3.9	4.8
3	9.0	955.6	6.4	9.1
4	4.15	2219.2	32.1	34.2
5	5.21	1467.0	16.9	18.0
6	10.94	4095.7	22.5	23.7
7	10.87	4101.7	22.6	23.3
8	7.87	2430.7	18.5	23.3

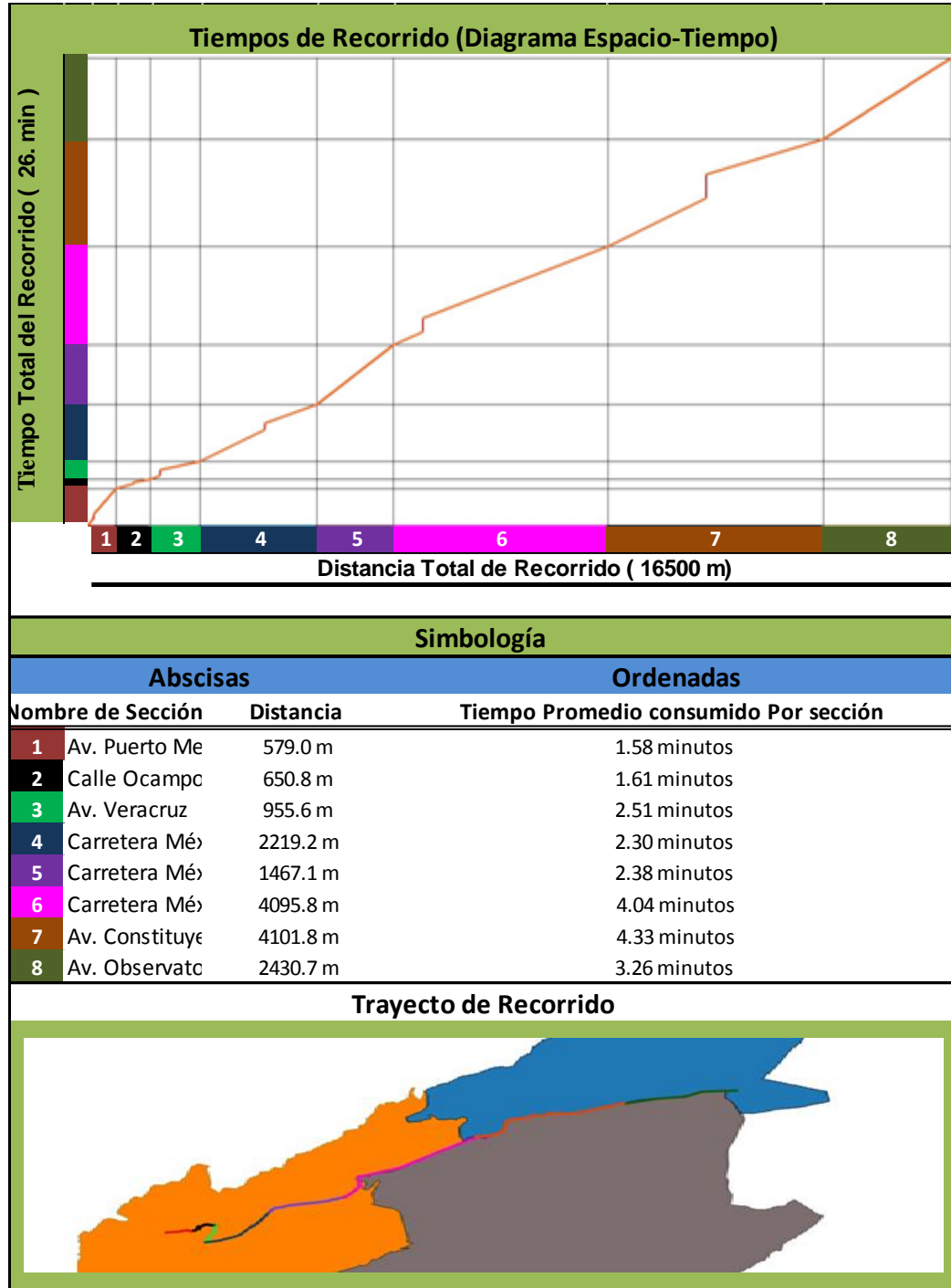
Fuente: Google Earth

El diagrama espacio-tiempo, muestra los tiempos de recorrido, para los trayectos que se recorren en cada sección; así mismo, se aprecia el tiempo acumulado desde el inicio al final del recorrido total. Las ordenadas representan el tiempo consumido en cada sección y las abscisas los desplazamientos en metros.

Los desplazamientos que se identifican en el diagrama espacio-tiempo, simbolizan la duración promedio de cada ubicación respectiva (sección), así mismo la pendiente promedio representa la velocidad de recorrido promedio. En las secciones 1,2 y 3 (del diagrama espacio-tiempo) que corresponde: a Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz; se puede apreciar una pendiente vertical que indica un desplazamiento con menor rapidez. Es decir, el flujo vehicular consume más tiempo en recorrer la distancia de cada sección.

Con relación a la tabla anterior, se presenta el siguiente diagrama espacio-tiempo.

Diagrama 4. 1. Espacio-Tiempo del recorrido total



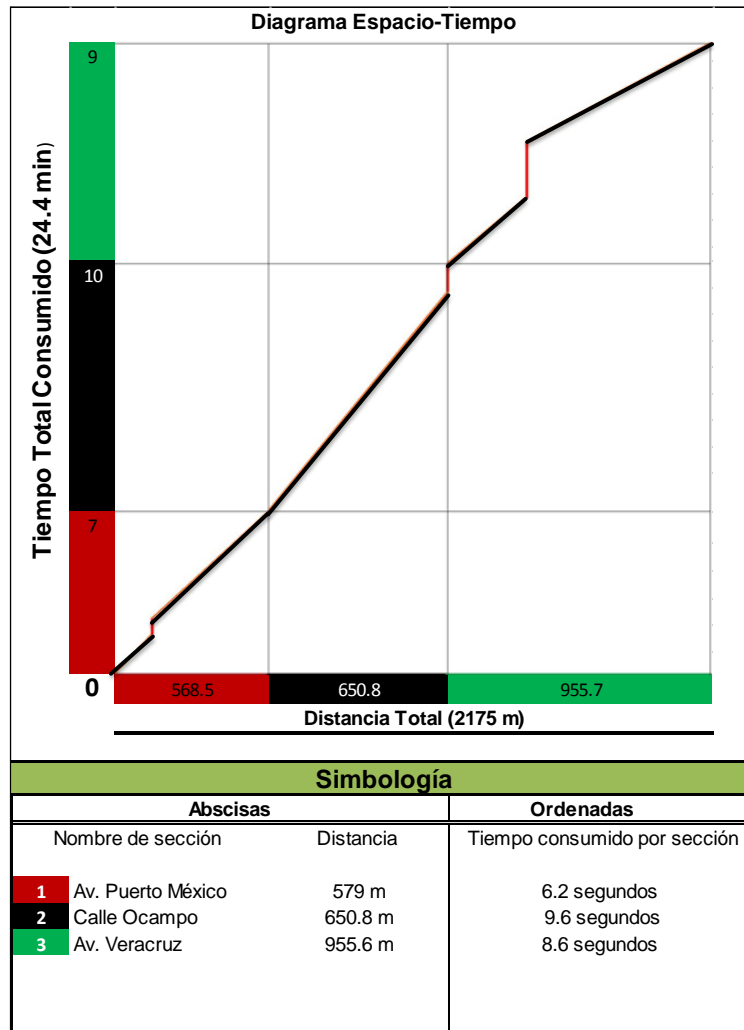
Fuente: Elaboración propia

Se analizó el diagrama espacio-tiempo con mayor detalle, con relación a las secciones 1, 2 y 3, de tal forma que se identifiquen con mayor claridad las secciones que presentan congestión.

La franja de color de rojo que se localiza en la recta del diagrama, indica un alto total que es generado por el tránsito.

El diagrama indica un desplazamiento más lento en el tramo de la calle Ocampo y la velocidad se agiliza en la Av. Veracruz; por lo que entre las Av. Puerto México y la calle Ocampo se podría presentar un cuello de botella.

Diagrama 4. 2. Espacio-Tiempo, secciones 1, 2 y 3

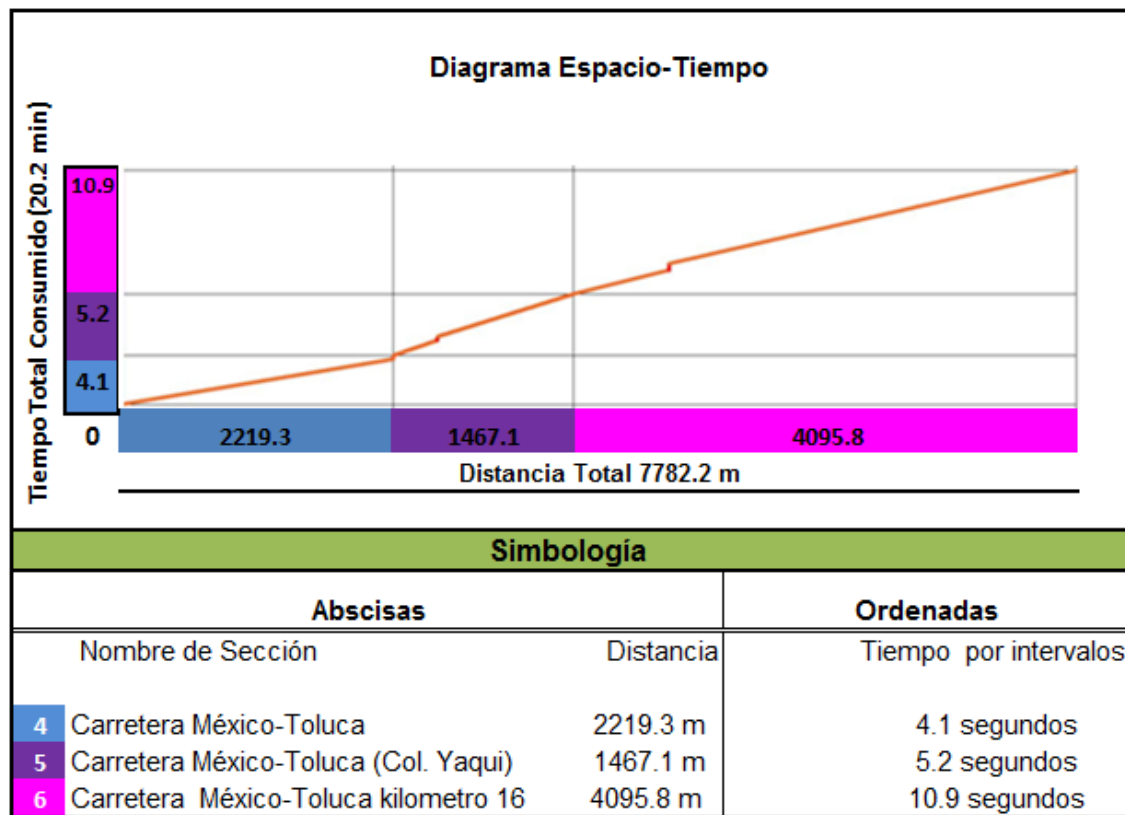


Fuente: Elaboración Propia

El diagrama anterior indica un desplazamiento más lento en el tramo de la calle Ocampo y se agiliza sobre la Av. Veracruz; por lo que en la Av. Puerto México y la calle Ocampo se presenta un cuello de botella.

La cantidad del flujo que circula provoca que la velocidad de recorrido sea en promedio de 5.08 Km/h. con pendientes con relación al 22.5km/h promedio del resto del recorrido total. Sin embargo, se observó una buena distribución del flujo vehicular, sin obstrucciones en los carriles o pendientes que disminuyan la velocidad continua o descensos y ascensos del transporte público. Por lo que la baja velocidad se atribuye a la reducida capacidad de la vialidad.

Diagrama 4. 3. Análisis de las secciones 4, 5 y 6.



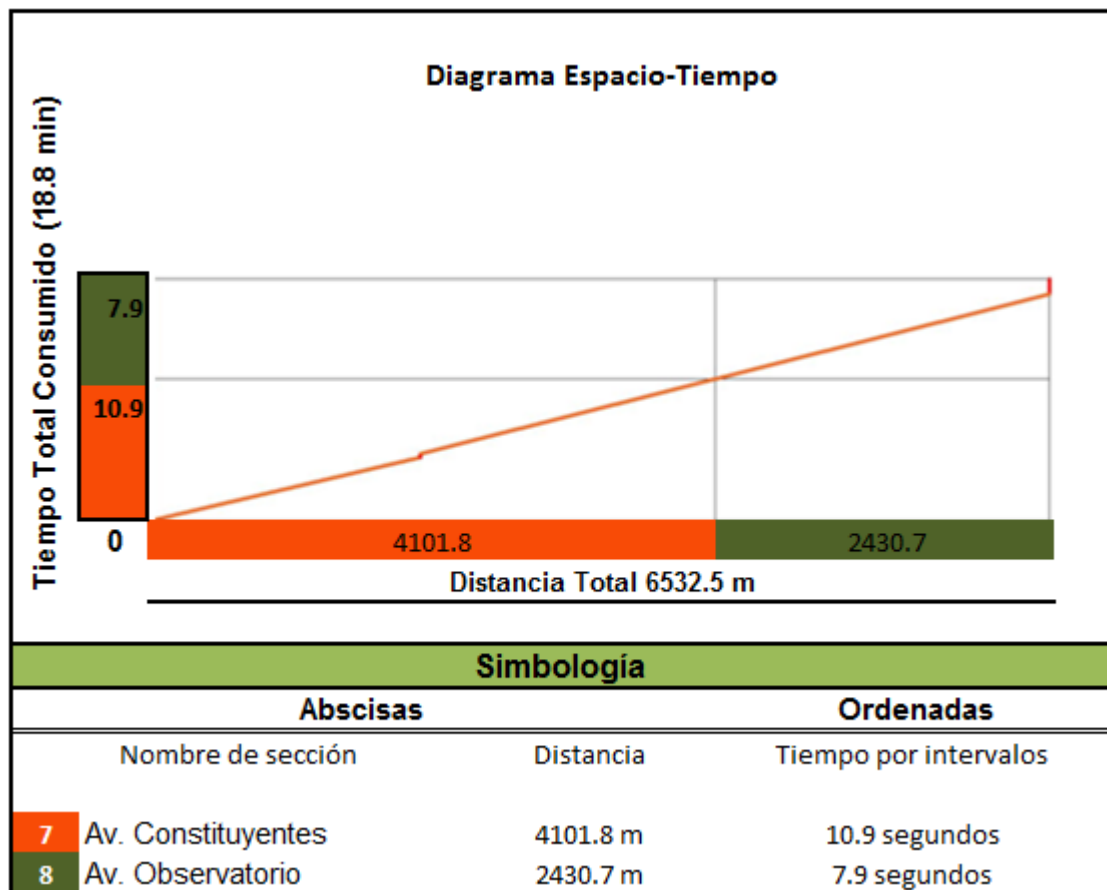
Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama anterior, se observa que la velocidad se incrementa de 6.6 hasta 32.1km/h en el tramo 4, pero disminuye en el 5 y vuelve a subir en el 6.

Cabe mencionar que las características geométricas y operacionales de la vía son semejantes a lo largo de las tres secciones del diagrama No.4.3, por lo que la velocidad debería ser constante pero existe una reducción mayor en el tramo 5 y vuelve a aumentar en el 6; lo que quiere decir que la capacidad de la vialidad, con respecto al flujo vehicular, es más reducida en el tramo 5

En el diagrama No.4.4, se observa velocidades que no varían de manera significativa, demostrando que la capacidad de la vialidad es suficiente adecuada a las secciones 7 y 8.

Diagrama 4. 4. Análisis de las Secciones 7 y 8.



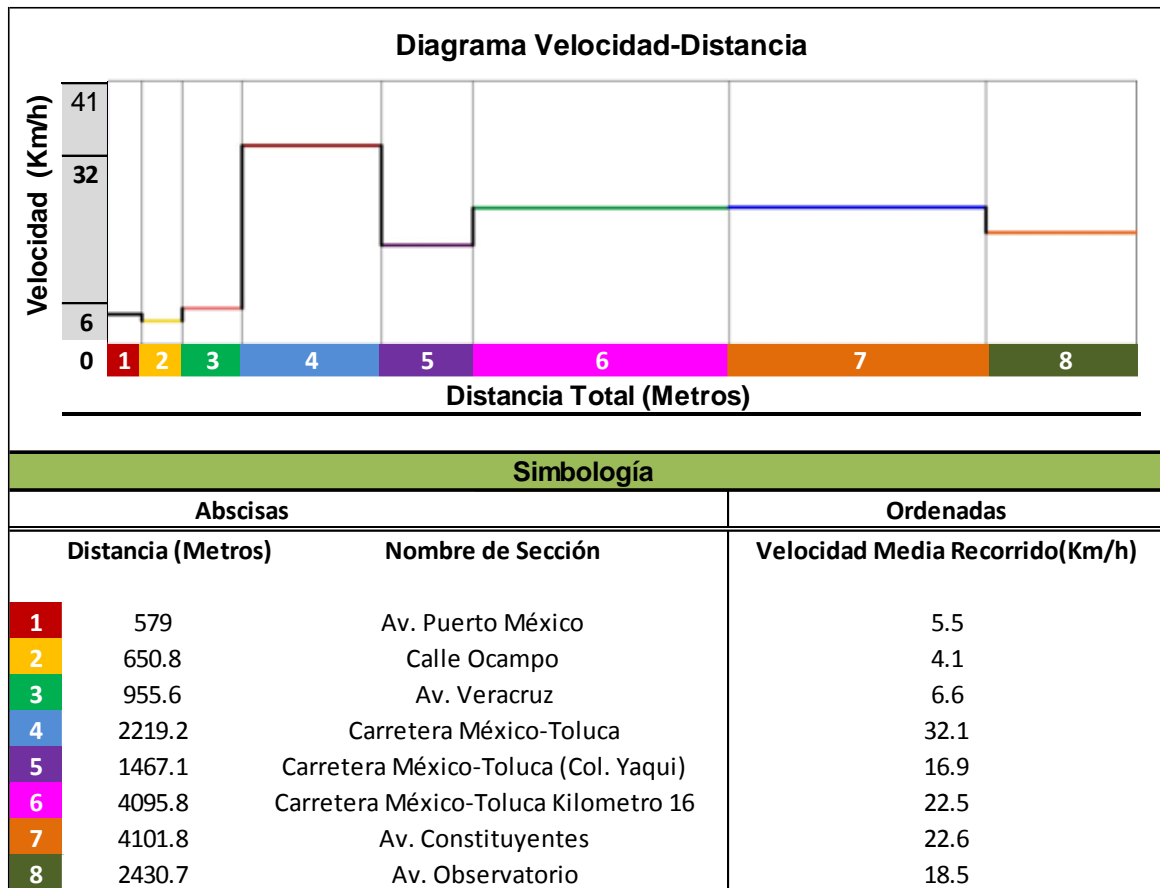
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Velocidad-Distancia

El siguiente diagrama No.5, muestra las velocidades alcanzadas en cada sección, durante todo el recorrido. Como se ha dicho anteriormente, la velocidad desciende en las secciones 1, 2 y 3 (Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz).

Teniendo en cuenta que el tiempo de recorrido y las velocidades dependen de las características geométricas y de la forma de operación de cada vialidad (sistemas de control). La variación de velocidad no tendría que perturbar el flujo continuo. En el diagrama que se muestra a continuación de velocidad-distancia; se presentan velocidades muy bajas en las primeras tres secciones con respecto a las demás. Secciones, incrementándose en la cuarta sección y disminuyendo en la quinta, sin mucha variación de la quinta a la octava.

Diagrama 4. 5. Velocidades con Relación a las Distancias Recorridas en Cada Sección.

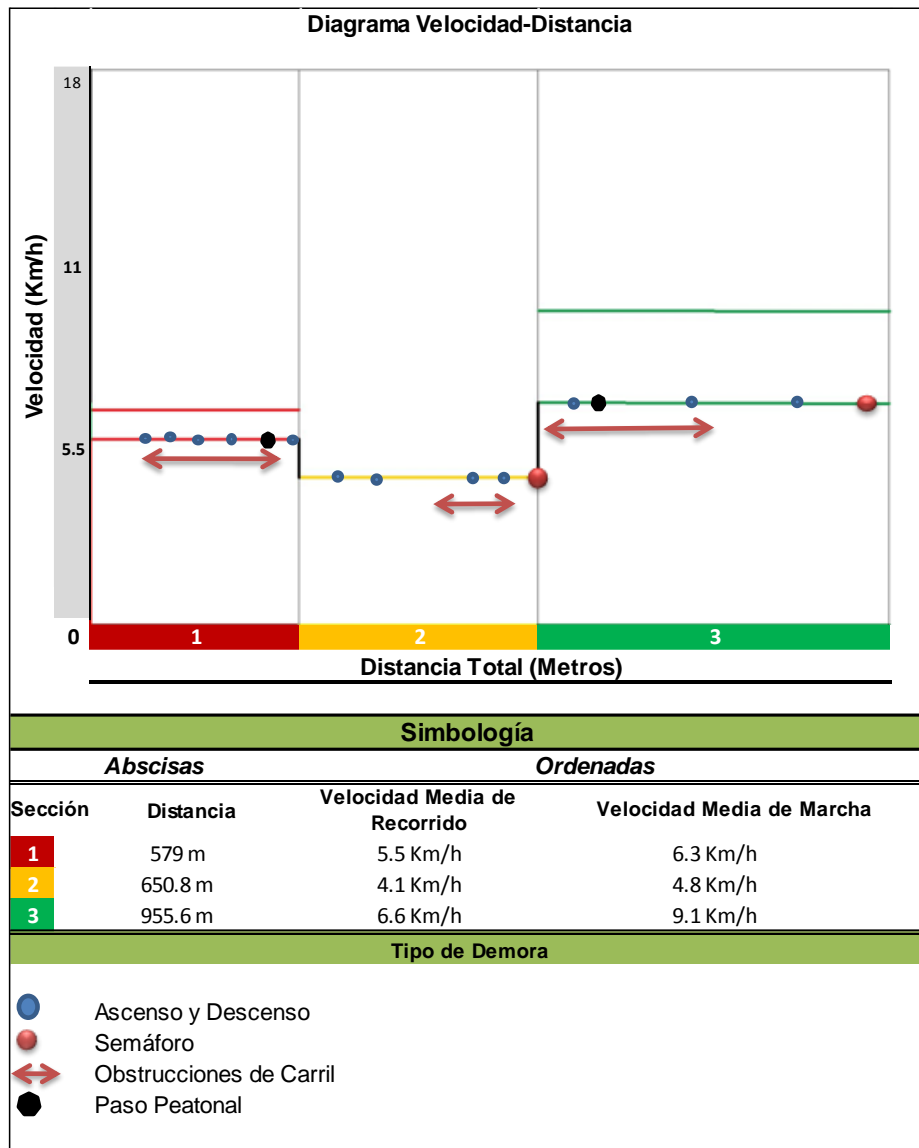


Fuente: Elaboración propia

Análisis de demoras de tránsito

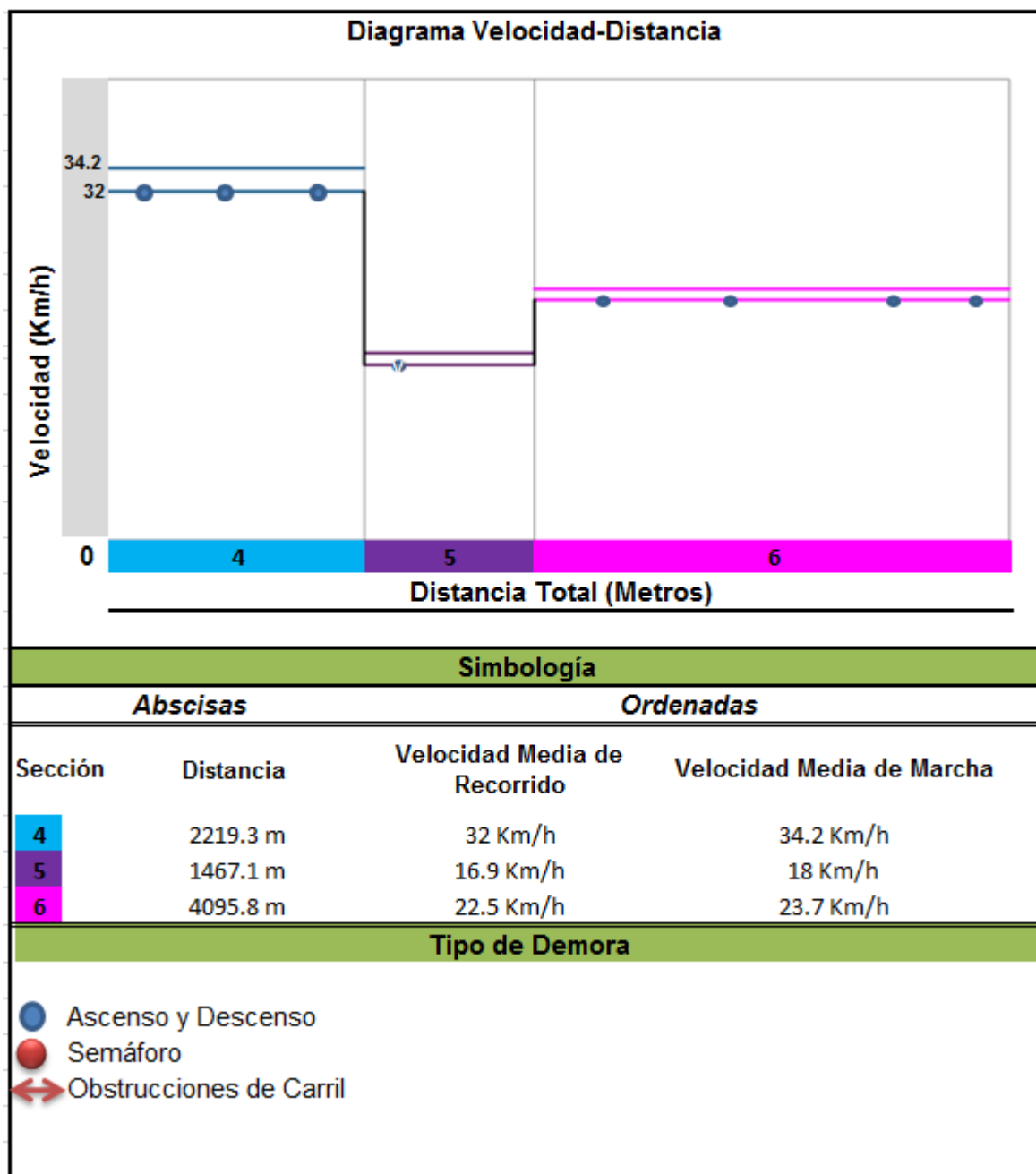
Para evaluar con mayor cuidado las demoras de tránsito, fue necesario realizar los siguientes diagramas de velocidad-distancia por secciones de tal manera que se visualicen los efectos en el movimiento del flujo vehicular por diferentes factores del retraso y así mismo comparar la velocidad de recorrido con la velocidad de marcha.

Diagrama 4. 6. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 1, 2 y 3.



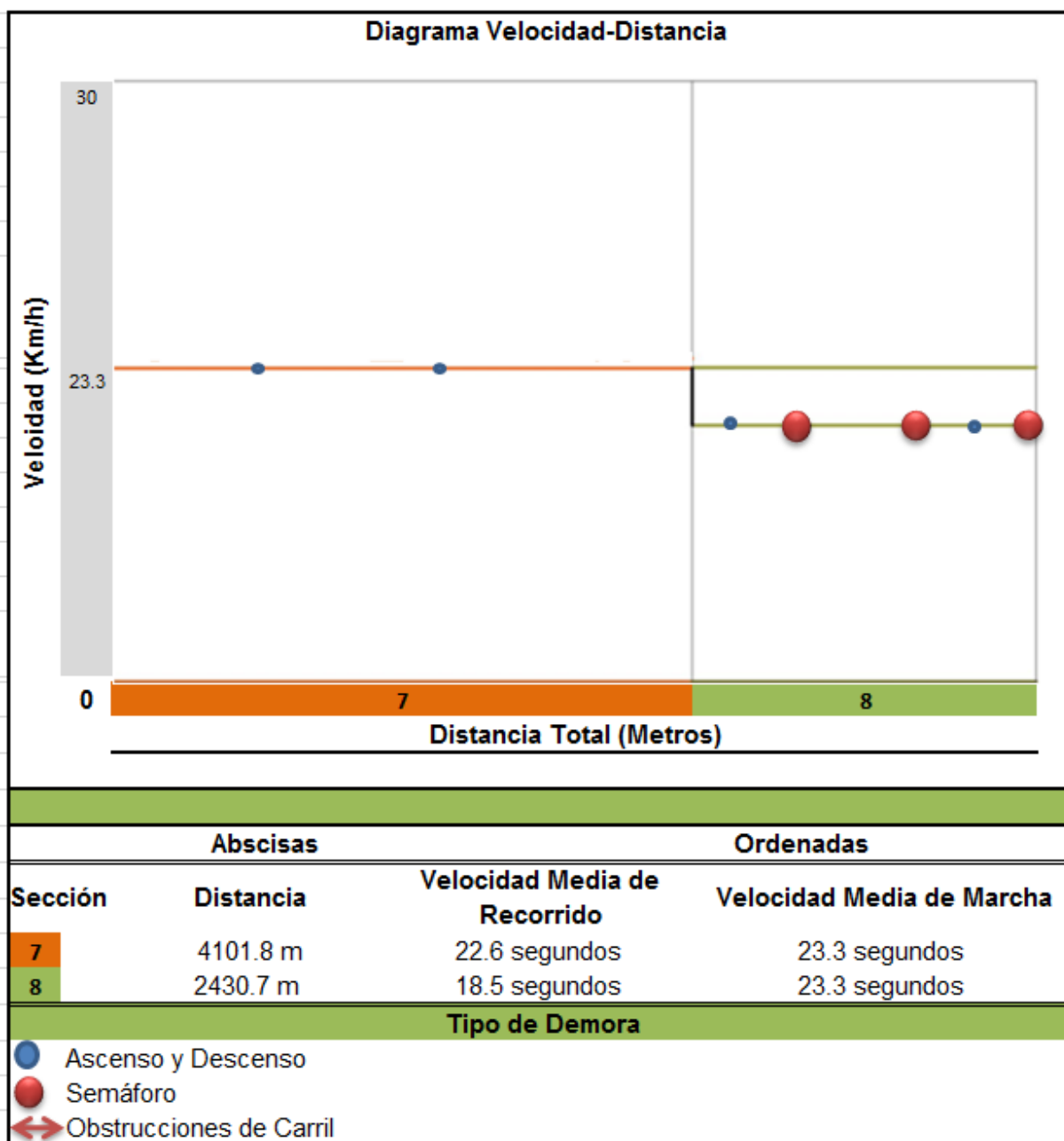
Fuente: Elaboración propia

Diagrama 4. 7. Relación Velocidad - Distancia Recorrida, con factores de retraso, en las secciones 4, 5 y 6.



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 4. 8. Relación Velocidad - Distancia recorrida, con factores de retaso, en las secciones 7 y 8.

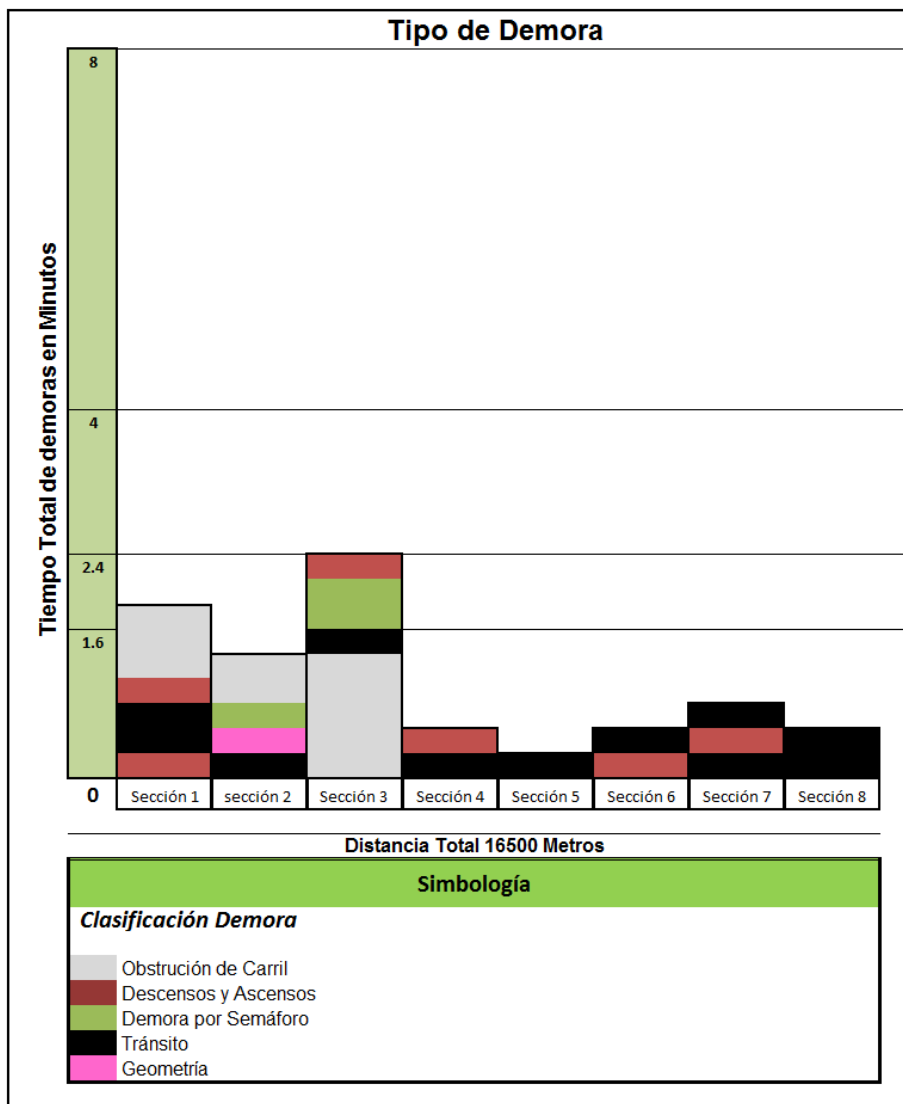


Fuente: Elaboración Propia

Detalles de demora

La siguiente gráfica en general muestra los resultados del estudio de velocidad y demoras, que se aplicó en el transporte de pasajeros Ruta 4, con la finalidad de evaluar el corredor urbano. La longitud de la izquierda representa el tiempo total de demora, de 8 minutos. Se observan los mayores tiempos de demoras en las secciones 1, 2 y 3 por obstrucción de carril, resultando en la disminución de la capacidad vial, por obstrucción de carriles y en los casos de las secciones 1 y 8 por el volumen de tránsito.

Grafica 4. 1. Tiempos de demora en cada sección del recorrido total



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Estudio en hora valle: 5:03 am

En este estudio se puede identificar un flujo más continuo ya que la velocidad de marcha y velocidad de recorrido, permiten ir a mayor rapidez, lo cual genera un viaje sin demoras y sin problemas para enfrentarse a un congestionamiento.

También se deduce, que tanto la velocidad de recorrido como la velocidad de marcha, podrían ser interrumpidas por el diseño geométrico, administración o por diversas situaciones operativas de las secciones viales, y que aunque la velocidad de recorrido es mayor a 30 km/h, se piensa que podría incrementarse aún más si se resuelven los tramos conflictivos.

Tabla 4. 3. Velocidades de Recorrido y Media de Marcha

Recorrido total 16. 5 Km		
Tiempo promedio de recorrido	Velocidad media de recorrido	Velocidad media de marcha
26 (min)	38 Km/h	53 Km/h

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior, es necesario examinar con mayor precisión todo el recorrido de estudio, de esta manera, se lograra identificar los tramos o secciones, que presenten mayor variación de velocidad. Al evaluar las secciones de una manera más detallada, se lograra no solo identificar la zona con problemas de tránsito, sino además, saber el origen que ocasiona los problemas.

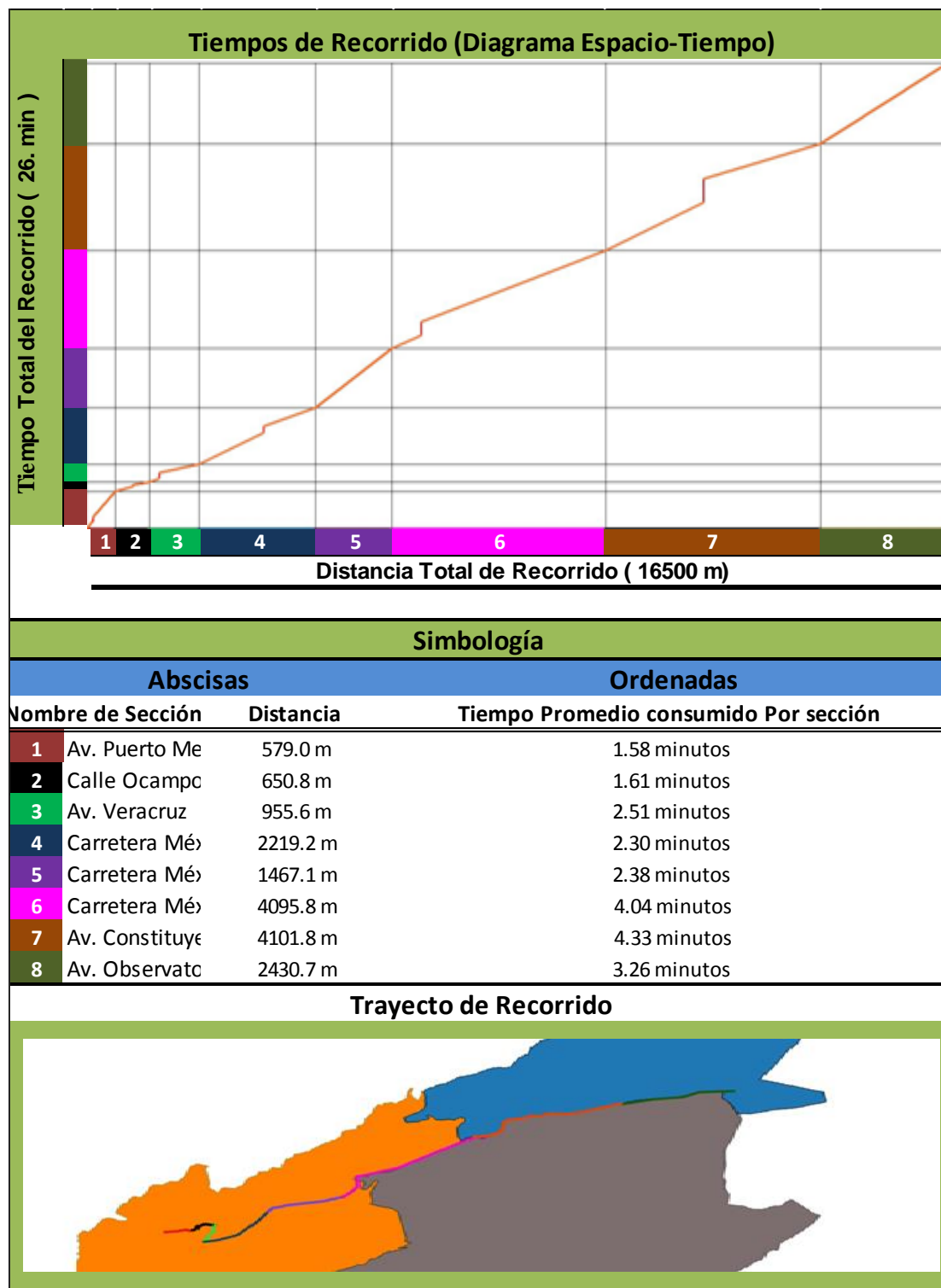
Tabla 4. 4. Resultado de Estudio. Fuente Propia.

Número de Secciones	Tiempo promedio de recorrido (min)	Distancia de Sección (m)	Velocidades media de recorrido (Km/h)	Velocidades media de marcha (GPS) (Km/h)
1	2.70	579.0	22	23
2	2.32	650.8	24	43
3	3.21	955.6	23	31
4	2.30	2219.2	58	67
5	2.38	1467.1	37	44
6	4.04	4095.8	61	72
7	4.33	4101.8	57	65
8	3.26	2430.7	45	47

Fuente: Elaboración propia

Con referencia a la tabla anterior se presenta el siguiente diagrama espacio-tiempo.

Diagrama 4.9 Diagrama Espacio – Tiempo Del Recorrido Total



Fuente: Elaboración propia

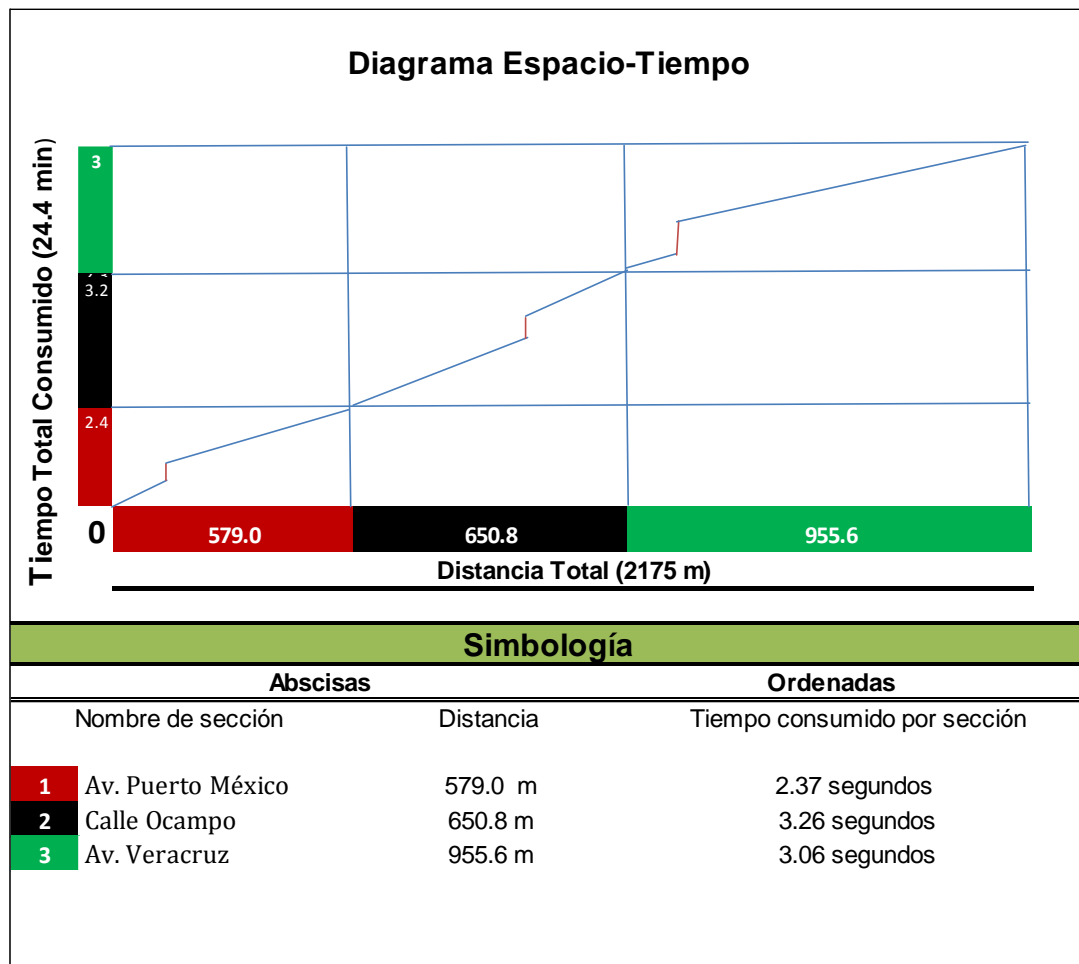
Se realizó el análisis minucioso de las 8 diferentes secciones para obtener diagramas con mayor claridad de la pendiente de la recta.

El resultado de las secciones 1, 2 y 3 se expresó mediante el siguiente diagrama espacio-tiempo, dando una pendiente casi perpendicular, indicando problemas de operación en las secciones; al igual en el caso en hora pico.

Problemas detectados en la vialidad:

- Sistemas de semáforos para el control del tráfico no sincronizados adecuadamente
- Obstrucciones de carril.
- Paradas excesivas (ascensos y descensos).

Diagrama 4. 10. Análisis de las Secciones 1, 2 y 3.

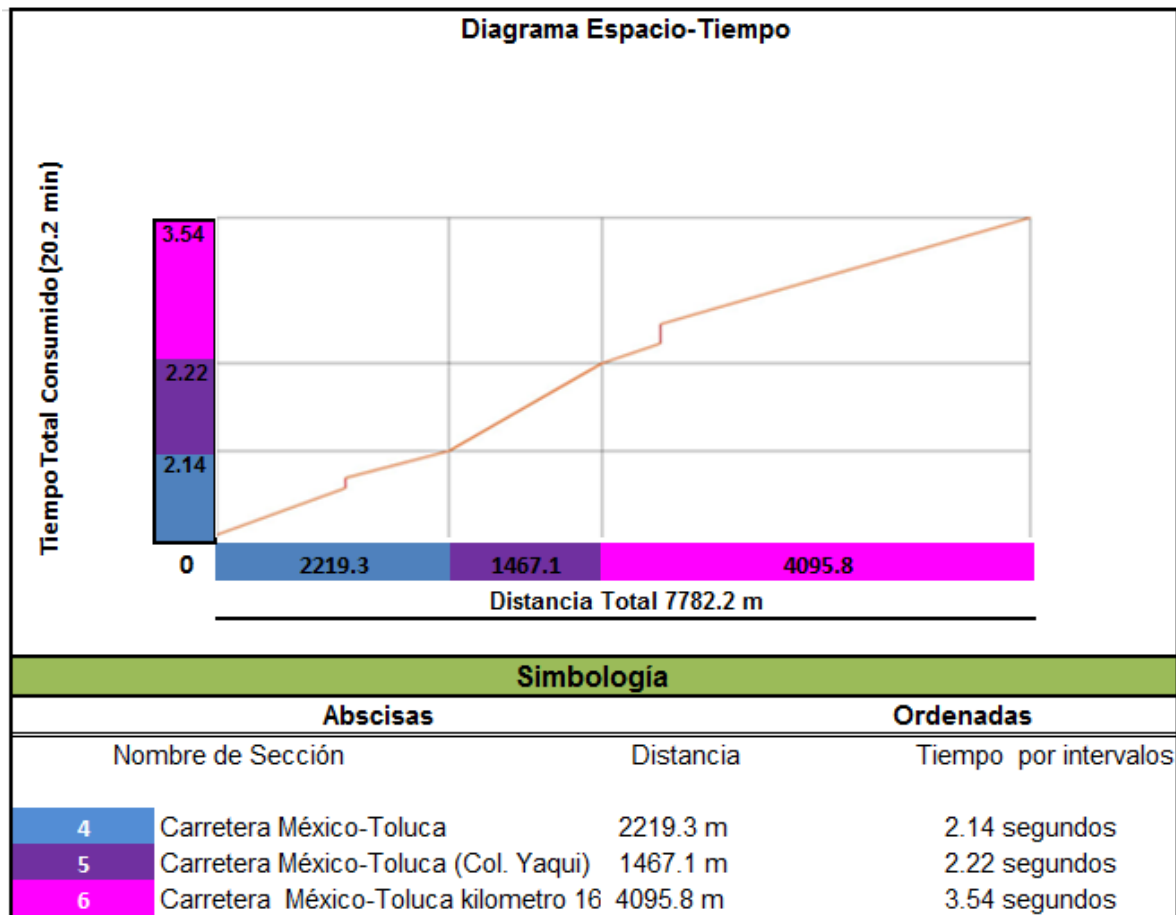


Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica siguiente (secciones 4, 5 y 6), se muestra una velocidad mayor con respecto a las tres primeras secciones, esto se debe como ya anteriormente se había mencionado, al tipo de operación de la vialidad.

La forma con la que se opera la vialidad es completamente diferente, en las primeras tres secciones, la sección 2 y 3 (Calle Ocampo y Av. Veracruz), presenta un uso de suelo muy distinto con respecto a la demás secciones. Generalmente la Calle Ocampo y Av. Veracruz, en sus vialidades presentan obstrucciones de carril, debido a su alto índice de establecimientos comerciales.

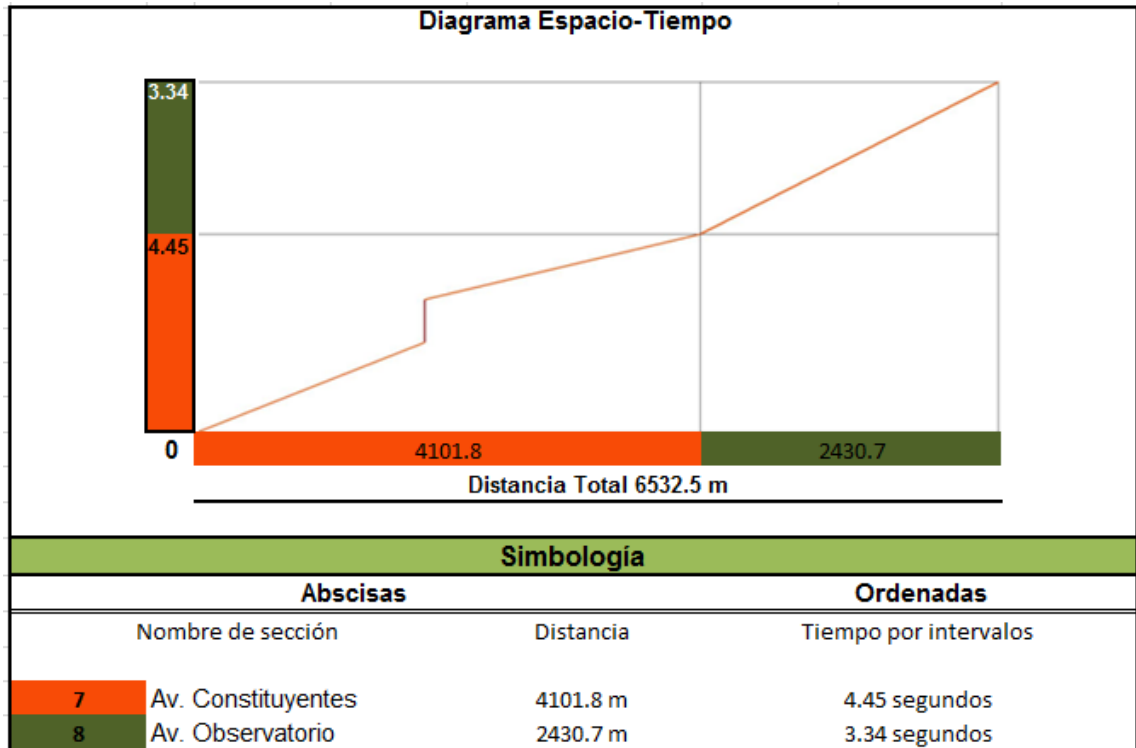
Diagrama 4. 11. Análisis de las Secciones 4, 5 y 6.



Fuente: Elaboración Propia

El análisis de las secciones 7 y 8, representado mediante el siguiente diagrama, expresa un desplazamiento sin perturbaciones en la variación de la velocidad; esto se debe en gran parte, a la magnitud del flujo que transita sobre la vialidad, ya que por la hora, la demanda vehicular queda por debajo de la capacidad de la vialidad.

Diagrama 4. 12. Análisis de las Secciones 7 y 8.

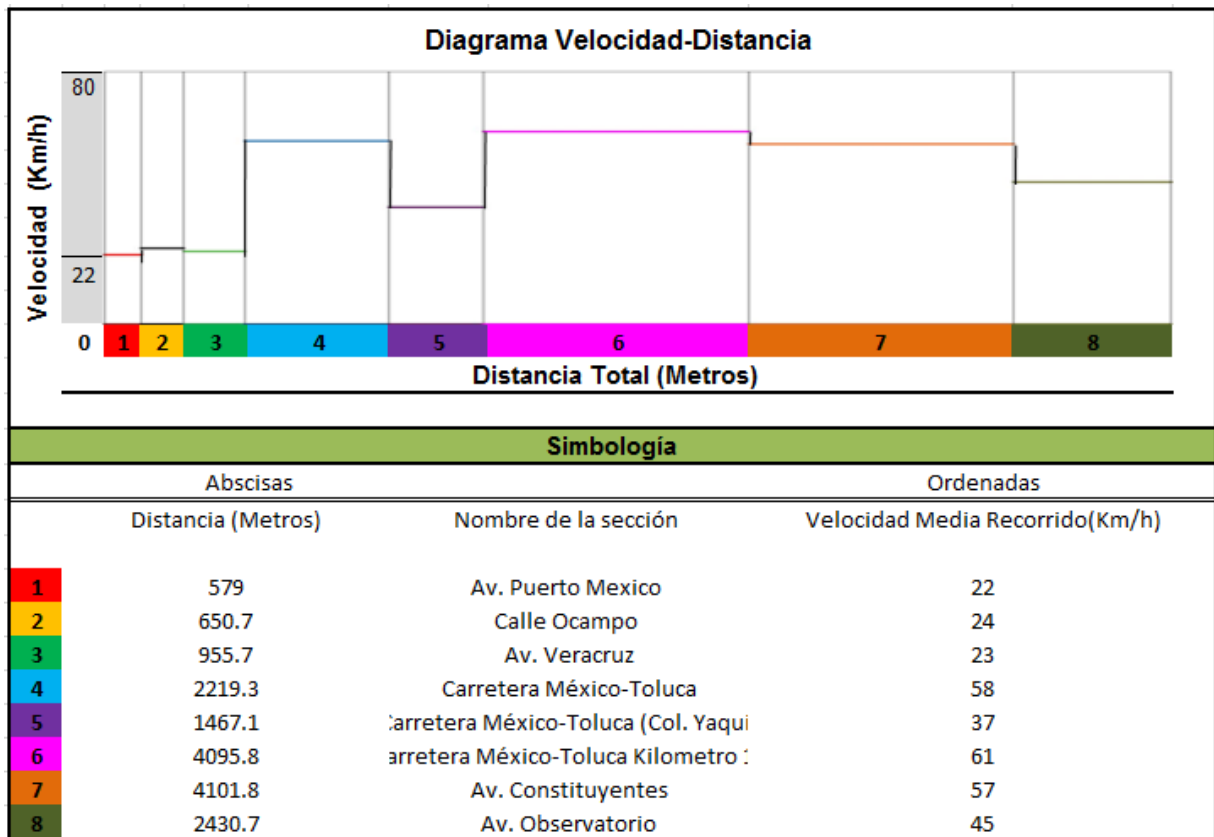


Fuente: Elaboración Propia

El siguiente estudio arroja una velocidad de recorrido convincente en donde no hay ningún problema de transitar espontáneamente, ya que la demanda vehicular que transita en ese horario (5:00 am a 5:30 am), queda por debajo de la capacidad de las secciones.

Durante todo el recorrido, la demanda vehicular no altera la variación de la velocidad y en cualquier punto del todo el recorrido la demanda vehicular, permite realizar maniobras en caso de rebasé.

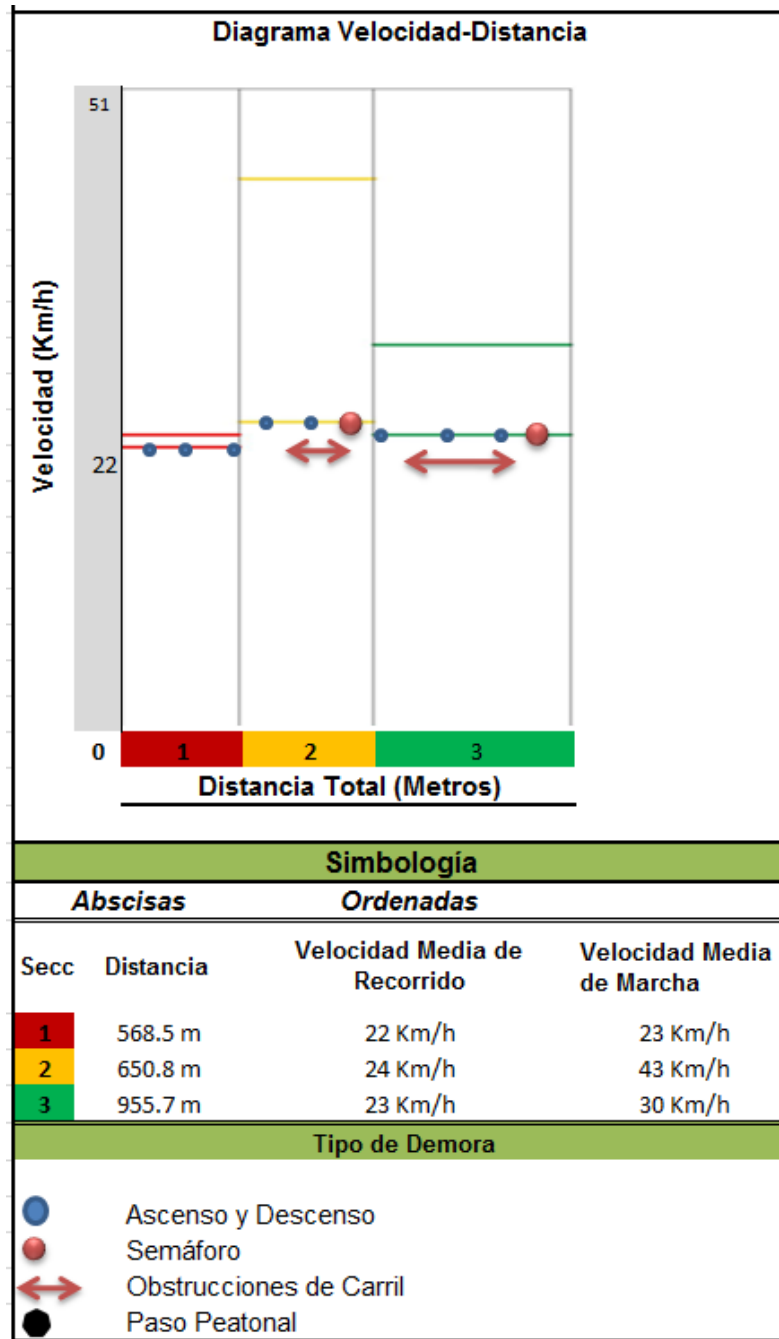
Diagrama 4. 13. Velocidades con Relación a las Distancias Recorridas en Cada Sección.



Fuente: Elaboración Propia

El siguiente resultado indica un aumento en la velocidad de recorrido, esto se debe a una demanda, que no perjudica el movimiento continuo y así mismo permite maniobras de rebase, sin ningún problema.

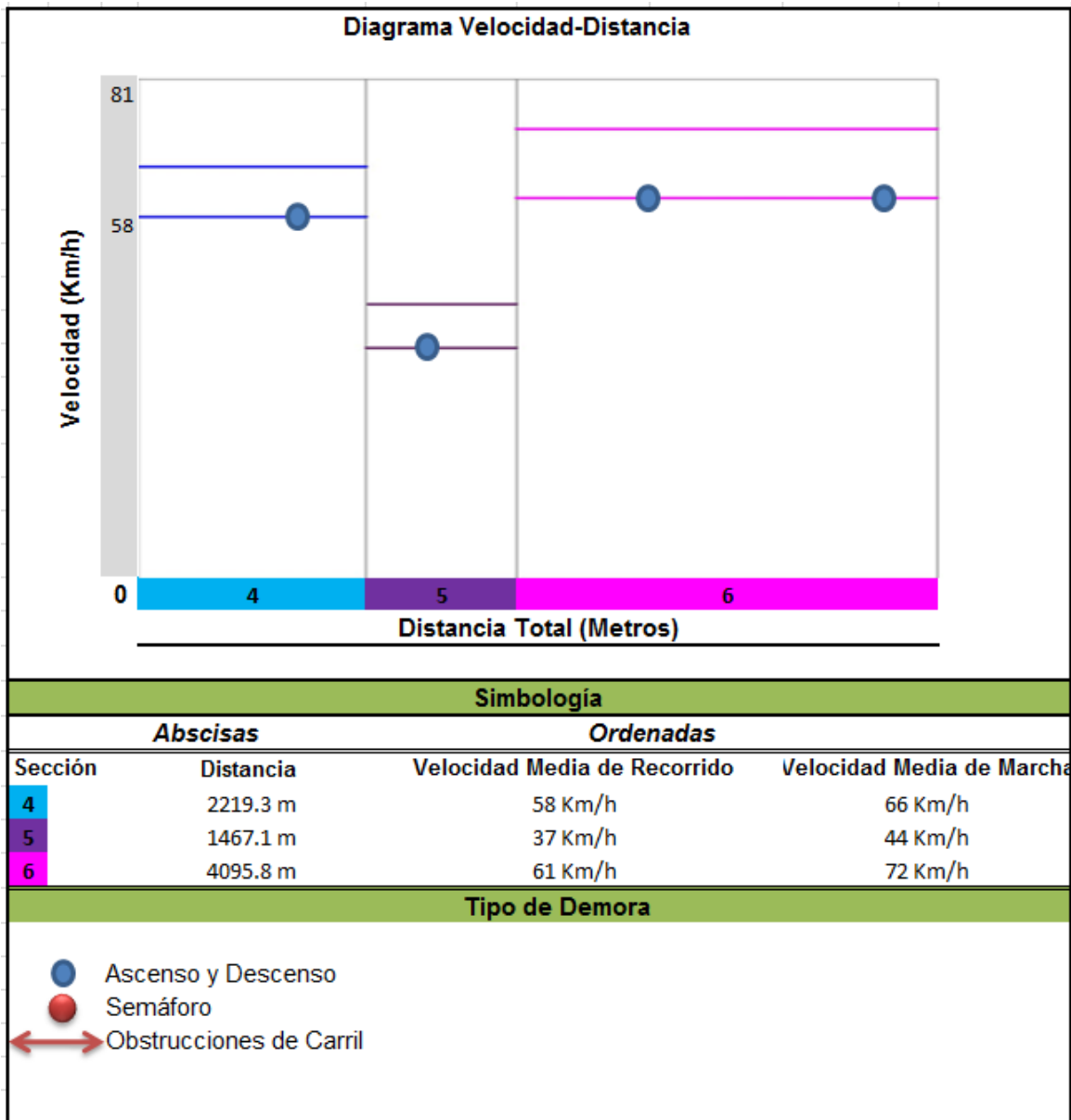
Diagrama 4. 14. . Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 1, 2 y 3



Fuente: Elaboración Propia

Generalmente la tasa vehicular que transita en ese lapso de tiempo (hora fuera de valle), es menor, por lo que le permite al conductor realizar maniobras y transitar a mayor rapidez sin ningún problema.

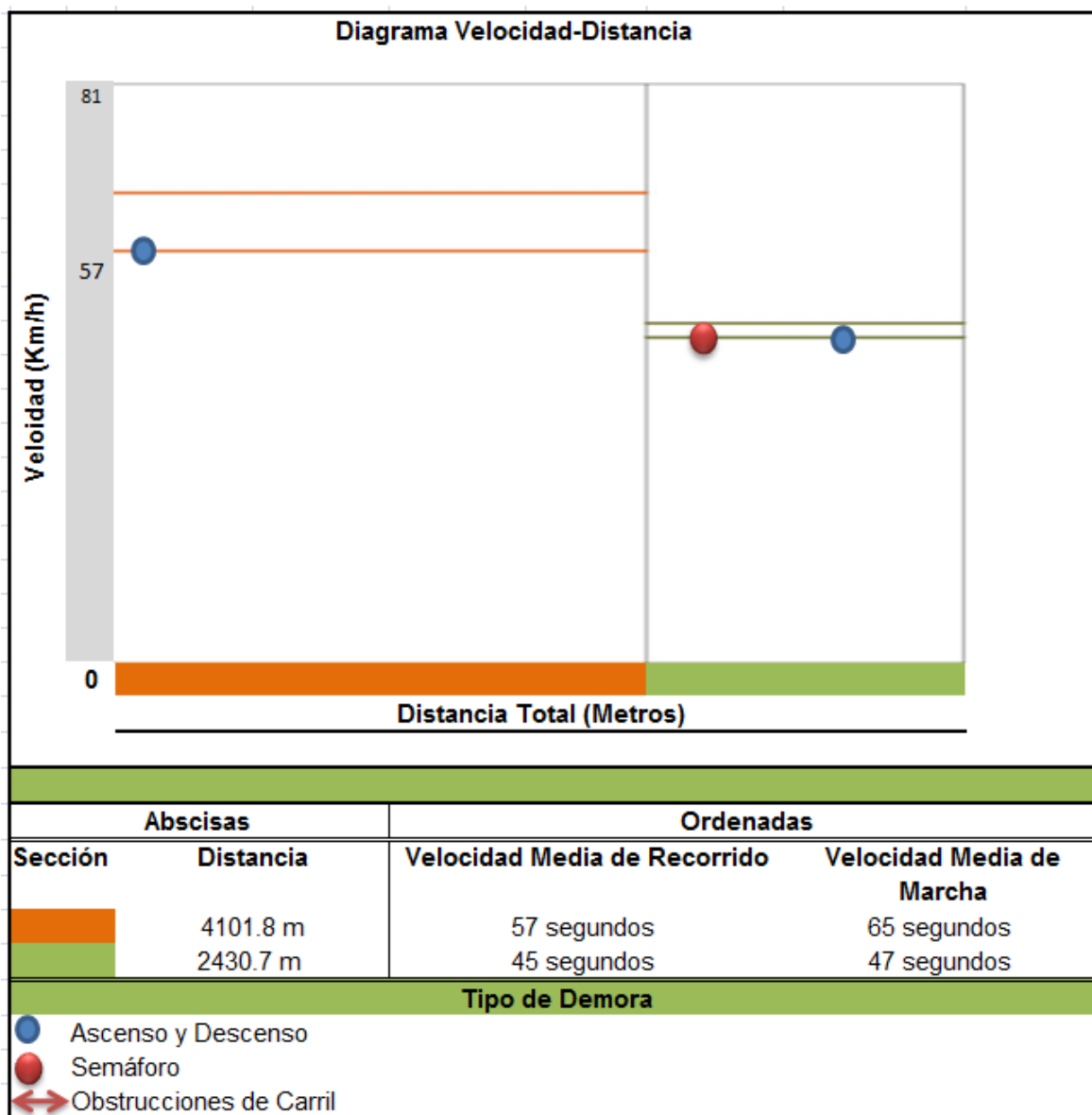
Diagrama 4. 15. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 4,5 y 6.



Fuente: Elaboración Propia

Las ultima dos secciones indican un flujo sin interrupciones que ocasiona un escenario sin demoras y que no prolonguen el tiempo total del recorrido.

Diagrama 4. 16. Relación Velocidad-Distancia, recorrida con factores de retraso en las secciones 7 y 8.

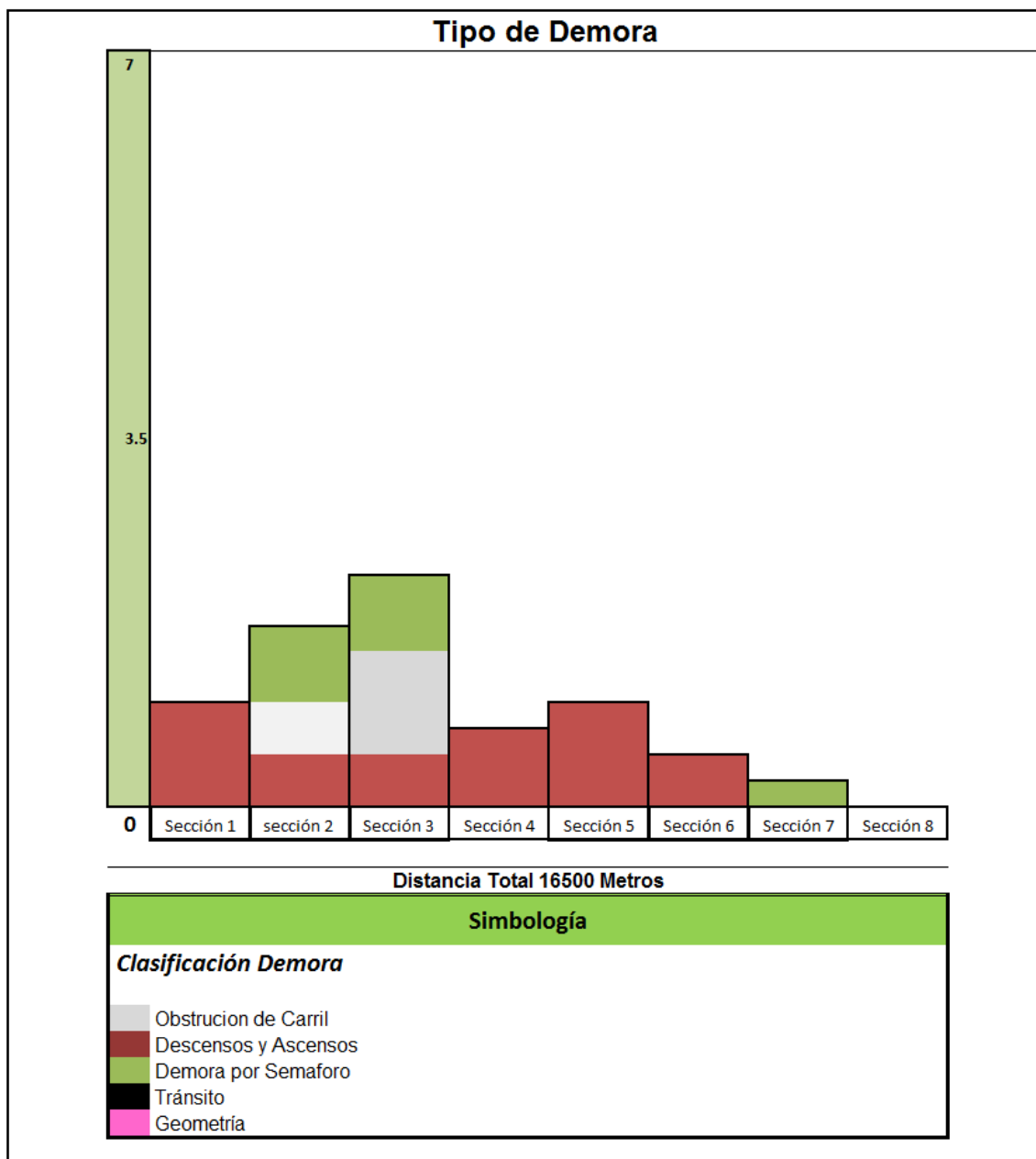


Fuente: Elaboración Propia

Detalles de la demora.

En general la siguiente figura indica el tipo de demora que ocasiona el detenimiento del flujo vehicular, a lo largo del transcurso del recorrido total.

Grafica 4. 2. Tiempos de demoras en cada sección



Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis del estudio

La variación del volumen del tránsito dependen de las actividades que se realiza durante todo el día, en la zona de interés (corredor urbano), se tiene una desviación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos el cual se va incrementando hasta alcanzar cifras máximas (flujo forzado), entre las 7: 30 am y las 10:00 am. De las 10:00 am a las 4:00 pm, la demanda nuevamente es baja y empieza a ascender pero de sentido contrario entre las 4:00 pm hasta 10:00 pm.

La problemática que enfrenta los habitantes es de lunes a viernes.

Imagen 4. 1. Hora Pico (7:30-10:00) am. Sección Av. Puerto México con problemas de congestión



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 4. 2. Hora Pico (4:00 a 10:00) am. Sección Calle Ocampo (flujo de retorno)



Fuente: Elaboración propia

4.4. Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular del corredor urbano se usa el concepto de nivel de servicio, ya que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen de las dos siguientes maneras:

- Factores internos

Son aquellos que corresponden la variación en la velocidad, el volumen, en cómo está compuesto el tránsito y en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos.

- Factores externos

Son aquellos elementos físicos de la vialidad (geometría), tales como anchura de los carriles, la pendiente etc.

En las secciones 1, 2 y 3 que corresponde: Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz, contempla una velocidad de no más de 10 kilómetros. A continuación se ilustra los problemas viales, mediante las siguientes ilustraciones.

Imagen 4. 3. Av. Puerto México Presenta Problemas de Movilidad en un Horario de (7:30 a 10:00) am



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 4. 4. Calle Ocampo presenta problemas de movilidad vial en un horario de: (7:30 a 10:00) am



Fuente: Elaboración Propia

Mediante las consideraciones anteriores se tiene lo siguiente:

El funcionamiento de las secciones está en el límite, ya que representa condiciones de flujo forzado, esta situación se genera cuando la cantidad de tránsito que converge a un punto excede la cantidad que pueda pasar por él, y como consecuencia se genera la formación de colas, donde la operación se determina por la existencia de ondas de paradas y arranques. Así mismo el nivel de servicio que le corresponde de acuerdo a Cal y Mayor⁷. Se obtiene para las tres secciones un nivel de servicio F.

4.5. Resultados obtenidos mediante la implantación de alternativas

Mediante el estudio de velocidad y demoras, se obtuvo la localización exacta de las secciones donde se presenta problemas de movilidad. Cabe mencionar que además de localizar los puntos conflictivos, se logró conocer las causas que originan dichos problemas. Asimismo se evaluó la eficiencia en las secciones que presentan conflictos de movilidad, la cual arrojó un nivel de servicio de tipo F.

Dicho lo anterior el nivel de servicio F y con base a este resultado, se intenta mejorarlo, de tal manera que una vez empleando las soluciones, los resultados anhelados generaren un nivel de servicio de tipo C.

Lo que se logró obtener mediante las soluciones son:

- Acortar los tiempos de traslados.
- Reducción del congestionamiento vial.
- Reducir el estrés.
- Disminuir el ruido.
- Aminorar los índices contaminantes entre otros.

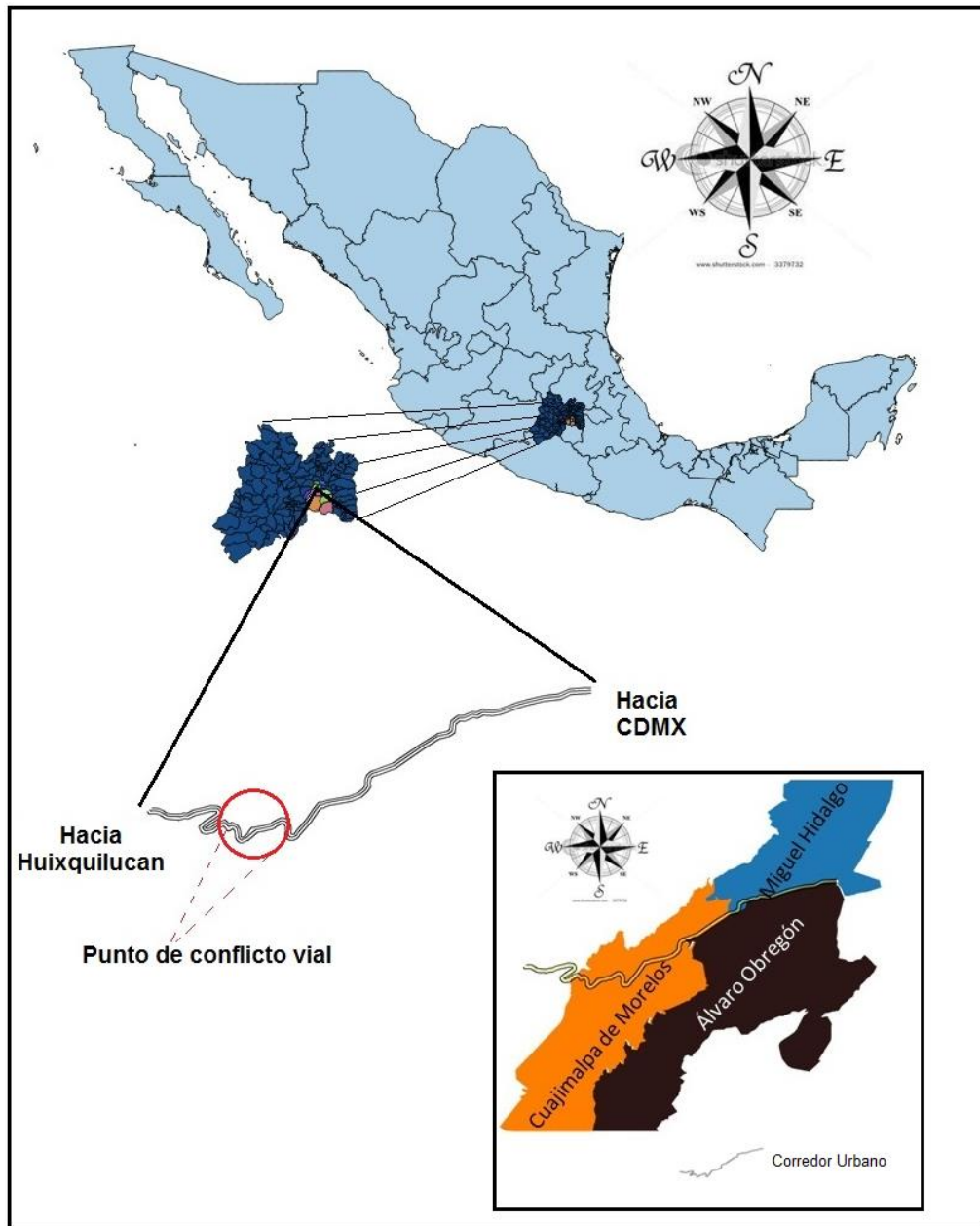
Y para lograr lo anterior se recurre a lo siguiente:

- Liberar los carriles obstruidos.
- Aprovechar al máximo la red vial existente.
- Implementar una nueva operación en algunos puntos específicos de la vialidad.
- Y reprogramar los dispositivos de control del tránsito (señalización horizontal).

Con respecto al primer párrafo anterior se expresa la orientación exacta (secciones: Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz) en donde inicia y finaliza los problemas de movilidad.

⁷ Ingeniería de Transporte, Fundamentos y Aplicaciones. Cal y Mayor, 8a. Edición. Abril del 2005. 362 pp.

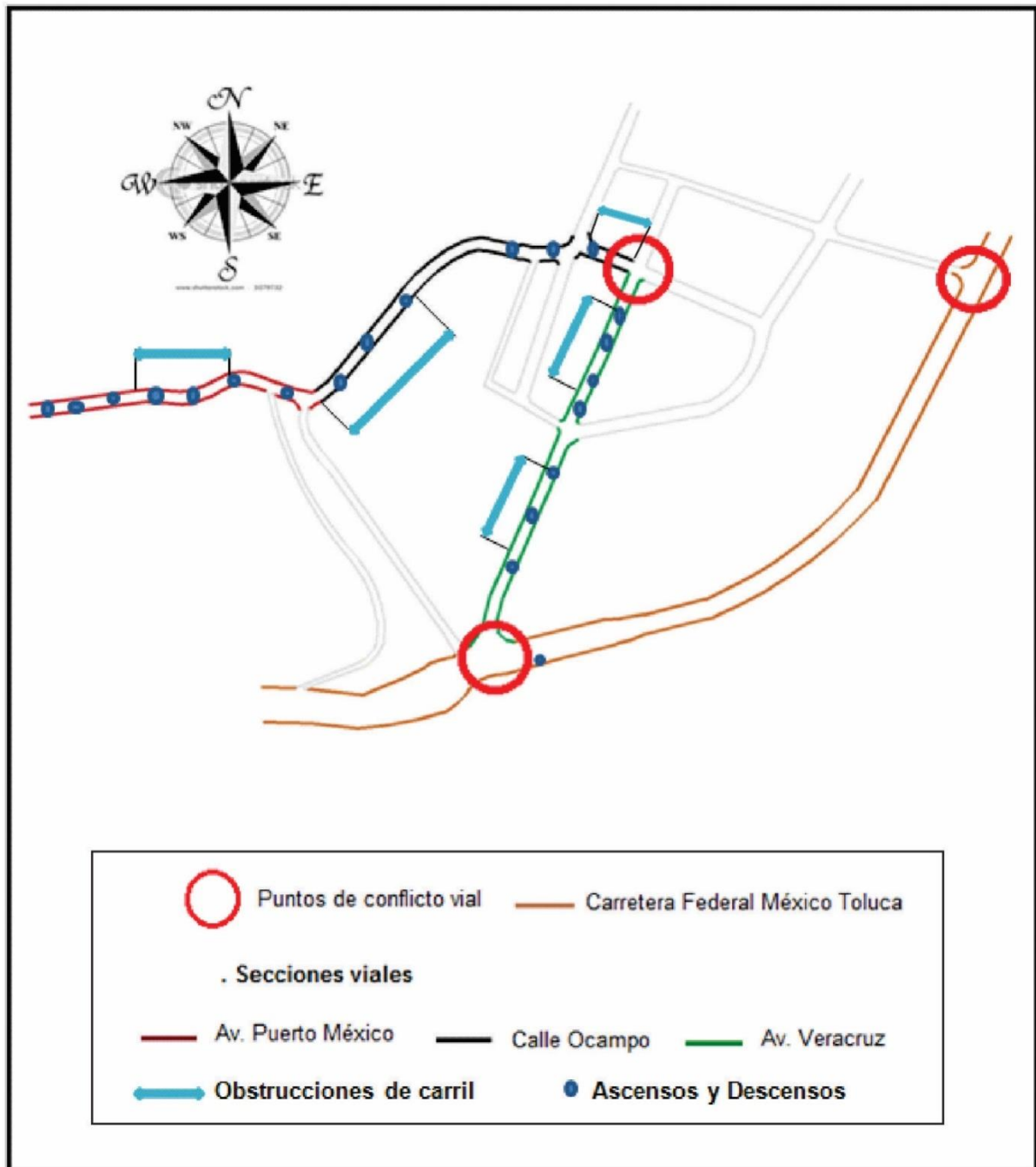
Mapa 4. 1. Localización del sitio que presenta contrariedades de movilidad (corredor urbano)



Fuente: Elaboración Propia

Y así mismo con mayor claridad se indica mediante la siguiente figura las secciones y puntos localizados que generan los conflictos de movilidad.

Boceto 4. 1. Puntos Identificados en la Zona de Estudio



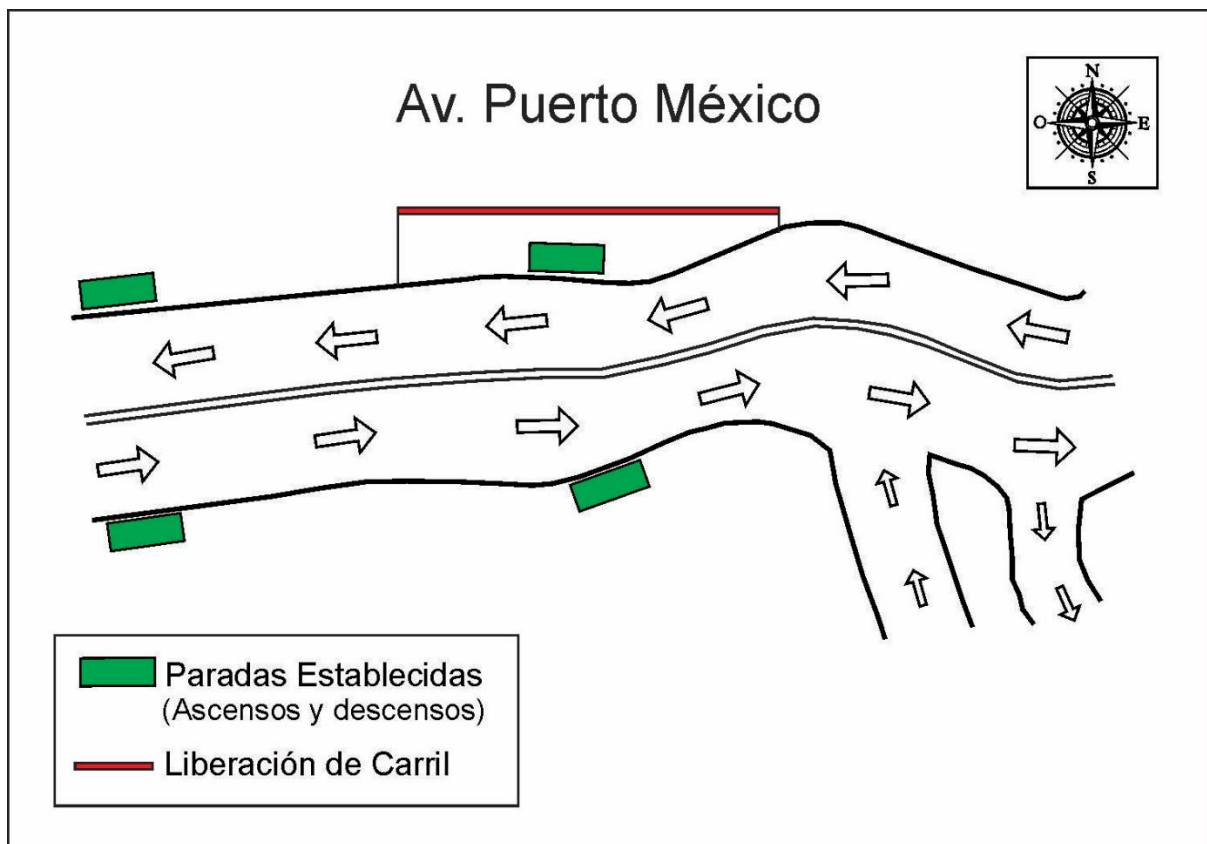
Fuente: Elaboración Propia

4.6. Implantación de soluciones

Para llevar a cabo la ejecución de soluciones, es necesario analizar las secciones con mayor cuidado, de tal manera que se pretende realizar los análisis necesarios y detallarlos, y que además solucionen los dilemas de los tramos que presentan problemas de congestión y por ende también se examinara todo el tramo en componentes más efímeros.

Los cambios que necesariamente se llevara a cabo para obtener un flujo continuo. Es necesario implantar lo siguiente, para liberar el flujo atascado: liberar el tramo de sección de vehículos estacionados y establecer nuevas paradas de ascensos y descensos del transporte público, como se indica en el siguiente diagrama.

Boceto 4. 2. Av. Puerto México, Implantación de Soluciones

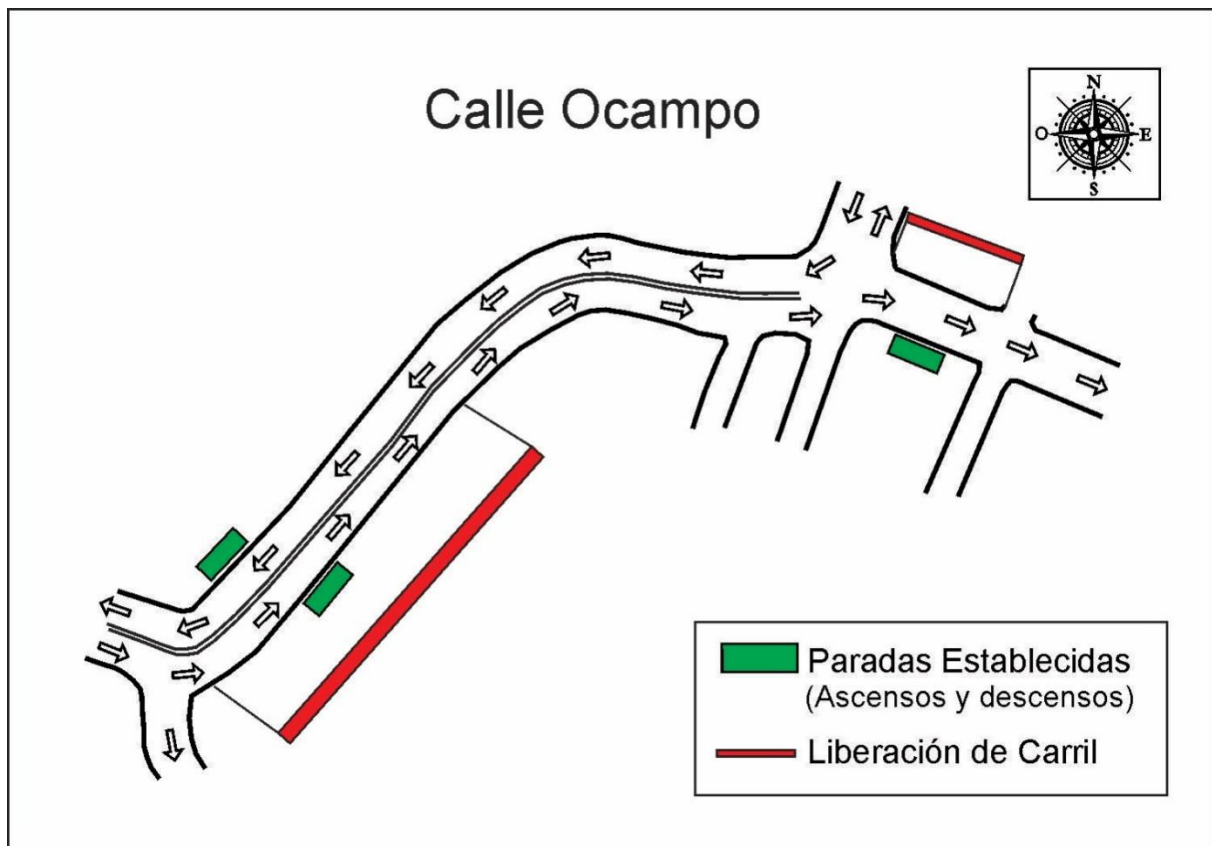


Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente sección nuevamente se recalcula los ascensos y descensos del transporte público y se libera los carriles obstruidos en los tramos de la Calle Ocampo.

Los ascensos y descensos del transporte público están orientados de tal manera que cada parada (polígono de carga) está diseñado de tal manera que no altere el desplazamiento de los vehículos y así mismo cada polígono de carga se localiza a no más de 100 metros en donde cada persona puede desplazarse sin ningún problema, De esta manera el flujo vehicular se desplazara nuevamente con mayor velocidad, generando un flujo continuo y reduciendo el tiempo de recorrido, durante todo el trascurso de la sección.

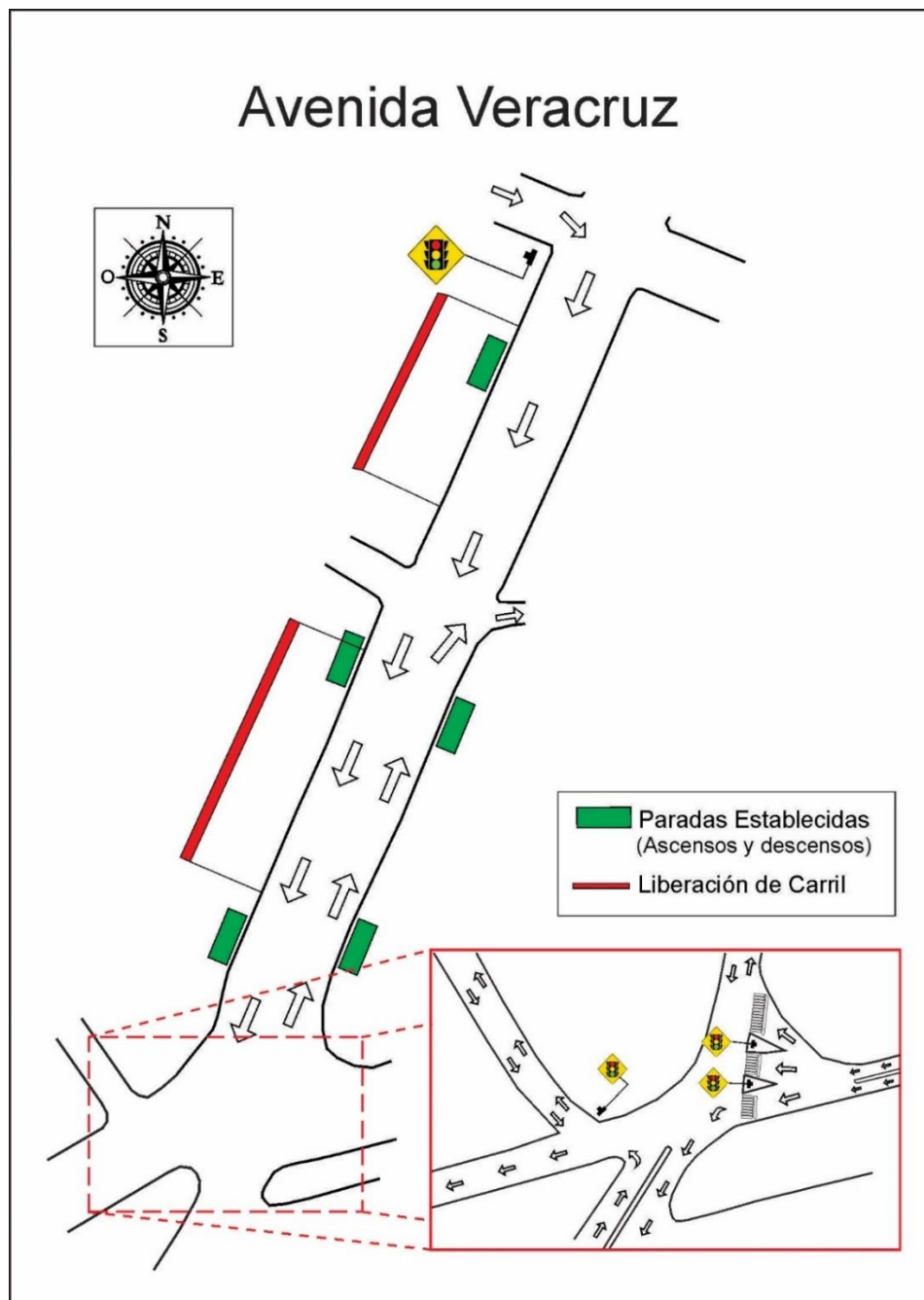
Boceto 4. 3. Calle Ocampo, Implantación de Soluciones



Fuente: Elaboración Propia

En la última sección se implementa un sistema de semáforos con tecnología LED, con el cual se programa los ciclos de los semáforos para brindar un funcionamiento eficiente que agilizará la movilidad de los vehículos.

Boceto 4. 4. Av. Veracruz, Implantación de Solución



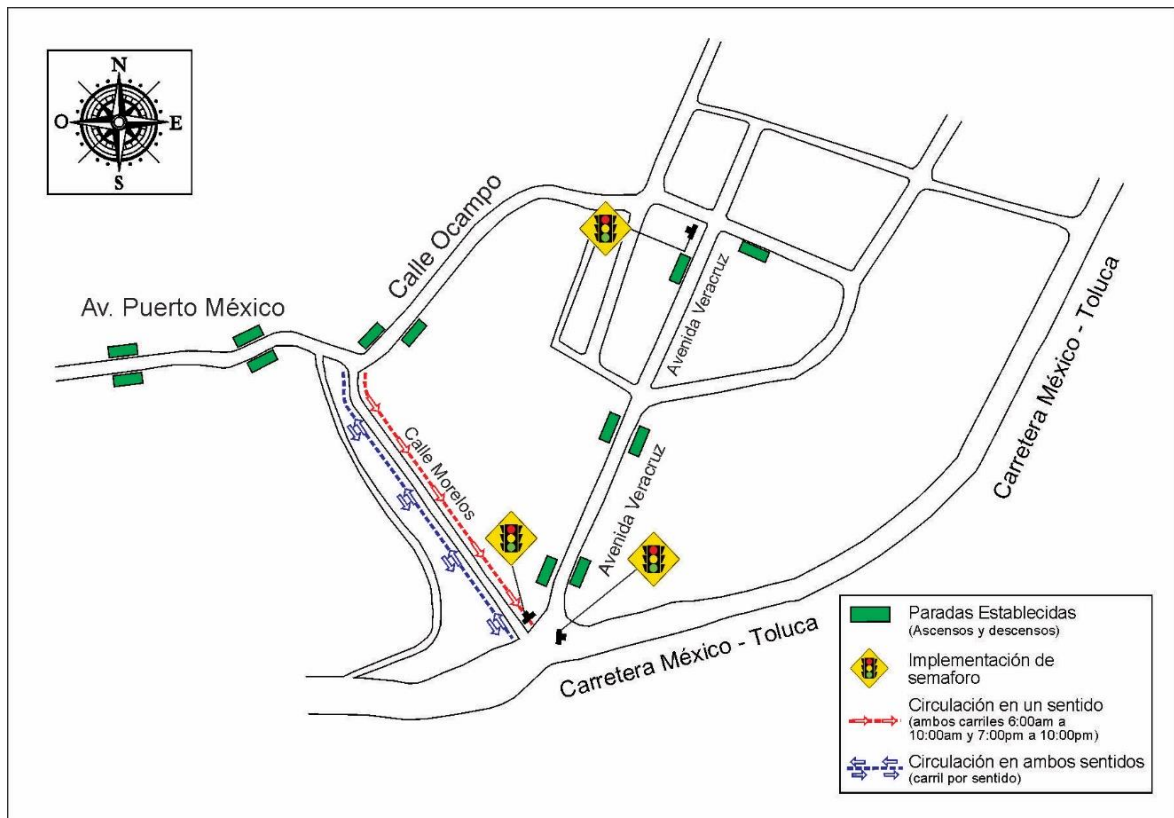
Fuente: Elaboración Propia

Para lograr el desalojo de todo vehículo que perjudica el desplazamiento del tránsito. De acuerdo al Reglamento de Tránsito. Al estacionarse u ocupar la vía pública, se deberá de hacer de forma momentánea, provisional o temporal, sin que represente una afectación al desplazamiento de peatones y circulación de vehículos, o se obstruya la entrada o salida de una cochera.

Además se implementará como una propuesta para mejorar el flujo vehicular, la implementación de una calle (Calle Morelos), de dos carriles para un solo sentido de circulación, el cual operará únicamente en horas de máxima demanda. La calle Morelos cuenta con dos carriles y funciona actualmente con una circulación de carril por sentido.

Dando mayor claridad a continuación se ejemplifica lo anterior con el siguiente diagrama de todas las secciones con sus respectivas mejoras, para su mejor circulación vial.

Boceto 4. 5. Implantación Final en la Zona de Cuajimlapa



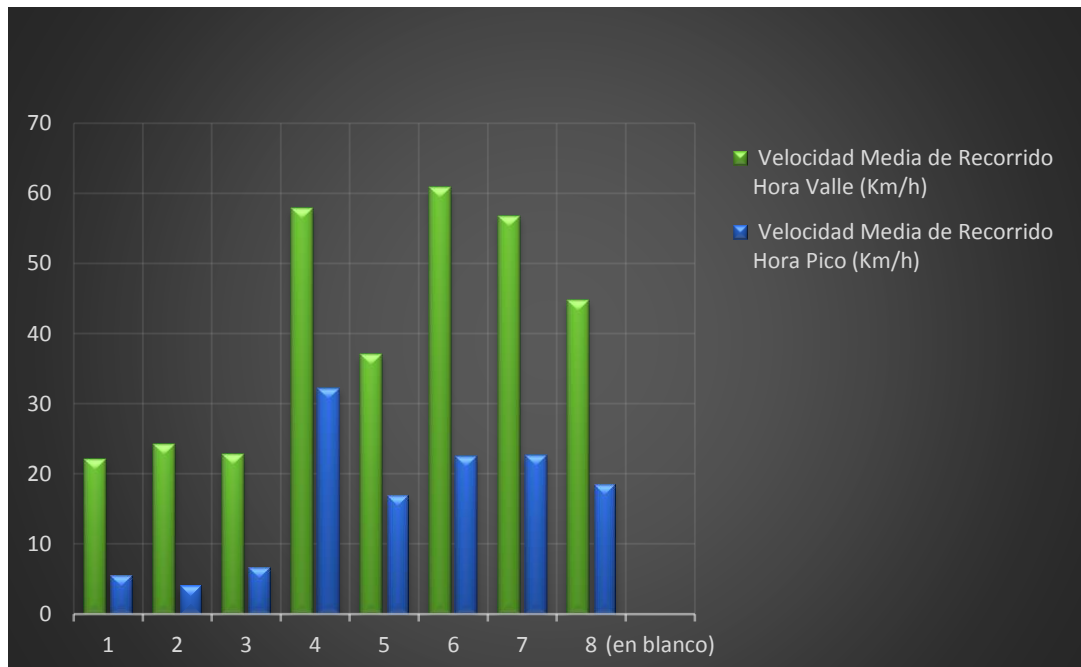
Fuente: Elaboración propia

4.7. Evaluación de la propuesta de mejoramiento en el corredor urbano de Cuajimalpa de Morelos

Al valorar los dos escenarios (hora pico y hora fuera de valle), y al establecer las posibles mejoras en las secciones que presentan problemas de movilidad, se obtienen progresos en el desplazamiento del flujo vehicular, lo cual, se espera que ya una vez, implementados las propuestas, el nivel de servicio se optimice, haciendo que el tiempo de los viajes sean menores y la velocidad se encuentre por encima o por no muy debajo de la velocidad media de recorrido en hora fuera de valle.

En la siguiente grafica se indica la representación clara de ambos escenarios, en donde cada escenario, representa la situación en donde los conductores se desplazan a cierta velocidad de lunes a sábado.

Grafica 4. 3. Resultados del Estudio de Velocidad y Demoras



Fuente: Elaboración Propia

Para mayor visualización, en la siguiente tabla se ilumina las primeras tres secciones, en la cual se consigue que la velocidad esperada, sobre salga de la velocidad media de recorrido (hora fuera de valle).

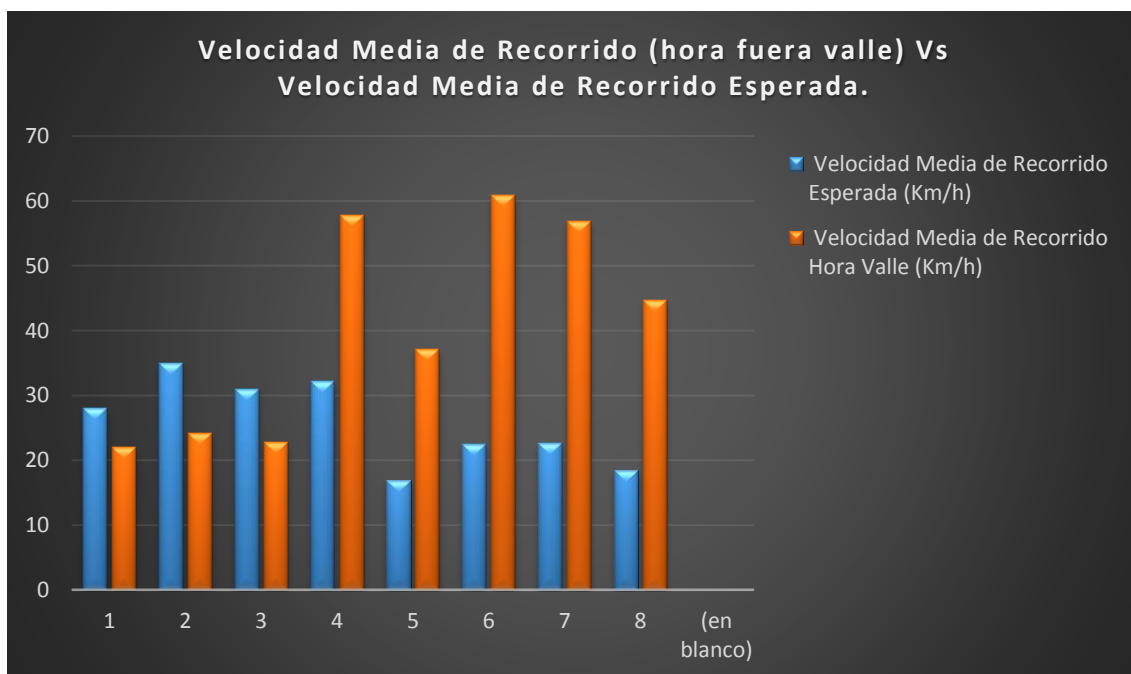
Tabla 4. 5. Resultados Obtenidos de las Mejoras en Las Ocho Secciones.

Número de Sección	Velocidad Media de Recorrido Hora Fuera Valle (Km/h)	Velocidad Media de Recorrido con propuesta (Km/h)
1	22	28
2	24	35
3	23	31
4	58	32
5	37	17
6	61	22
7	57	23
8	45	19

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización se muestra la siguiente gráfica.

Grafica 4. 4. Resultados del Estudio de Velocidad y Demora.



Fuente: Elaboración Propia

4.6.1. Justificación de los resultados esperados

Para optimizar el nivel de servicio F, fue necesario realizar los análisis adecuados sobre la vialidad, la cual nos permitió, obtener un diagnóstico más aclarado y conciso. Por otro lado, se recurrió a utilizar el *Software Synchro Traffic*®, Dicha aplicación nos permitió realizar la simulación y animación a partir de los datos recabados.

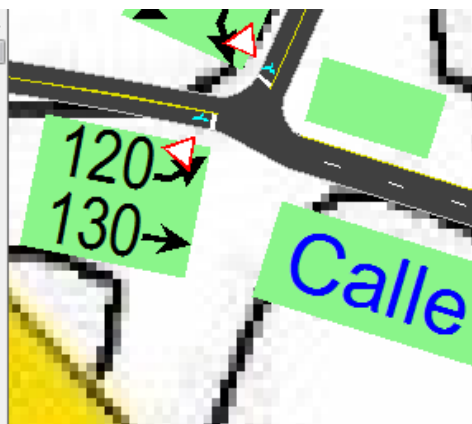
Así con ayuda de dicha aplicación se realizó un análisis macroscópico en intersecciones señalizadas e intersecciones no señalizadas, también se determinó la capacidad de las dos intersecciones señalizadas (Calle Ocampo con Av. Veracruz y Av. Veracruz con Calle Morelos y Carretera México-Toluca).

Básicamente con ayuda del programa se obtuvo dos simulaciones: la primera visualización contiene un escenario en donde contiene todos los problemas de operación sobre el corredor urbano. La segunda visualización ilustra un escenario que sujeta todas las mejoras que se realizaron en las secciones que se han venido estudiando y visualiza un nivel de servicio de tipo “C”, lo cual indica mejoras en el desplazamiento sobre el corredor urbano y la reducción de tiempos de viajes.

Como se indica en el programa, es necesario determinar todos reductores de velocidad existentes sobre la vía y contemplar la dimensión de la vialidad así como también el volumen correspondiente en cada maniobra por carril, tal como se indica en la siguiente imagen.

Imagen 4. 5. Datos Capturados mediante el *Software Synchro Traffic*®

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↑	↑
Traffic Volume (vph)	0	30	200
Street Name	Calle Ocampo		
Link Distance (m)	—	131.9	—
Links Speed (km/h)	—	25	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—
Travel Time (s)	—	19.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.0
Grade (%)	—	-2	—
Area Type CBD	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—



Fuente: *software Synchro Traffic*.

En las siguientes imágenes se instruye los reportes que examinan los resultados de las condiciones de operación (reportes antes de la implantación de alternativas).

- Av. Puerto México, Calle Ocampo y Calle Morelos.

De acuerdo al *Software Synchro Traffic*®, el nivel de servicio que arroja se localiza a dos niveles por debajo del nivel de servicio que se obtuvo mediante Cal y Mayor (tipo F), dado los resultados y realizando la comparación de ambos métodos, surge la necesidad de implantar las posibles soluciones, que nos arroje el nivel de servicio de operación a tipo “C”.

Imagen 4. 6. Nivel de Servicio de Tipo H en las secciones Av. Puerto México y Calle Ocampo

Volume									
6: & Av. Puerto México & Calle Morelos & Calle ocampo									
05/06/2018									
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR
Lane Configurations	1>	0	0	0	<1	1>	0	0	0
Volume (vph)	700	460	320	230	200	1041	150	0	0
Satd. Flow (prot)	856	0	0	866	0.972	1041	0	0	0
Flt Permitted					866	1041	0	0	0
Satd. Flow (perm)	856	0	0	866	1041	30	0	23	0
Confl. Peds. (#/hr)		30	30						
Confl. Bikes (#/hr)									
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Heavy Vehicles (%)	2%	8%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parking (#/hr)	20	15	20	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mid-Block Traffic (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Adj. Flow (vph)	761	500	348	250	217	163	0	0	0
Shared Lane Traffic (%)									
Lane Group Flow (vph)	1261	0	0	598	380	0	0	0	0
sign Control	Yield			Yield	Yield				
Intersection Summary									
Control Type: unsignalized									
Intersection Capacity Utilization 179.5%									
Analysis Period (min) 15									
ICU Level of Service H									

Fuente: *Software Synchro Traffic*®

- Av. Veracruz con Calle Ocampo.

En el siguiente reporte, el nivel de servicio que arroja el programa *Synchro Traffic*®, es de tipo F, lo cual indica una semejanza de ambos métodos que se utilizaron para determinar la calificación de operación.

Imagen 4. 7. Nivel de Servicio de Tipo F en las secciones Av. Veracruz y Calle Ocampo

Volume											
2: Av. Veracruz & Calle Ocampo 05/06/2018											
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations	0	1>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Volume (vph)	0	50	650	0	0	0	0	0	0	95	600
Satd. Flow (prot)	0	970	0	0	0	0	0	0	0	1444	1434
Flt Permitted										0.950	
Satd. Flow (perm)	0	970	0	0	0	0	0	0	0	1227	1434
Satd. Flow (RTOR)										103	
Confl. Peds. (#/hr)	100		100							100	
Confl. Bikes (#/hr)											
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Heavy Vehicles (%)	2%	0%	0%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	0%	6%
Bus Blockages (#/hr)	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Parking (#/hr)											
Mid-Block Traffic (%)		0%			0%			0%			0%
Adj. Flow (vph)	0	54	707	0	0	0	0	0	0	103	652
Shared Lane Traffic (%)											
Lane Group Flow (vph)	0	761	0	0	0	0	0	0	0	103	652
Turn Type		NA								Perm	NA
Protected Phases		4									6
Permitted Phases											6
Total Split (s)		34.0								46.0	46.0
Total Lost Time (s)		3.5								3.5	3.5
Act Effct Green (s)		30.5								42.5	42.5
Actuated g/C Ratio		0.38								0.53	0.53
v/c Ratio		2.06								0.15	0.86
Control delay		505.7								2.7	29.8
Queue Delay		0.0								0.0	0.0
Total Delay		505.7								2.7	29.8
LOS		F								A	C
Approach Delay		505.7									26.1
Approach LOS		F									C
Intersection Summary											
Cycle Length: 80											
Actuated Cycle Length: 80											
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2: and 6:SBTL, Start of Green											
Control Type: Pretimed											
Maximum v/c Ratio: 2.06											
Intersection Signal Delay: 266.8											
Intersection Capacity Utilization 95.9%											
Analysis Period (min) 15											
										Intersection LOS: F	
										ICU Level of Service F	

Fuente: *Software Synchro Traffic*

- Av. Juárez, Av. Veracruz y Calle Morelos.

Y por último se muestra el reporte final, la cual indica nuevamente dos niveles por debajo del nivel de servicio que se evaluó utilizando Cal y Mayor.

Imagen 4. 8. Nivel de Servicio de Tipo F en las secciones: Av. Juárez, Av. Veracruz y Calle Morelos

20: Av. Juarez /Av. Veracruz & Incorporación /Calle Morelos & Desincorporación 05/06/2018																
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL2	WBL	WBT	WBR	WBR2	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET
Lane Configurations	0	0	0	1	0	1	1-	0	0	<1	0	0	<1-	0	0	1-
Volume (vph)	0	0	0	170	0	150	229	200	150	350	0	100	500	200	0	750
Satd. Flow (prot)	0	0	0	1080	0	1136	966	0	0	1119	0	0	1091	0	0	1108
Flt Permitted				0.950						0.588			0.871			
Satd. Flow (perm)	0	0	0	1080	0	1136	759	0	0	668	0	0	954	0	0	1108
Satd. Flow (RTOR)				185			41					30			30	
Confl. Peds. (#/hr)								60								
Confl. Bikes (#/hr)																
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parking (#/hr)																
Mid-Block Traffic (%)		0%			0%					0%			0%			0%
Adj. Flow (vph)	0	0	0	185	0	163	249	217	163	380	0	109	543	217	0	815
Shared Lane Traffic (%)																
Lane Group Flow (vph)	0	0	0	185	0	163	466	0	0	543	0	0	869	0	0	848
Turn Type				Perm		NA	Perm		Perm	NA		Perm	NA		NA	NA
Protected Phases						8!				2			6			4!
Permitted Phases				8			8									
Total Split (s)				34.0		34.0	34.0		20.0	20.0		72.0	72.0			20.0
Total Lost Time (s)				4.0		4.0	4.0			4.0			4.0			4.0
Act Effct Green (s)				30.0		30.0	30.0			68.0			68.0			30.0
Actuated g/C Ratio				0.28		0.28	0.28			0.64			0.64			0.28
V/c Ratio				0.42		0.51	1.91			1.27			1.42			2.70
Control Delay				7.7		38.4	448.0			159.2			220.4			793.5
Queue Delay				0.0		0.0	0.0			0.0			0.0			0.0
Total Delay				7.7		38.4	448.0			159.2			220.4			793.5
LOS				A		D	F			F			F			F
Approach Delay						265.9				159.2			220.4			793.5
Approach LOS						F				F			F			F
Intersection Summary Cycle Length: 106 Actuated Cycle Length: 106 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBTL and 6:SBTL, Start of Green, Master Intersection Control Type: Pretimed Maximum V/c Ratio: 2.70 Intersection Signal Delay: 379.7 Intersection Capacity Utilization 160.6% Analysis Period (min) 15 ! Phase conflict between lane groups.																

Fuente: Software Synchro Traffic

Y así mismo en las siguientes imágenes se muestran los reportes de la implantación de soluciones.

- Av. Puerto México, Calle Ocampo y Calle Morelos.

En el siguiente resultado el nivel de servicio es de tipo C, dicho resultado agiliza el desplazamiento en las vialidades. Dado lo anterior, las mejoras que se pretende implantar se han visualizado mediante el *software Synchro Traffic*®, dando así una optimización en el nivel de operación.

Imagen 4. 9. Nivel de servicio Tipo C a partir de la Implantación

Volume									
6: Calle Morelos & Av. Puerto México & Calle Ocampo 05/06/2018									
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR
Lane Configurations	1>	0	0	0	<1		0		0
Volume (vph)	450	550	250	100			0		0
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00		1.00
Ped Bike Factor									
Frt	0.926								
Flt Protected					0.966				
Satd. Flow (prot)	1236	0	0		1345		0		0
Flt Permitted					0.966				
Satd. Flow (perm)	1236	0	0		1345		0		0
Lane Group Flow (vph)	1087	0	0		381		0		0
Enter Blocked Intersection		No	No	No		No		No	
Lane Alignment	Left	Right	Left	Left			Left		Right
Median width(m)	0.0				0.0		0.0		
Link Offset(m)	0.0				0.0		0.0		
Crosswalk width(m)	4.8				4.8		4.8		
Two way Left Turn Lane									
Headway Factor	1.46	1.46	1.44	1.44			1.40		1.40
Turning Speed (k/h)		15	25				25		15
Sign Control	Free				Free		Stop		
Intersection Summary									
Control Type: Unsignalized									
Intersection Capacity Utilization 121.1%							ICU Level of Service c		
Analysis Period (min) 15									

Fuente: *Software Synchro Traffic*®

- Av. Veracruz con Calle Ocampo.

En el siguiente cruce, nuevamente los cambios que se realizaron en la operación han mejorado el nivel de servicio y han agilizado el desplazamiento de los vehículos.

Imagen 4. 10. Nivel de servicio Tipo C a partir de la Implantación

Volume 2: Av. Veracruz & Calle Ocampo 05/06/2018											
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Volume (vph)	0	30	270	0	0	0	0	0	0	95	500
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor			0.84							0.85	
Frt			0.850								
Flt Protected										0.950	
Satd. Flow (prot)	0	1654	1406	0	0	0	0	0	0	1624	1613
Flt Permitted										0.950	
Satd. Flow (perm)	0	1654	1182	0	0	0	0	0	0	1381	1613
Satd. Flow (RTOR)										103	
Lane Group Flow (vph)	0	33	293	0	0	0	0	0	0	103	543
Enter Blocked Intersection		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left
Median width(m)		0.0			0.0			3.6			3.6
Link offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0
Crosswalk width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8
Two way Left Turn Lane											
Headway Factor	1.15	1.19	1.19	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25	
Turn Type		NA	Perm							Perm	NA
Protected Phases		4									6
Permitted Phases			4							6	
Total Split (s)		34.0	34.0							46.0	46.0
Total Lost Time (s)		3.5	3.5							3.5	3.5
Act Effct Green (s)		30.5	30.5							42.5	42.5
Actuated g/c Ratio		0.38	0.38							0.53	0.53
v/c Ratio		0.05	0.65							0.13	0.63
Control Delay		16.0	28.5							2.6	17.5
Queue Delay		0.0	0.0							0.0	0.0
Total Delay		16.0	28.5							2.6	17.5
LOS		B	C							A	B
Approach Delay		27.2									15.1
Approach LOS		C									B
Intersection Summary											
Cycle Length: 80											
Actuated Cycle Length: 80											
Offset: 60 (75%), Referenced to phase 2: and 6:SBTL, Start of Green											
Control Type: PreTimed											
Maximum v/c Ratio: 0.65											
Intersection Signal Delay: 19.2											
Intersection Capacity Utilization 79.0%											
Analysis Period (min) 15											
Intersection LOS: B											
ICU Level of Service c											

Fuente: Software Synchro Traffic®

- Av. Veracruz y Calle Morelos

En este último resultado, debido al considerable tránsito promedio que transitan por dicha cruce y así mismo por el diseño que presenta el cruce, no permite un nivel de servicio que se aproxime al tipo A, por lo que ya implementado las mejoras, alcanza una mejora entre un tipo C.

Imagen 4. 11. Nivel de servicio Tipo C a partir de la Implantación

Volumen													
20: Av. Veracruz & Incorporación /Calle Morelos & Desecorporación 05/06/2018													
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL2	WBL	WBT	WBR	WBR2	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	<1>
Volume (vph)	0	0	0	20	80	0	0	350	0	0	0	270	300
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ped Bike Factor					0.54			0.74					0.94
Flt Protected				0.950	0.950			0.850					0.965
Satd. Flow (prot)	0	0	0	1350	1260	0	0	1127	0	1326	0	0	1304
Flt Permitted				0.950	0.950								0.883
Satd. Flow (perm)	0	0	0	1350	675	0	0	835	0	1326	0	0	1141
Satd. Flow (RTOR)				22				380					
Lane Group Flow (vph)	0	0	0	22	87	0	0	380	0	0	0	0	836
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Left	Right	Right	Left	Right	Right	Left	Left
Median width(m)		6.6				6.6				0.0			0.0
Link Offset(m)		0.0				0.0				0.0			0.0
Crosswalk width(m)		4.8				4.8				4.8			4.8
Two way Left Turn Lane													
Headway Factor	1.40	1.40	1.40	1.40	1.53	1.40	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.40	1.40
Turning Speed (k/h)	25		15	25	25		15	15	25	15	15	25	25
Turn Type				custom	Prot			custom					NA
Protected Phases					3					2			6
Permitted Phases								8					
Total split (s)				11.0	11.0			51.0		79.0		79.0	79.0
Total Lost Time (s)				4.0	4.0			4.0		4.5			4.0
Act Effct Green (s)				7.0	7.0			47.0					75.0
Actuated g/C Ratio				0.05	0.05			0.36					0.58
v/c Ratio				0.23	1.28			0.70					1.27
Control Delay				28.0	248.9			10.7					160.5
Queue Delay				0.0	0.0			0.0					0.0
Total Delay				28.0	248.9			10.7					160.5
LOS				C	F			B					F
Approach Delay													160.5
Approach LOS													F
Intersection Summary													
Cycle Length: 130													
Actuated Cycle Length: 130													
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT and 6:SBTL, Start of Green													
Control Type: Pretimed													
Maximum v/c Ratio: 1.28													
Intersection Signal Delay: 131.8													
Intersection Capacity Utilization 102.7%													
Analysis Period (min) 15													
Intersection LOS: C													
ICU Level of Service D													

Fuente: Software Synchro Traffic®

4.8. Características del sistema de semáforos

- Características del diseño

Las características del diseño de un sistema de semáforos deberán permitir el ajuste periódico a las variaciones de los volúmenes de tránsito. Los parámetros básicos de control son:

- A) Ciclo: Tiempo total requerido para una secuencia completa de las indicaciones de un semáforo.

- B) Fase: Parte del ciclo correspondiente a cualquier movimiento de vehículos o combinación de movimientos simultáneos que reciben el derecho de paso durante uno o más intervalos.
- C) Intervalo: Cualquiera de las divisiones del ciclo correspondiente a las indicaciones o colores del semáforo.
- D) Desfasamiento: Número de segundos que tarda en aparecer la indicación de luz verde en un semáforo después de un instante dado, que se toma como punto de referencia de tiempo. Suele ser expresado en tanto por ciento del ciclo. Se usa para fines de coordinación y para referirse al tiempo necesario para despejar intersecciones complejas.

4.7.1. Selección del tipo de control

Para cada categoría hay tipos diferentes de controles con distintas aplicaciones, existiendo además otras especiales para peatones y circulaciones en un solo sentido en tiempos determinados. La gran variedad de tipos y aplicaciones de controles accionados por el tránsito hacen necesario tener un conocimiento completo de todas las condiciones del propio tránsito y de la intersección antes de seleccionar el equipo que se instale.

En algunos casos el equipo accionado por el tránsito se ha usado con el propósito principal de controlar velocidades en intersecciones y lugares intermedios; sin embargo no es muy efectivo para este fin.

4.7.2. Control totalmente accionado por el tránsito

En los controles totalmente accionados por el tránsito los detectores se instalan en todos los accesos de la intersección y el derecho de paso se le da a una calle como resultado de uno o más accionamientos en esa misma calle. Cuando no hay demandas del tránsito en ninguna de las calles la indicación de luz verde normalmente permanecerá en aquella a la que se dio por último; pero cuando una de las calles tenga más tránsito que las demás podrán resultar de mayor eficacia revertir el derecho de paso a esa calle.

En base a lo anterior y a las circunstancias del área de estudio se opta por un sistema totalmente accionado por el tránsito.

4.9. Cotización estimada del sistema de implementación de semáforos

Tabla 4. 6. Costos de Semáforos LED

Artículo	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
	<p>Semáforo LED de 30cm estándar de 3 secciones con lámparas de color rojo, ámbar y verde.</p>	<p>\$10,494.00</p>	<p>7</p>	<p>\$73,458.00</p>
	<p>Soporte para semáforo de 6.00 metros de altura.</p>	<p>\$40,000.00</p>	<p>7</p>	<p>\$280,000.00</p>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. 7. Costo de Controladores Para Semáforos Inteligentes

Artículo	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
	Controlador de 3 semáforos inteligentes.	\$55,400.00	1	\$90,400.00
	Controlador de 1 semáforos.	\$35,000.00	1	
	Sensores para semáforos inteligentes.	\$270,300.00	6	\$1,621,800.00

Fuente: Elaboración Propia

- Cotización estimada de la mano de obra y materiales de la implementación de semáforos.

La estructura de acero que sostiene los semáforos no es necesarios invertir para adquirirlos ya que la infraestructura se encuentra en buen estado y se podría ahorras los costos. Pero se presentan el valor de las estructuras

Tabla 4. 8. Costo de Estructura Para la Colocación de Semáforos

Artículo	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Ubicación e implementación de estructuras y semáforos.	Realización de zapata, Colocación de acero, recubrimiento con concreto, colocación de estructura de	\$115.300.00	7 Semáforos implementados	\$807.100.00

	<p>acero y colocación del Semáforo y sensores.</p>			
--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 9. Costo del controlador de semáforos

Artículo	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
<p>Ubicación y colocación del controlador de semáforos.</p>	<p>Realización de zapata, Colocación de acero, recubrimiento de concreto, colocación del controlador de Semáforos inteligentes.</p>	<p>\$68.600.00</p>	<p>1 Controlador de Semáforos inteligentes.</p>	<p>\$68.600.00</p>

Fuente: Elaboración Propia

Para el sistema de semáforos que se propone implementar en el área de estudio, se realizó una cotización de los gastos principales, para poder dar a conocer el monto monetario de la implementación de las mejoras en base a un sistema de semáforos. Los costos anteriores son costos reales, no obstante estos varían significativamente en base a organizaciones, marcas de los productos, tecnologías usadas y posibles subsidios por parte del gobierno.

El costo aproximado de la implementación de un sistema de semáforos sobre avenida Veracruz y Calle Morelos en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos es de: \$2, 134,658.00 Pesos.

CAPÍTULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El congestionamiento vehicular es un problema el cual no solo afecta a los conductores o pasajeros del transporte automotor, sino que también impacta directamente al entorno físico y social en donde este problema se encuentra. Con base a lo anterior se realizó un análisis de todos los datos obtenidos para poder reducir considerablemente los problemas de congestionamiento vehicular que se presentaron principalmente en Av. Puerto México, Calle Ocampo y Av. Veracruz de la delegación Cuajimalpa de Morelos. En el estudio que se realizó se obtuvo que el nivel de servicio que brinda el área de estudio es de tipo “E”, el cual se caracteriza por tener una funcionalidad cerca de su límite de su capacidad total, libertad de maniobra para circular muy difícil, la velocidad a la que circulan los vehículos es muy baja e inestable lo que provoca un colapso de la vialidad.

Gracias a los estudios realizados se pudo obtener los puntos de conflicto más importantes de la zona de estudio y efectivamente determinar qué el problema principal era la forma de operación de la vialidad. Los problemas más importantes de la zona de estudio son:

1. La reducción de carriles por el estacionamiento que hay a los laterales de la avenida, el cual no está permitido.
2. falta de paradas establecidas del transporte público.
3. Mala operación de los semáforos existentes.

De esta manera se pudieron realizar propuestas de mejoramiento mostradas en el capítulo cuatro, las cuales ayudaron a mejorar el nivel de servicio, es decir de un nivel de servicio de tipo “F” se consiguió brindar un Nivel de tipo “C”, sin necesidad de intervenir en la infraestructura de la vialidad. Las propuestas están realizadas en base a la operación de la vialidad, es decir liberación de espacios viales, implementación de señalamiento, coordinación inteligente de semáforos y cambio de sentido en la calle Morelos en horas de máxima demanda. Las propuestas anteriores deben tomarse como un plan de mejoramiento de circulación vehicular al mismo tiempo que se mejora la seguridad vial.

El nivel de servicio tipo “C” maneja un flujo estable, volumen mucho mayor de vehículos circulando, reduce los tiempos de trayecto, mejora la seguridad y reduce índices contaminantes, todo lo anterior con un costo mucho más bajo que una solución en base a una modificación de infraestructura en la vialidad de estudio. El nivel de servicio tipo “C” no es el mejor, pero si muestra una gran mejoría en la zona de estudio.

Los resultados y propuestas de este estudio deberán ser considerados por la Secretaria de Comunicaciones y Transporte para poder realizarse y por consiguiente poder tener un mejoramiento vial el cual en la actualidad es uno de los principales problemas de transporte en todo el mundo y ante esta problemática la Ingeniería en Transporte Urbano debe contribuir a la generación de acciones, medidas e implementaciones de soluciones con el objetivo de mejorar el flujo vial para reducir tiempos de traslado, pues esto afecta directamente a la calidad de vida.

5. 2 Recomendaciones

Con base a los proyectos prioritarios de los que se realizan en la delegación (Festividades) se le podría destinar un porcentaje para la realización de mejoras que impacta varios beneficios a la comunidad. Es por esta razón que esta tesis tiene un fin social; por lo que el presupuesto requerido tiene que ser absorbido por administración de la delegación.

Es necesario calibrar el sistema de control de tránsito (semáforos) una vez al mes para controlar y mantener un buen funcionamiento del flujo vehicular en la zona de mejoramiento del tránsito.

Será necesario colocar señalamiento informativo para dar aviso de la operación del sentido y horarios vehiculares en la calle Morelos.

Para mantener una operación adecuada es necesario que tanto la señalización horizontal como vertical sean visibles y se encuentren en buen estado.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Guido Radelat, Principios de Ingeniería de Transito, Institute of Transportation Engineers, United States, 2003.
- 2.- Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola; James Cárdenas Grisales; Guido Radelat Egües, Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones, México, Alfaomega, 2007.
- 3.- Guido Radelat, Fundamentos de Ingeniería de Transito, 2003, 562 pp.
- 4.- Radelat Egües Guido, Manual de Ingeniería de Tránsito, 1ra. Edición, Instituto de vías de Colombia, 1976.
- 5.- Rodrigo Fernández A. Elementos de la Teoría del Flujo de Tráfico, Lima Perú 2008. 356 pp.
- 6.- Schwar Jhannes F. Schwar y J. Duy Haarte, Métodos Estadísticos en Ingeniería de Tránsito, Universidad Politécnica de Madrid, 1ra. Edición, 1997.
- 7.- Manuel Romana, Miguel Núñez, Juan Miguel Martínez, Rafael Diez de Arizatea, Manual de Capacidad de Carreteras, Editorial FC, España, 2017. Versión española.
- 8.- Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, Subsecretaría de Infraestructura; México, D.F. 1986.
- 9.- Ángel Molinero Molinero, Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público Planeación, Diseño, Operación y Administración, 1ra. Edición, México, D.F. 1996. 702 pp.
10. - Gary E Sherman, Discover QGIS, Kurt Menke Gisp. 2016. 472 pp.
- 10.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (Consulta en línea, www.gob.mx/sct).
- 11.- Programa Delegacional del Distrito Federal 1997. (Consulta en línea, <http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/index.php/programas-de-desarrollo/programas-delegacionales>).
- 12.- Programa de Desarrollo Urbano Cuajimalpa 1997. (Consulta en línea, http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/programasdelegacionales/PLAN-O-E3-DIVULGACI%C3%93N_PDDU-CUAJIMALPA-MORELOS.pdf).

13.- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (Consulta en línea, www.inegi.org.mx).

14.- Google Maps. (Consulta en línea 2018, www.google.com.mx/maps)

15.- Costos de Semáforos. (Consulta en línea, <http://semaforosexpress.com/shop/semaforo-led-de-30cm>).

16.- Reglamento de Tránsito, (Consulta en línea 2018). (<http://data.ssp.cdmx.gob.mx/reglamentodetransito>).