



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA EN SISTEMAS– INGENIERÍA INDUSTRIAL

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México y su  
impacto ambiental. Caso ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
GARCÍA CERRUD CARMEN ANGELINA

TUTOR PRINCIPAL  
M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO, FACULTAD DE INGENIERÍA

Ciudad Universitaria, CDMX.

Agosto 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. Fuentes Zenón Arturo  
Secretario: Dra. Balderas Cañas Patricia  
Vocal: M.I. Soler Anguiano Francisca Irene  
1<sup>er.</sup> Suplente: Dra. Flores de la Mota Idalia  
2<sup>d o.</sup> Suplente: M.I. Rivera Colmenero José Antonio

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

**TUTOR DE TESIS:**

M.I. Soler Anguiano Francisca Irene

-----  
**FIRMA**

## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Autónoma de México; la cual me ha dado la oportunidad de desarrollarme académicamente.
- Al posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría mediante el Programa de Becas de la CEP.
- A la M.I Francisca Solera Anguiano ya que esta investigación fue llevada a cabo bajo su tutela; y sobre todo por no solo ser un apoyo académico sino por convertirse en familia.
- A los miembros del jurado Dra. Flores de la Mota Idalia, M.I. Rivera Colmenero José Antonio, Dra. Balderas Cañas Patricia y M.I. Fuentes Zenón Arturo por su contribución a la mejora de este trabajo.
- Al proyecto PAPPIT DGAPA IT102117, UNAM por su apoyo para esta investigación.

## DEDICATORIA

- A mis papás ya que sin su esfuerzo y constante apoyo esta y las metas que la anteceden no hubieran sido alcanzadas.
- A ti mamá por enseñarme que no importa lo que pase todo lo que me proponga lo puedo lograr y que si todo fuera fácil cualquiera lo haría.
- A ti papá por enseñarme a perseverar e inculcarme valores y buenos hábitos de estudio.
- A mis hermanas Alexandra y Samantha que han sido mis compañeras en todo momento, y han tolerado mi mal carácter.
- A mis pequeños Dana y Bastián que son mi motivación y me acompañan en cada paso del camino y me ayudan a lograr mis metas.
- A mis sobrinos Ivy y Santiago, que son como mis hijos e igualmente me han acompañado en todo momento.
- A ti Adrián que como siempre lo he dicho y lo sigo reiterando no hay mejor compañero para este juego de ajedrez; gracias por tu apoyo, tolerancia y sobre todo tu amor.
- A mis amigos del posgrado que se han convertido en familia, por su apoyo y ayuda.
- Y finalmente a los que no están presentes; mis abuelos y Tía Sara ya que fueron y siguen siendo parte medular de mi formación como persona y me acompañan en todo momento.

## Contenido

Glosario de términos.....	VI
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas.....	X
Índice de anexos.....	XI
Resumen.....	XII
Abstract.....	XIV
1. CAPÍTULO I.....	1
IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.....	1
1.1. Introducción al concepto de transporte público de pasajeros.....	1
1.2. Importancia del transporte público de pasajeros de un país.....	2
1.3. El transporte público de pasajeros en México y el mundo.....	3
1.4. Acciones para la mejora del transporte público de pasajeros en diferentes países.....	5
2. CAPITULO II.....	7
CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO Y EL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN LA ZONA.....	7
2.1. Características de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). .....	7
2.2. Infraestructura vial de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). .....	10
2.3. El transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México.....	11
2.3.1. Clasificación de los vehículos de pasajeros para la ZMVM.....	14
2.4. Legislación para el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México <sup>23</sup>	
2.5. Generación de contaminantes por el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México.....	24
2.5.1. Factores que contribuyen a la generación de contaminantes por parte del transporte público de pasajeros.....	25
3. CAPITULO III.....	27
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: RUTA 36.....	27
3.1. Historia de la Ruta 36.....	27
3.2. Características de la Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.....	28
3.2.1. Características de la infraestructura vial.....	28
3.2.1.2. Vialidad.....	29
3.2.1.3. Semaforización.....	31
3.2.1.4. Señalización.....	34

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

---

3.2.1.5.	Características de las paradas .....	35
3.2.2.	Características operacionales.....	40
3.2.2.1.	Características de las unidades de transporte .....	40
3.2.2.2.	Características de los operadores .....	40
3.2.2.3.	Características de los usuarios .....	42
4.	CAPITULO IV .....	43
	DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DE LA RUTA 36: CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS....	43
4.1.	Problemática de las unidades de transporte .....	43
4.2.	Problemática de la infraestructura .....	43
4.3.	Problemática de los usuarios .....	47
4.4.	Problemática de terceros .....	47
4.5.	Problemática de los operadores de las unidades de transporte .....	48
5.	CAPÍTULO V .....	49
	DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO DE LA RUTA 36: .....	49
	CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS.....	49
5.1.	Recolección de datos.....	49
5.2.	Tratamiento de los datos .....	52
5.3.	Diagnóstico de la Ruta 36.....	56
5.3.1.	Diagnóstico de la Ruta 36 de manera general .....	56
5.3.1.1.	Tiempo y velocidad de recorrido.....	56
5.3.1.2.	Tiempos de espera y personas en la base.....	56
5.3.1.3.	Paradas de la Ruta 36.....	57
5.3.1.4.	Usuarios por tipo de parada.....	61
5.3.1.5.	Tiempos ceros en recorrido de la Ruta 36 .....	64
5.3.2.	Diagnóstico de la Ruta 36 en la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos .....	65
5.3.2.1.	Tiempo y velocidad de recorrido.....	65
5.3.2.2.	Tiempos de espera y personas en la base.....	65
5.3.2.3.	Paradas .....	65
5.3.2.4.	Usuarios por tipo de parada.....	69
5.3.2.5.	Tiempos ceros en la corrida CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos .....	72
5.3.3.	Diagnóstico de la Ruta en la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña .....	73
5.3.3.1.	Tiempo y velocidad de recorrido.....	73

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

5.3.3.2.	Tiempos de espera y personas en la base.....	73
5.3.3.3.	Paradas.....	73
5.3.3.4.	Usuarios por tipo de parada.....	77
5.3.3.5.	Tiempos ceros en la corrida Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña .....	80
5.3.3.6.	Emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) derivada del consumo y oxidación de combustibles en la Ruta 36 .....	81
5.3.3.6.1.1.	Determinación estimada de emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI). .....	81
5.3.3.6.1.2.	Determinación por muestreo de emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI). .....	83
5.3.3.6.1.3.	Comparativa de emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI). .....	85
6.	CAPÍTULO VI. ....	87
	DETERMINACIÓN DE PARADAS ESTABLECIDAS.....	87
6.1.	Procedimiento para intersección de las capas.....	88
6.2.	Procedimiento para fusionar las capas .....	90
6.3.	Análisis estadístico espacial .....	91
6.3.1.	Análisis de puntos calientes (hot spots) para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos .....	93
6.3.2.	Análisis de puntos calientes (hot spots) para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña- .....	95
6.4.	Determinación de paradas establecidas .....	97
6.4.1.	Paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos .....	98
6.4.2.	Paradas establecidas para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña.....	100
7.	CAPITULO VII. ....	103
	DETERMINACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO (CYGEI) CON BASE EN LAS PARADAS ESTABLECIDAS PROPUESTAS. ....	103
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
	Conclusiones .....	105
	Recomendaciones .....	106
	BIBLIOGRAFÍA.....	108
	ANEXOS .....	110



## Glosario de términos

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México

STC: Sistema de Transporte Colectivo Metro

RTP: Ruta de Transporte de Pasajeros

STE: Sistema de Transportes Eléctricos

CDMX: Ciudad de México

Ruta Metropolitana: Transporte Público de Pasajeros con autorización para proporcionar el Servicio entre la Ciudad de México y su zona conurbada.

Ruta local: Transporte Público de Pasajeros con autorización para proporcionar el Servicio en la Ciudad de México.

Servicio Ejecutivo de Corredores de Transporte Público Colectivo: Es el que además de cumplir con las características del servicio ordinario de corredores de transporte.

Sistema M1: Sistema de Movilidad 1.

Ramal: es una línea subsidiaria de una línea troncal o con otro ramal, y sirve para unir puntos importantes distantes de la vía principal.

CO: Monóxido de carbono

COT: Compuestos orgánicos totales

COV: Compuestos orgánicos volátiles

NH<sub>3</sub>: Amoniaco

NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrógeno

PM<sub>10</sub>: Partículas menores a 10 micrómetros

PM<sub>2.5</sub>: Partículas menores a 2.5 micrómetros

SO<sub>2</sub>: Dióxido de azufre

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

SIG: Sistemas de Información Geográfica

.csv: son un tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas y las filas por saltos de línea.

.gpx: es una forma estándar para el intercambio y almacenamiento de información de mapas en dispositivos GPS, teléfonos inteligentes y computadoras. Debido al formato GPX, el software de un dispositivo puede leer datos creados en diferentes equipos.

. kml: es un lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones.

CETRAM: Centro de Transferencia Modal

Corrida: recorrido realizado por una ruta de transporte público.

Hot spots: puntos calientes.

Cold spots: puntos fríos.

Valor  $p$ : es una probabilidad, para las herramientas de análisis de patrón, existe la probabilidad de que el patrón espacial observado se haya creado mediante algún proceso aleatorio.

Puntuaciones  $z$ : son desviaciones estándar.

## Índice de figuras

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÀGINA
<a href="#">1</a>	Porcentaje de parque vehicular	<a href="#">4</a>
<a href="#">2</a>	Delimitación de la ZMVM y límite de la cuenca del Valle de México	<a href="#">8</a>
<a href="#">3</a>	Red vial de la CDMX	<a href="#">10</a>
<a href="#">4</a>	Red vial del Estado de México	<a href="#">11</a>
<a href="#">5</a>	Distribución porcentual de viajes por frecuencia de uso según el modo de transporte	<a href="#">13</a>
<a href="#">6</a>	Viajes totales entre áreas geográficas y sus porcentajes.	<a href="#">14</a>
<a href="#">7</a>	Red del sistema de transporte colectivo metro	<a href="#">15</a>
<a href="#">8</a>	Red del sistema de RTP, M1	<a href="#">16</a>
<a href="#">9</a>	Red de sistema de transportes eléctricos (trolebuses)	<a href="#">17</a>
<a href="#">10</a>	Red de sistema de transportes eléctricos (tren ligero)	<a href="#">18</a>
<a href="#">11</a>	Red de Metrobús	<a href="#">19</a>
<a href="#">12</a>	Red de sistema eco bici	<a href="#">20</a>
<a href="#">13</a>	Red de tren suburbano	<a href="#">21</a>
<a href="#">14</a>	Red de Mexibús	<a href="#">22</a>
<a href="#">15</a>	Contribución porcentual de las emisiones	<a href="#">24</a>
<a href="#">16</a>	Interconectividad de la vía entre alcaldías.	<a href="#">28</a>
<a href="#">17</a>	Cruces en Canal de Miramontes que corresponden a la ruta	<a href="#">30</a>
<a href="#">18</a>	Tipos de semáforos en el Eje 1 Oriente: Canal de Miramontes	<a href="#">31</a>
<a href="#">19</a>	Semaforización CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">32</a>
<a href="#">20</a>	Semaforización Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña	<a href="#">33</a>
<a href="#">21</a>	Señalización para transporte	<a href="#">34</a>
<a href="#">22</a>	Señalización para peatones	<a href="#">34</a>
<a href="#">23</a>	Señalización para el transporte público de pasajeros	<a href="#">35</a>
<a href="#">24</a>	Parabuses en calzada de Miramontes	<a href="#">35</a>
<a href="#">25</a>	Localización de las paradas en dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">37</a>
<a href="#">26</a>	Localización de las paradas en dirección Glorieta de Vaqueritos-CETRAM Taxqueña	<a href="#">39</a>
<a href="#">27</a>	Puntos de congestionamiento	<a href="#">46</a>
<a href="#">28</a>	Formato de muestreo de tipo de parada y número de usuarios	<a href="#">50</a>
<a href="#">29</a>	Oruxmaps	<a href="#">51</a>
<a href="#">30</a>	Gps tes	<a href="#">51</a>
<a href="#">31</a>	Ejemplificación de la captura de datos	<a href="#">52</a>
<a href="#">32</a>	Logo Routeconverter	<a href="#">53</a>
<a href="#">33</a>	Mapa de Routeconverter	<a href="#">53</a>
<a href="#">34</a>	Tabla de atributos Routeconverter	<a href="#">54</a>
<a href="#">35</a>	Porcentajes totales por tipo de parada	<a href="#">58</a>
<a href="#">36</a>	Porcentaje totales de paradas por pasaje	<a href="#">58</a>
<a href="#">37</a>	Localización de paradas generales	<a href="#">60</a>
<a href="#">38</a>	Afluencia general de pasajeros en paradas establecidas	<a href="#">62</a>
<a href="#">39</a>	Afluencia general de pasajeros en paradas no establecidas	<a href="#">63</a>

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

<a href="#">40</a>	Porcentaje de participación total por cada tipo de parada a los tiempos ceros	<a href="#">64</a>
<a href="#">41</a>	Porcentajes por tipo de parada CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">66</a>
<a href="#">42</a>	Porcentaje de paradas por pasaje CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">67</a>
<a href="#">43</a>	Localización general de paradas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">68</a>
<a href="#">44</a>	Afluencia de pasajeros en paradas establecidas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">70</a>
<a href="#">45</a>	Afluencia de pasajeros en paradas no establecidas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">71</a>
<a href="#">46</a>	Porcentaje de participación por cada tipo de parada a los tiempos ceros CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">72</a>
<a href="#">47</a>	Porcentajes por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">74</a>
<a href="#">48</a>	Porcentaje de paradas por pasaje Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">75</a>
<a href="#">49</a>	Localización general de paradas: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">76</a>
<a href="#">50</a>	Afluencia de pasajeros en paradas establecidas: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">78</a>
<a href="#">51</a>	Afluencia de pasajeros en paradas no establecidas: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">79</a>
<a href="#">52</a>	Porcentaje de participación por cada tipo de parada a los tiempos ceros Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">80</a>
<a href="#">53</a>	Grafica de emisiones anuales teóricas para la ruta 36	<a href="#">82</a>
<a href="#">54</a>	Grafica de emisiones anuales por muestreo para la ruta 36	<a href="#">84</a>
<a href="#">55</a>	Comparativo de emisiones teórico vs muestreo	<a href="#">85</a>
<a href="#">56</a>	Caja de dialogo de intersecar	<a href="#">88</a>
<a href="#">57</a>	Caja de dialogo herramienta fusionar	<a href="#">90</a>
<a href="#">58</a>	Ejemplificación de análisis de puntos calientes	<a href="#">91</a>
<a href="#">59</a>	Análisis de puntos calientes para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">94</a>
<a href="#">60</a>	Análisis de puntos calientes para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña-	<a href="#">96</a>
<a href="#">61</a>	Paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">99</a>
<a href="#">62</a>	Paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos-CETRAM Taxqueña	<a href="#">102</a>
<a href="#">63</a>	Componentes del sistema de transporte público de pasajeros	<a href="#">105</a>

## Índice de tablas

TABL	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
<b>A</b>		
<a href="#">1</a>	Alcaldías de la Ciudad de México pertenecientes a la ZMVM	<a href="#">7</a>
<a href="#">2</a>	Municipios del Estado de México pertenecientes a la ZMVM	<a href="#">9</a>
<a href="#">3</a>	Distribución de viajes por modo de Transporte Público entre semana	<a href="#">12</a>
<a href="#">4</a>	Distribución de viajes por modo de Transporte Público en sábado	<a href="#">12</a>
<a href="#">5</a>	Viajes en horas de máxima demanda (miles)	<a href="#">13</a>
<a href="#">6</a>	Características del Sistema de Transporte Colectivo Metro	<a href="#">15</a>
<a href="#">7</a>	Características de Ruta de Transporte de Pasajeros (RTP, M1)	<a href="#">16</a>
<a href="#">8</a>	Características de Sistema de Transportes Eléctricos (STE)	<a href="#">17</a>
<a href="#">9</a>	Características de Sistema Metrobús	<a href="#">18</a>
<a href="#">10</a>	Características de la Red Eco bici	<a href="#">19</a>
<a href="#">11</a>	Características del Tren Suburbano	<a href="#">20</a>
<a href="#">12</a>	Características del Mexibús	<a href="#">21</a>
<a href="#">13</a>	Características del transporte concesionado de baja capacidad de la Ciudad de México	<a href="#">22</a>
<a href="#">14</a>	Artículos relacionados con el Transporte Público de Pasajeros	<a href="#">23</a>
<a href="#">15</a>	Contribución porcentual del transporte de pasajeros en ZMVM con respecto a las emisiones	<a href="#">25</a>
<a href="#">16</a>	Ramales Ruta 36	<a href="#">27</a>
<a href="#">17</a>	Cruces en Canal de Miramontes que corresponden a la ruta	<a href="#">29</a>
<a href="#">18</a>	Nombres de las paradas en Dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">36</a>
<a href="#">19</a>	Nombres de las paradas en Dirección Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña	<a href="#">38</a>
<a href="#">20</a>	Lista de revisión para los operadores de la Ruta 36	<a href="#">42</a>
<a href="#">21</a>	Distancia entre parabuses	<a href="#">45</a>
<a href="#">22</a>	Media, máximos, mínimos y desviación de distancias en parabuses	<a href="#">45</a>
<a href="#">23</a>	Nomenclatura de muestreo	<a href="#">50</a>
<a href="#">24</a>	Tabla conjunta de datos	<a href="#">55</a>
<a href="#">25</a>	Promedios y desviaciones totales por tipo de parada	<a href="#">57</a>
<a href="#">26</a>	Máximos y mínimos totales de paradas por tipo	<a href="#">59</a>
<a href="#">27</a>	Usuarios totales por tipo de parada total	<a href="#">61</a>
<a href="#">28</a>	Promedios y desviaciones por tipo de parada CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">66</a>
<a href="#">29</a>	Máximos y mínimos de paradas por tipo CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">67</a>
<a href="#">30</a>	Usuarios por tipo de parada CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">69</a>
<a href="#">31</a>	Promedios y desviaciones por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">74</a>
<a href="#">32</a>	Máximos y mínimos de paradas por tipo Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">75</a>
<a href="#">33</a>	Usuarios por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">77</a>
<a href="#">34</a>	Cálculos teóricos necesarios para determinar las emisiones	<a href="#">81</a>
<a href="#">35</a>	Emisiones teóricas directas de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (CyGEI) Ruta 36	<a href="#">82</a>
<a href="#">36</a>	Cálculos de muestreo necesarios para determinar las emisiones	<a href="#">83</a>
<a href="#">37</a>	Emisiones por muestreo directas de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (CyGEI) Ruta 36	<a href="#">84</a>
<a href="#">38</a>	Variación en costos	<a href="#">86</a>
<a href="#">39</a>	Tabla de atributos de la intersección	<a href="#">89</a>
<a href="#">40</a>	Tabla de atributos de la fusión	<a href="#">90</a>

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

<a href="#">41</a>	Resultados del análisis de puntos calientes para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña- Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">93</a>
<a href="#">42</a>	Resultados del análisis de puntos calientes para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña-	<a href="#">95</a>
<a href="#">43</a>	Distancia y referencia de las paradas establecidas propuestas CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">98</a>
<a href="#">44</a>	Distancia y referencia de las paradas establecidas propuestas Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña	<a href="#">100</a>
<a href="#">45</a>	Cálculo de disminución de consumo de combustible	<a href="#">103</a>
<a href="#">46</a>	Cálculo de emisiones después del establecimiento de paradas	<a href="#">104</a>
<a href="#">47</a>	Comparativa del escenario actual contra el propuesto	<a href="#">104</a>

## Índice de anexos

ANEXO	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
<a href="#">1</a>	Artículos relacionados con el transporte público de pasajeros	<a href="#">111</a>
<a href="#">2</a>	Formato de muestro de tipo de parada y afluencia	<a href="#">115</a>
<a href="#">3</a>	Formato de datos obtenidos mediante Oruxmaps y Routeconverter	<a href="#">116</a>
<a href="#">4</a>	Mapas de paradas generales divididas por tipo de parada	<a href="#">117</a>
<a href="#">5</a>	Mapas de paradas divididas por tipo de parada: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos	<a href="#">121</a>
<a href="#">6</a>	Mapas de paradas divididas por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña	<a href="#">125</a>
<a href="#">7</a>	Formato de recolección de datos respecto al consumo de gasolina	<a href="#">129</a>
<a href="#">8</a>	Formato de datos para realizar las capas en sistemas de información geográfica	<a href="#">130</a>
<a href="#">9</a>	Sistemas de Información Geográfica	<a href="#">131</a>
<a href="#">10</a>	Análisis estadístico espacial o análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)	<a href="#">134</a>

## Resumen

El transporte público de pasajeros y la movilidad son esenciales para el desarrollo de las grandes ciudades y la realización de las actividades diarias de sus habitantes, sin embargo, la alta densidad demográfica y el rápido crecimiento de las urbes han generado importantes problemas de movilidad y contaminación, debido en gran medida a la sobrepoblación de automóviles y a una inadecuada planeación urbana.

Por lo cual resulta necesaria la búsqueda de soluciones que reduzcan el consumo energético de los desplazamientos, mejoren la calidad de aire y eleven la accesibilidad de los servicios para toda la población, lo cual es posible a través de mejoras en los tiempos de traslado, la confiabilidad, la seguridad, la cobertura y la reducción de los efectos adversos que este provoca de la red de transporte público.

El objetivo de este proyecto es analizar el transporte de público de pasajeros (Microbús) y su impacto ambiental para proponer acciones para minimizarlo. Básicamente se estudia el caso de la Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

La Ruta 36 fue seleccionada debido a que transita por una vialidad primaria, parte de un Centro de Transferencia Modal, tiene interconectividad con tres Alcaldías de la Ciudad de México y la Encuesta Origen Destino 2017 indica que tanto su origen como destino son puntos atractores y generadores de viajes.

El presente trabajo de investigación se desarrolla de la siguiente manera:

En el **Capítulo 1** se presenta al transporte público de pasajeros, su importancia para el desarrollo de un país, como se presenta en el contexto mundial y en el caso específico de México y las acciones que se han llevado a cabo para su mejora.

En el **Capítulo 2** se explican las características generales de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), las características del transporte público de pasajeros, las principales vialidades de la zona, la legislación para los vehículos de transporte de pasajeros, la generación de contaminantes por parte de este y los factores que contribuyen a dicha generación.

En el **Capítulo 3** se describe el caso de estudio explicando la historia de la ruta y sus características respecto a la infraestructura vial en la que se lleva a cabo y sus características operacionales.

En el **Capítulo 4** se presenta un diagnóstico cualitativo del caso de estudio, en el cual se enlistan las problemáticas en cuanto a las unidades, infraestructura, usuarios, operadores y terceros.

En el **Capítulo 5** se presenta un diagnóstico cuantitativo del caso de estudio, en el cual se explica cómo se llevó a cabo la recolección y tratamiento de los datos, para posteriormente realizar el diagnóstico que incluye la determinación de los tiempos y velocidades de recorrido, tiempos de espera de las personas en base a las paradas que la ruta realiza durante las corridas, la afluencia de usuarios que utilizan dichas paradas y los tiempos ceros todo esto de manera general y seccionado por corrida. De igual forma presenta las

emisiones contaminantes que son generadas por la ruta de manera teórica y muestral para finalmente realizar una comparativa entre estas, tanto en generación como en costos asociados.

En el **Capítulo 6** se explica la propuesta para reducción de emisiones, así como la metodología seguida para poder llevarla a cabo; por medio de un análisis estadístico espacial y mediciones.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.



## Abstract

Public passengers transport and mobility are essential for the development of large cities and the realization of daily activities of its inhabitants, however, the high population density and the rapid growth of cities have generated significant mobility and pollution problems, due largely to the overpopulation of cars and inadequate urban planning.

Therefore, it is necessary to search for solutions that reduce the energy consumption, improve air quality and increase the accessibility of services for the entire population, which is possible through improvements in transfer times, reliability, safety, coverage and reduction of the adverse effects that the public transport network causes.

The objective of this project is to analyze the public passenger transport (Microbús) and its environmental impact and propose actions to minimize it. Specifically, the case of Route 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos is studied.

Route 36 was selected due that it transits through a primary road, its origin and destination in modal transfer center, it has interconnectivity with 3 City Halls of Mexico City and the Survey Origin-Destination 2017 indicates that both its origin and destination are attractor and generators points for travel.

**Chapter 1** presents the public passengers transport, its importance for the development of a country, as it is presented in the global context and in the specific case of Mexico and the actions that have been carried out for its improvement.

**Chapter 2** explains the general characteristics of the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico (ZMVM), the characteristics of public passenger transport, the main roads in the area, the legislation for passenger transport vehicles, the generation of pollutants and the factors that contribute to this generation.

In **Chapter 3** the case study is described explaining the history of the route and its characteristics regarding the road infrastructure in which it is carried out and its operational characteristics.

In **Chapter 4**, a qualitative diagnosis of the case study is presented, in which the problems in terms of units, infrastructure, users, operators and third parties are listed.

In **Chapter 5**, a quantitative diagnosis of the case study is presented, in which the data collection method and how its treatment was carried out is explained, so that the diagnosis can be performed and finally the diagnosis is presented which includes the determination of the times and speeds of travel, times waiting for people based on the stops that the route makes during the runs, the influx of users who use these stops and the zero times all this in a general way and sectioned by run. Likewise, it presents the polluting emissions that are generated by the route in a theoretical and sampling way to finally make a comparison both in terms of emissions generation and its associated operational costs.

**Chapter 6** explains the proposal for reducing emissions, as well as the methodology followed to carry it out; by means of a spatial statistical analysis and measurements. Finally, the conclusions and recommendations are presented.

# 1. CAPÍTULO I

## IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS

### 1.1. Introducción al concepto de transporte público de pasajeros

Desde la antigüedad ha surgido la necesidad de movimiento tanto de mercancías como de personas, en el pasado los medios de transporte terrestres estaban condicionados al uso de animales, con el desarrollo de la máquina de vapor y del motor de combustión se desarrollaron nuevas formas de transporte, formas que revolucionaron a la sociedad y significaron un corte abrupto con respecto al pasado. Así, en la revolución industrial se agregó el ferrocarril y el automóvil como forma de transportar personas y bienes. Los medios de transporte tienen una relevancia extraordinaria en la sociedad porque permiten la circulación de bienes y de personas, logrando una integración social que favorece el desarrollo económico.

Las personas con la finalidad de realizar sus actividades diarias se desplazan entre y dentro de las ciudades para trabajar, estudiar, divertirse, pasear y comprar; de acuerdo a su nivel de ingreso se trasladan a pie o utilizando algún modo de transporte, originando con ello la creación una gran cantidad de viajes y rutas; por lo tanto su desplazamiento está en función de algunas variables, entre las que podemos citar las siguientes: origen y destino del viaje, frecuencia, horarios y modo de transporte y costo entre otras.

En la vida cotidiana contamos con distintos medios de transporte que utilizamos con frecuencia, desde el transporte público que abarca a los trenes y autobuses, como también los que utilizamos en forma personal, automóviles y motocicletas.

Para poder realizar un transporte debemos tener por un lado una Infraestructura que comprende a los caminos y al sitio donde se desenvuelve un vehículo determinado (en el caso de los automóviles, la infraestructura sería la carretera o vialidad) mientras que por otro lado tenemos que pensar en la fuente energética que permite la movilización, pudiendo encontrarse los combustibles como también cualquier sistema mecánico que sea impulsado por el mismo conductor (como es el caso de la bicicleta y su sistema de pedales y cadenas).

La movilidad genera vínculos de conexión y el transporte es un proceso organizacional con características muy particulares que permite el desplazamiento de la población y de bienes y productos de un lugar a otro, es decir es un elemento más que posibilita la movilidad urbana; de tal forma que el transporte urbano no es un fin en sí mismo y su eficiencia estará

en función de su contribución para que las relaciones de producción y reproducción social se cumplan (García L. J., 2014).

Partiendo de lo anteriormente mencionado se clasifica el transporte en: **transporte de carga y transporte de pasajeros**. Ahora bien, para fines de este trabajo nos enfocaremos en el transporte público de pasajeros ya que constituye la cinética en que los individuos se movilizan de un lugar a otro para realizar sus actividades, las cuales contribuyen al desarrollo de un país. Es esencial para el conjunto de movilidad urbana, y queda por tanto definido como un sistema de medios (infraestructuras y vehículos) para llevar personas de un lugar a otro de la ciudad.

Así mismo es definido como:

*El transporte público comprende los medios de transporte en que los pasajeros no son los propietarios de estos, siendo servidos por terceros (empresas públicas o privadas). El transporte público ayuda al desplazamiento de las personas de un punto a otro en un área de una ciudad, pagando cada persona una tarifa establecida dependiendo de su recorrido. (México G. d., Secretaría de Movilidad, 2018)*

## 1.2. Importancia del transporte público de pasajeros de un país

La importancia del transporte público de pasajeros para una ciudad radica en que, a través de este, la mayoría de las funciones sociales del transporte deberían ser satisfechas de una manera más eficiente y favorable a la ciudad. (Urrutia, 1981)

En términos económicos, posibilita la reproducción de la fuerza laboral a través del desplazamiento masivo de la mano de obra, porque incrementa las grandes economías de escala y la productividad general de la ciudad. (Henry, 1985)

Urbanísticamente tiene efectos sobre la dimensión y configuración socio-espacial de la ciudad y a nivel cultural, posibilita relaciones sociales diferentes a las estrictamente productivas y genera espacios en el cual el ciudadano puede representar e imaginar la ciudad. (García C. N., 1996)

Dada las múltiples implicaciones del transporte público de pasajeros en la ciudad y los ciudadanos, éste se considera un asunto de interés público y por lo tanto debe regularse por medio de leyes y políticas públicas que faciliten su control y adecuado funcionamiento. Las necesidades de movilidad de una ciudad son tan importantes para el desarrollo diario de las actividades de las personas que allí habitan, que se hace necesario entender que el Sistema de Transporte Público Colectivo (STPC) hace parte del mecanismo que moviliza a la gran cantidad de la población en el caso de urbes como la Ciudad de México.

### 1.3. El transporte público de pasajeros en México y el mundo

El transporte público de pasajeros es un motor crucial del desarrollo económico y social, que brinda oportunidades para los que menos tienen y permite que las economías sean más competitivas. La infraestructura de transporte conecta a las personas con los empleos, la educación y los servicios de salud; permite el suministro de bienes y servicios en todo el mundo; y permite a las personas interactuar y generar el conocimiento y las soluciones que fomentan el crecimiento a largo plazo.

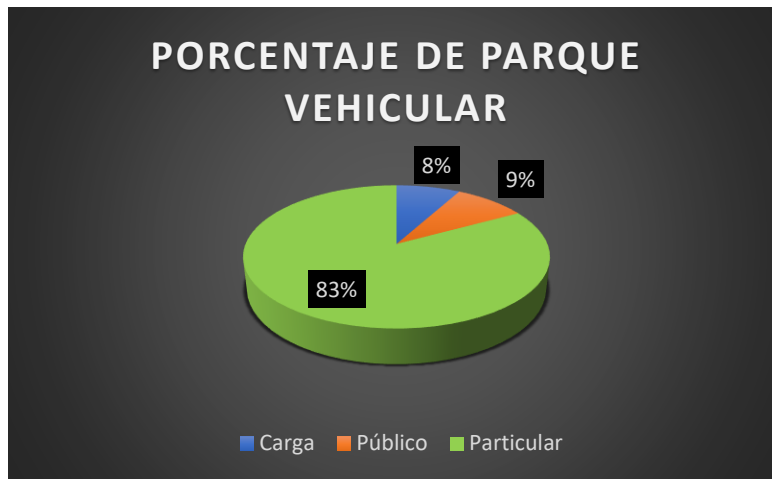
El sector es crucial para reducir la pobreza, impulsar la prosperidad y lograr los objetivos de desarrollo sostenible, ya que el transporte público de pasajeros es el núcleo de los desafíos críticos del desarrollo teniendo mundialmente:

- **Cambio climático:** el transporte representa aproximadamente el 64% del consumo mundial de petróleo, el 27% de todo el uso de energía y el 23% de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en el mundo. Con las tasas de motorización en aumento, se espera que el impacto ambiental del sector crezca dramáticamente.
- **Urbanización y motorización rápidas:** las ciudades albergarán a unos 5,400 millones de habitantes para 2050, lo que equivale a 2/3 de la población mundial proyectada. El número de vehículos en la carretera se duplicará hasta alcanzar los 2 mil millones para 2050.
- **Accesibilidad y asequibilidad:** se estima que mil millones de personas en países subdesarrollados aún no tienen acceso a una carretera para todo clima. En muchas ciudades, el tiempo perdido por la congestión erosiona la prosperidad. Los altos costos de movilidad reducen el ingreso disponible de los pobres que a menudo carecen de transporte público confiable y asequible.
- **Seguridad vial:** más de 1.25 millones de personas mueren y hasta 50 millones resultan heridas en las carreteras del mundo cada año. Los países de ingresos bajos y medianos representan el 90% de las muertes, aunque poseen solo la mitad de los vehículos motorizados del mundo.
- **Contaminación del aire:** la contaminación del transporte motorizado por carretera se ha asociado con una amplia gama de problemas de salud, incluidas las enfermedades cardiovasculares y pulmonares. Cada año, casi 185,000 muertes se pueden atribuir directamente a la contaminación de los vehículos.

A medida que el mundo en desarrollo se urbaniza rápidamente, existe la oportunidad de construir sistemas de transporte más seguros, limpios, eficientes y accesibles que reduzcan la congestión y la contaminación, faciliten el acceso a empleos y reduzcan el consumo de energía en el transporte. En ciudades emergentes de tamaño mediano, donde la mayoría de los nuevos habitantes urbanos vivirán, los planificadores urbanos tienen la oportunidad

de diseñar sistemas de transporte inclusivos y sostenibles desde el principio, superando los modos más contaminantes y costosos. En ciudades más antiguas o más grandes, la tecnología y los grandes datos están ayudando a mapear mejor los patrones y necesidades de viaje, comprometiendo a los ciudadanos y mejorando la calidad y eficiencia de las soluciones de transporte. (Bank, 2018).

En la ZMVM para el año 2016, se tienen registrados 2.3 millones de vehículos, los que predominan son los de uso particular, como son los autos, las camionetas tipo SUV y motocicletas, que en conjunto representan el 83% de la flota total y el 8% corresponde al transporte público (**Figura 1**).



*Figura 1 Porcentaje de parque vehicular (Bank, 2018)*

En México el proceso de crecimiento urbano y poblacional son los principales agentes demandantes de los sistemas de transporte para adaptarse eficientemente a las necesidades de la demanda urbana de movilidad.

De igual forma, a pesar de las grandes inversiones y acciones de los diferentes ámbitos de gobierno en México, los sistemas de transporte en la mayoría de las ciudades no son los idóneos para atender la creciente demanda de viajes, manifestándose dicha deficiencia principalmente en grandes y cotidianos congestionamientos urbanos. Las principales causas de los congestionamientos son el uso excesivo de vehículos de baja capacidad y un deficiente marco de políticas y programas integrales de transporte urbano; teniendo como resultados adicionales grandes costos por pérdida de tiempo, gastos por servicios de salud, baja productividad acompañados por un incremento en la demanda de espacio para vías y estacionamiento. Asimismo, si bien el problema de la contaminación del aire se ha combatido con cierto éxito, existen otros aspectos que no han recibido la suficiente atención, tales como el consumo energético, el bajo nivel de servicio y la expansión de las ciudades (Manuel, 2012).

#### 1.4. Acciones para la mejora del transporte público de pasajeros en diferentes países

Debido a la importancia e impacto del transporte público de pasajeros en diversas ciudades del mundo se han implementado políticas para su mejora y minimización de impactos, de las cuales se pueden destacar las siguientes:

- **Modalidades híbridas de transportación (juntar dos o más tipos de transporte):** Se plantea la planeación de manera integral del transporte público y privado, por lo que se desarrollan sistemas intermodales en los que se puedan conjugar todas las formas de transporte de que se dispone en la ciudad, de modo que se privilegie el uso del transporte público.
- **Sistemas inteligentes de gestión del tráfico:** integra diferentes tecnologías como cámaras, sensores y radares para detectar los niveles de fluidez o congestión en las principales vialidades de una ciudad y a partir de los datos que se obtengan generan soluciones en tiempo real mediante las que se puedan desahogar los congestionamientos y se aprovechen las vías que fluyen con rapidez.
- **Sistemas eficaces de señalización:** señalización preventiva que permita a los automovilistas modificar sus rutas previamente a que encuentren desviaciones por manifestaciones, reparaciones o por cualquier motivo que implique el cierre de vialidades primarias de gran flujo.
- **Extender el uso de sistemas Bus Rapid Transit** (que en la Ciudad de México están representados por el Metrobús).
- **Integración de sistemas Bus Rapid Transit:** el cual racionaliza el espacio vial urbano al destinar carriles de circulación reservados en los ejes principales al tránsito de autobuses de pasajeros especialmente diseñados, lo que ha representado grandes ventajas por cuanto hace a los costos de su implementación y funcionamiento por sobre otras opciones. Aquí será necesario, toda vez que se restringe un carril para la circulación exclusiva de los autobuses, implementar lo necesario para que haya continuidad en los carriles para automóviles en el trayecto completo de la vialidad, evitando que se generen cuellos de botella ya que la mala planeación o el ineficiente diseño actual de este sistema, ocasionan aglomeraciones innecesarias.
- **Políticas adecuadas de estacionamiento:** El uso de automóviles particulares en lugar del transporte público será ampliamente preferido si aquellos pueden se estacionan de forma gratuita o a muy bajo costo en los lugares de destino, por lo que la creación de espacios de estacionamiento gratuitos o a bajo costo promueve el uso del automóvil y la expansión urbana, lo que repercute en el aumento de la congestión. En este sentido, se debe buscar limitar la oferta de estacionamiento, con lo que en cierta forma se podrá controlar la presión vehicular, proveyendo a la vez de más espacios al transporte público, haciendo posible incrementar su cobertura y frecuencia.

- **Autoridad para peatones y ciclistas:** autoridad encargada de la atención específica de usuarios de transporte no motorizado y de peatones ayudaría a atender mejor este sector específico de la población vigilando que sus derechos sean respetados y cumplan con las obligaciones que les corresponden, pudiendo incluso imponer sanciones que vayan más allá de la amonestación verbal a quienes infrinjan las disposiciones en materia de tránsito, promoviendo una cultura de vialidad entre peatones y ciclistas (Arturo, 2006).
- **Promoción de una “carta de derechos y obligaciones de los usuarios del transporte público”:** la creación de una carta de derechos y obligaciones de los usuarios del transporte público permitiría que la población ampliara su cultura vial al conocer con detalle cuáles son los derechos que les asisten al hacer uso de las diferentes formas de transportación pública de las que disponen, así como las obligaciones que deben cumplir por ese uso, lo que ayudaría a mejorar las condiciones de movilidad en el transporte público al contar con usuarios más y mejor informados sobre la conducta que se espera de ellos al usar éste.
- **Adecuada capacitación del personal que presta servicios de transporte público:** se deben establecer las bases para que los operadores de las unidades de transporte de pasajeros sean capacitados para el mejor desempeño de sus labores, así como en el cuidado de los derechos que tienen los usuarios, de modo que todos los actores involucrados en el transporte público conozcan a cabalidad las normas que rigen el uso y operación de éste, lo que repercutiría en la mejora de la calidad del servicio.
- **Redistribución de espacios motorizados y no motorizados:** El adecuado desarrollo de la movilidad en la ciudad requiere que el movimiento de transportes motorizados y no motorizados se desarrolle coordinadamente proveyendo de elementos de seguridad a sus usuarios por lo que se necesita de una definición de los espacios que corresponden a cada una de estas modalidades y que en los puntos en que éstos intersecan se respeten las preferencias que tiene cada una de las formas de transportación, a lo que debe sumarse la necesaria educación vial de cada uno de estos elementos (Marcos, 2016).



## 2. CAPITULO II

### CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO Y EL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN LA ZONA

#### 2.1. Características de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se encuentra ubicada al norte 20°04'02", al sur 18°55'08" de latitud norte; al este 98°34'08", al oeste y 99°39'06" de longitud oeste, colinda al norte con los estados de Hidalgo y México; al este con los estados de México, Tlaxcala y Puebla; al sur con los estados de México y Morelos; al oeste con el estado de México (INEGI, Cuaderno Geoestadístico y geográfico de la Zona Metropolitana del Valle de México 2014., 2014) (**Figura 2**).

La ZMVM es el centro económico, financiero, político y cultural de México. Con respecto a su población, es la tercera zona metropolitana más grande de la OCDE con 20,886,703 habitantes y la más grande del mundo fuera de Asia (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017).

De acuerdo con las delimitaciones mexicanas más utilizadas, la ZMVM abarca alrededor de 7,866 km<sup>2</sup>, comprende las 16 alcaldías de la CDMX (**Tabla 1**) la cual tiene una población de 8,801,597 habitantes, 59 municipios del estado de México (**Tabla 2**) y un municipio del estado de Hidalgo; Tizayuca con 12,085,106 habitantes (OCDE, 2015)<sup>1</sup>.

*Tabla 1 Alcaldías de la Ciudad de México pertenecientes a la ZMVM*

<b>Alcaldías de la Ciudad de México</b>			
Álvaro Obregón	Cuajimalpa de Morelos	Iztapalapa	Tláhuac
Azcapotzalco	Cuauhtémoc	La Magdalena Contreras	Tlalpan
Benito Juárez	Gustavo A. Madero	Miguel Hidalgo	Venustiano Carranza
Coyoacán	Iztacalco	Milpa Alta	Xochimilco

Fuente: Elaboración Propia

---

<sup>1</sup> Para fines de esta tesis se utilizarán los términos alcaldías y CDMX debido a su cambio según el Acuerdo General Del Pleno de la Judicatura Federal publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha de 05 de febrero del 2016, aunque en la literatura consultada los términos continúen siendo Distrito Federal y Delegaciones.

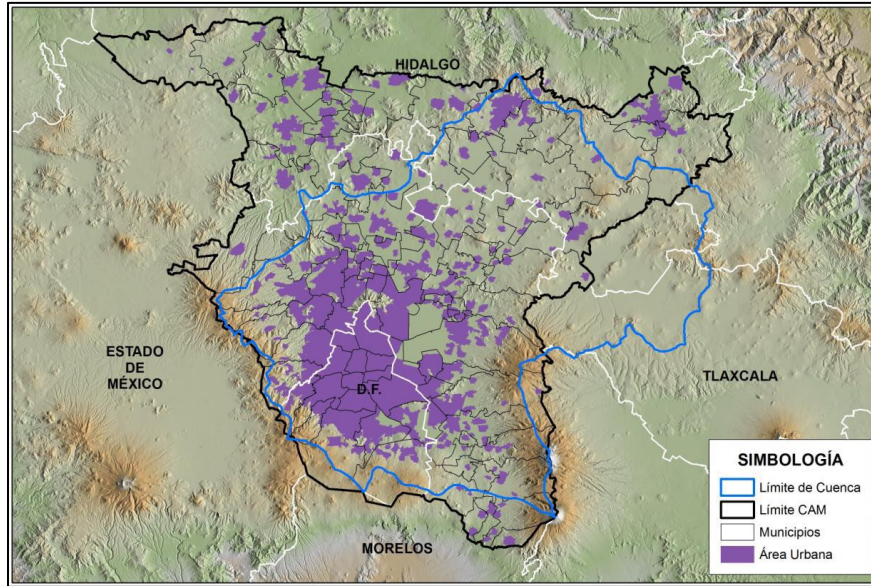


Figura 2 Delimitación de la ZMVM y límite de la cuenca del Valle de México (Metropolitana, Agenda de Sustentabilidad Ambiental, 2010)

Tabla 2 Municipios del Estado de México pertenecientes a la ZMVM

Municipios por el Estado de México					
Acolman	Coyotepec	Huehuetoca	Naucalpan de Juárez	Temamatla	Tezoyuca
Amecameca	Cuautitlán	Hueyoxtlá	Nextlalpan	Temascalapa	Tlalmanalco
Apaxco	Cuautitlán Izcalli	Huixquilucan	Nezahualcóyotl	Tenango del Aire	Tlalnepantla de Baz
Atenco	Chalco	Isidro Fabela	Nicolás Romero	Teoloyucan	Tonanitla
Atizapán de Zaragoza	Chiautla	Ixtapaluca	Nopaltepec	Teotihuacan	Tultepec
Atlautla	Chicoloapan	Jaltenco	Otumba	Tepetlaoxtoc	Tultitlán
Axapusco	Chiconcuac	Jilotzingo	Ozumba	Tepetlixpa	Valle de Chalco Solidaridad
Ayapango	Chimalhuacán	Juchitepec	Papalotla	Tepotzotlán	Villa del Carbón
Coacalco de Berriozábal	Ecatepec de Morelos	La Paz	San Martín de las Pirámides	Tequixquiac	Zumpango
Cocotitlán	Ecatzingo	Melchor Ocampo	Tecámac	Texcoco	

Fuente: Elaboración propia

La ZMVM se encuentra ubicada en la Cuenca del Valle de México representando el 37% de esta, la cual cuenta con prominencias topográficas aisladas como el Cerro de la Estrella, el Peñón y el Cerro de Chapultepec, entre otros; su ubicación geográfica y su entorno característico ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire existente en esta zona.

La ZMVM está sujeta de manera natural a condiciones que no favorecen una adecuada ventilación de la atmósfera. Entre los principales factores fisiográficos y climáticos que afectan la calidad del aire destacan los siguientes (Metropolitana, Programa para mejorar la calidad del aire en la ZMVM 2002-2010, 2002):

- El entorno montañoso que rodea la cuenca constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes.
- Las frecuentes inversiones térmicas que ocurren en el valle, en más del 70% de los días del año, son un fenómeno natural que causa un estancamiento temporal de las masas de aire en la atmósfera. Ello inhibe la capacidad de autodepuración de ésta y favorece la acumulación de los contaminantes
- Los sistemas anticiclónicos que se registran frecuentemente en la región centro del país tienen la capacidad de generar cápsulas de aire inmóvil en áreas que pueden abarcar regiones mucho mayores que el Valle de México.
- La intensa y constante radiación solar que se registra en el Valle de México a lo largo de todo el año, favorece la formación del ozono.

## 2.2. Infraestructura vial de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

La infraestructura vial de la ZMVM cuenta con 14,730.11 km de longitud la cual es posible dividir en dos secciones, la perteneciente a la CDMX y al Estado de México y Tizayuca Hidalgo esto debido a su conformación.

Respecto a la infraestructura vial perteneciente a la CDMX la red cuenta con un total de 10,403.44 km de longitud, de los cuales el 10.73% corresponde a vialidades primarias que comprenden las vialidades de acceso controlado, los ejes viales y otras vialidades primarias con una longitud de 186.74 km, 415.03 y 514.67 km respectivamente y el 89.27% restante se cataloga como vialidades secundarias con 9,287 km (**Figura 3**) (Federal, 2014).

Para los municipios del Estado de México y Tizayuca, Hidalgo se cuenta con una red vial de 4 326.67 km, los cuales se pueden dividir en pavimentado y revestido con 4,032.97 y 293.70 km, respectivamente (**Figura 4**).

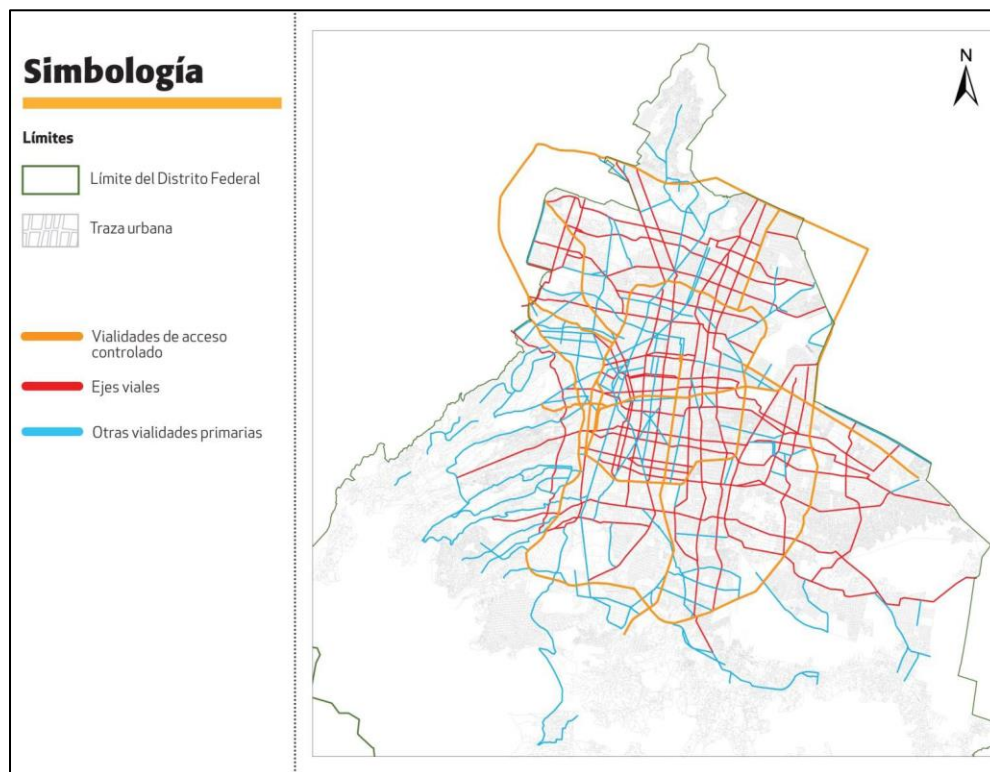


Figura 3 Red Vial de la CDMX  
(Federal, 2014)

## Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Figura 4 Red Vial del Estado de México (Geografía, 2017)

### 2.3. El transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México

La población de la ZMVM es de 20,886,703 habitantes y cuenta con 5,757,890 viviendas de lo cual se desprende un total de 5,967,469 hogares de acuerdo con el Censo poblacional del año 2015.

De estos hogares, el 53.2% disponen de algún tipo de vehículo ya sea automóvil (77%), motocicleta (10%) y bicicleta (35.9%); y el 41% de dichos hogares cuentan con al menos un automóvil o camioneta lo cual equivale a 3.05 millones de automóviles disponibles.

En la ZMVM se realizan 34.56 millones de viajes de los cuales 15.57 millones son en transporte público de pasajeros.

La distribución de viajes dentro de la ZMVM se representa de la siguiente manera: poco más del 80% (15.63 millones) de personas realiza al menos un viaje entre semana y 53% realiza al menos un viaje en sábado (10.35 millones). De los 15.63 millones de personas que viajan al menos una vez entre semana (Tabla 3) y de los 10.35 millones que realizan viajes

en sábado (**Tabla 4**) podemos observar que el 50.9% y el 48.8% de ellos respectivamente realiza sus traslados en algún modo de transporte público y en específico el colectivo aporta un 76.6 % y 73.6% (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017).

*Tabla 3 Distribución de viajes por modo de Transporte Público entre semana*

<b>Distribución de viajes por modo de Transporte Público entre semana</b>		
<b>Modo de Transporte</b>	<b>Millones de personas</b>	<b>%</b>
Colectivo	6.09	76.6
Taxi	1.07	13.4
Metro	2.39	30
Metrobús o Mexibús	0.62	7.8
Otro	1.2	15.1

Fuente: (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017)

*Tabla 4 Distribución de viajes por modo de Transporte Público en sábado*

<b>Distribución de viajes por modo de Transporte Público en sábado</b>		
<b>Modo de Transporte</b>	<b>Millones de personas</b>	<b>%</b>
Colectivo	3.72	73.6
Taxi	0.98	19.3
Metro	1.49	29.6
Metrobús o Mexibús	0.36	7.1
Otro	0.78	15.5

Fuente: (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017)

Con dicha información podemos observar que la distribución porcentual de viajes por frecuencia de uso según el modo de transporte se encuentra representada en la **Figura 5**.

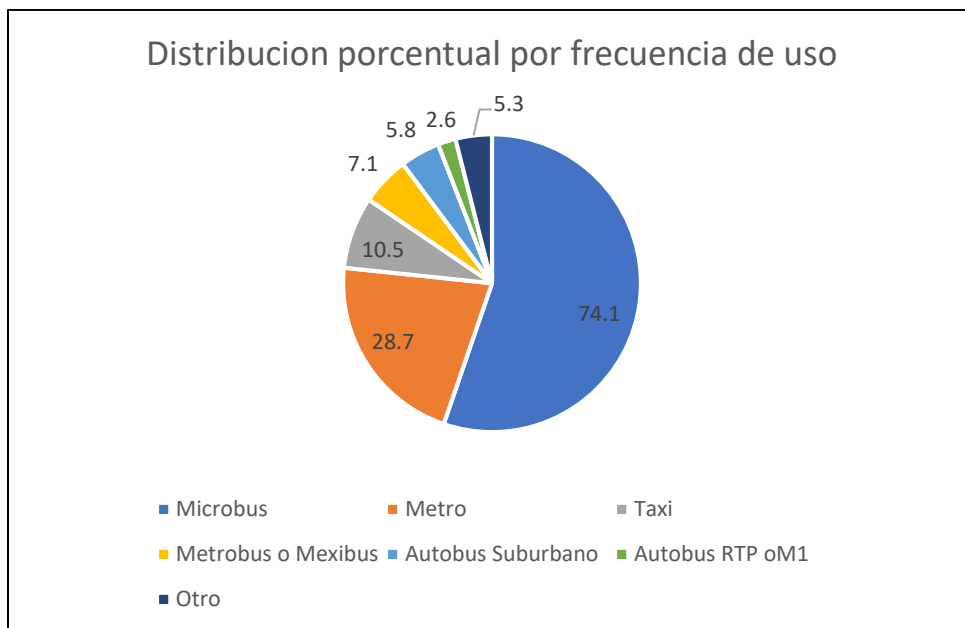


Figura 5 Distribución porcentual de viajes por frecuencia de uso según el modo de transporte (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017)

El propósito de dichos viajes es variado y maneja la siguiente distribución porcentual; 47.3% son para ir al hogar, 22% para ir al trabajo, 11.9 para ir a estudiar, 6.6% para llevar o recoger a alguien, 6.5% para ir de compras, 2.9 son sociales/diversión, 0.8% para hacer un trámite y el 2% para cualquier otro propósito. (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017).

Los horarios de máxima demanda en ZMVM son en hora matutina de 07:00 a 07:59 horas, en hora de medio día de 14:00 a 14:59 horas y en hora vespertina de 18:00 a 18:59 horas, la **Tabla 5** muestra la utilización de transporte público en dichas horas (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017).

Tabla 5 Viajes en horas de máxima demanda (miles)

Modo	En hora matutina	%	En hora de mediodía	%	En hora vespertina	%
<b>Colectivo</b>	1,213	72.8	766	72.9	946	76
<b>Taxi</b>	192	11.5	131	12.5	95	7.6
<b>Metro</b>	460	27.6	184	17.5	451	36.2
<b>Metrobús o Mexibús</b>	112	6.7	55	5.2	101	8.1
<b>Otro</b>	213	12.8	120	11.4	172	13.8

Fuente: (INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017)

El número de viajes realizados en la ZMVM se pueden dividir por área geográfica, es decir en la Ciudad de México y el Estado de México y Tizayuca, Hidalgo lo cual es observable en la **Figura 6**.

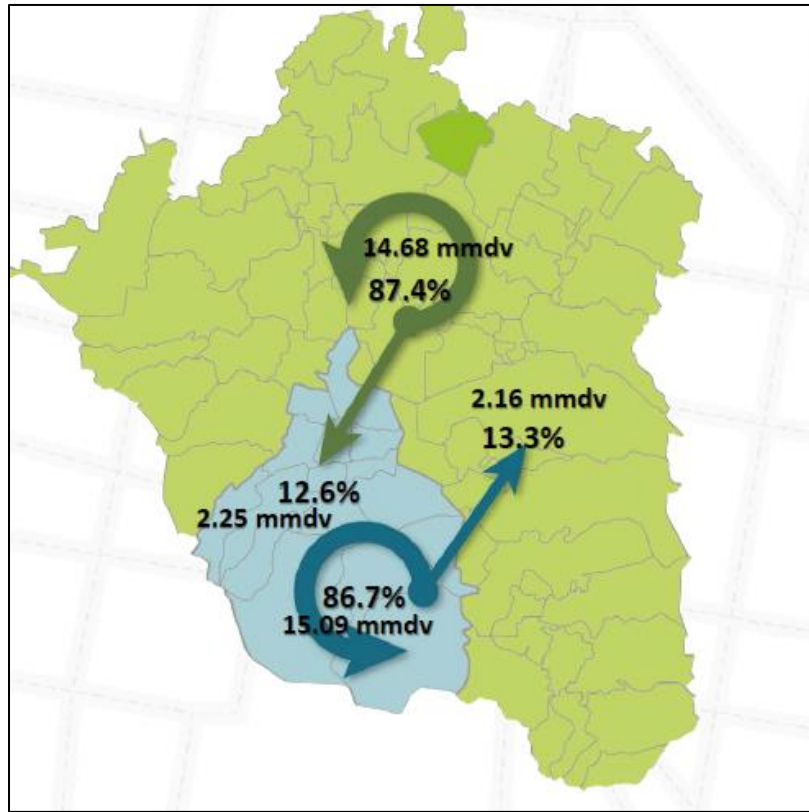


Figura 6 Viajes totales entre áreas geográficas y sus porcentajes.  
(INEGI, Encuesta Origen-Destino, 2017)

### 2.3.1. Clasificación de los vehículos de pasajeros para la ZMVM

El transporte urbano de pasajeros de la ZMVM igualmente se encuentra dividido por secciones, en la CDMX se encuentra a cargo de la Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI) y en el Estado de México por la Secretaría de Transporte.

Por otra parte, el transporte público en la ZMVM es administrado por:

#### A. Entes públicos (organismos descentralizados)

- i. **Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC):** El servicio se concentra en el Ciudad de México (sobre todo en las alcaldías centrales), con algunas líneas sirviendo al Estado de México (Líneas A y B) (México G. d., Sistema de Transporte Colectivo, 2018)(**Tabla 6 y Figura 7**).



Tabla 6 Características del Sistema de Transporte Colectivo Metro

Sistema de Transporte Colectivo Metro		
Total de Líneas	12	
Total de Estaciones en la red	195	
Longitud de la red	226,488 km	
Parque Vehicular	390 unidades	
Capacidad	Trenes 6 vagones: sentados:240, parados:780 Trenes 9 vagones: sentados 360, parados:1,170	
Horario	Lun.-vie.	
	05.00-24.00	
	Sáb. 06.00-24.00	
	Dom. 07.00-24.00	
Tarifa	\$	5.00

Fuente: (México G. d., Sistema de Transporte Colectivo, 2018)



Figura 7 Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro (México G. d., Sistema de Transporte Colectivo, 2018)

- ii. **Ruta de Transporte de Pasajeros (RTP, M1):** opera en toda la ciudad, principalmente en zonas de difícil acceso (zonas suburbanas con caminos de muchas pendientes y pocas vialidades, proporciona servicio a estudiantes y personas de la tercera edad con tarifa especial y servicio preferencial para personas con discapacidad (México G. d., Sistema de Movilidad 1, 2018)(**Tabla 7 y Figura 8**).

Tabla 7 Características de Ruta de Transporte de Pasajeros (RTP, M1)

Ruta de Transporte de Pasajeros (RTP, M1)	
<b>Total de Rutas</b>	100 rutas de buses públicos
<b>Longitud de la Red</b>	(3,061 km)
<b>Parque Vehicular</b>	1,400 vehículos
<b>Capacidad</b>	RTP ordinario: 80 personas
	RTP Express: 85 personas
<b>Horario</b>	Lun.-dom.
	04.00-23.00
<b>Tarifa</b>	Servicio ordinario \$2
	Servicio Express y Ecobús \$5

Fuente: (México G. d., Sistema de Movilidad 1, 2018)



Figura 8 Red del Sistema de RTP, M1 (México G. d., Sistema de Movilidad 1, 2018)

- iii. **Sistema de Transportes Eléctricos (STE):** red de trolebuses que cubre 380 colonias de nueve alcaldías de la Ciudad de México y una Línea de Tren Ligero que sirve al Sur de la Ciudad (México, Servicio de Transportes Electricos, 2018)(Tabla 8, Figuras 9 y 10).

Tabla 8 Características de Sistema de Transportes Eléctricos (STE)

Sistema de Transportes Eléctricos (STE)	
Total de rutas	8 Líneas de trolebús y 1 línea de tren ligero
Longitud de la red	203.6 km y 13 km
Parque Vehicular	290 trolebuses y 12-15 trenes
Capacidad	Trolebuses: 80 personas Tren Ligero: 220 personas
Horario	Variable (5.00-1.00)
Tarifa	Trolebús \$4 Tren Ligero \$3

Fuente: (México, Servicio de Transportes Electricos, 2018)

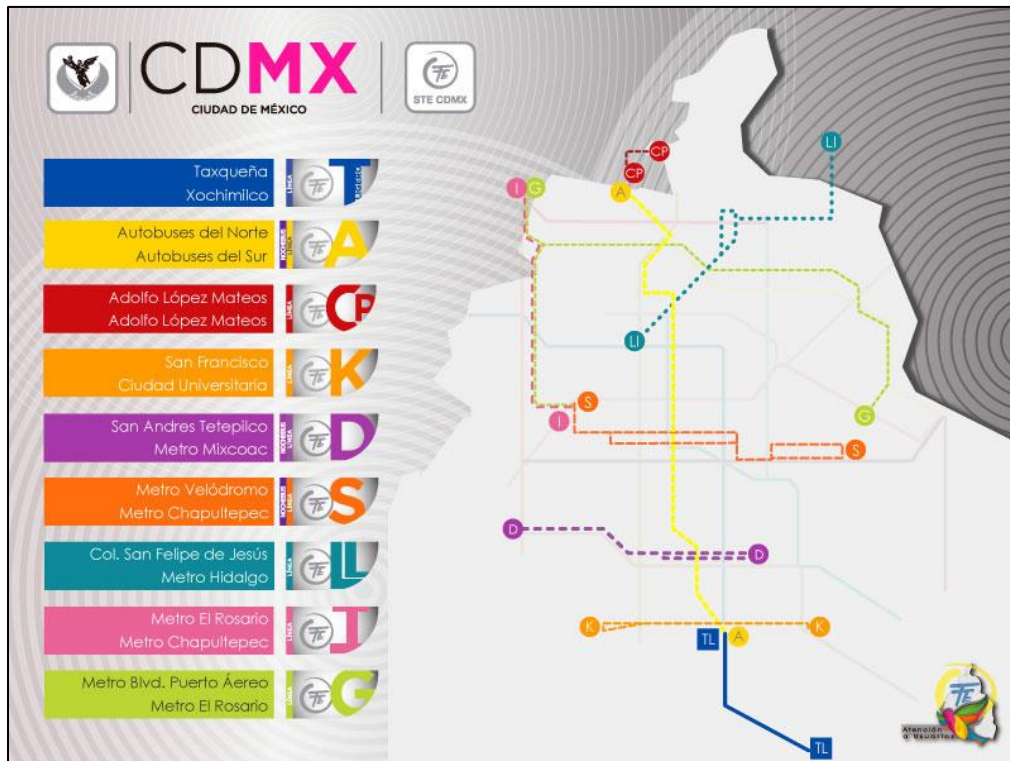


Figura 9 Red de Sistema de Transportes Eléctricos (Trolebuses)  
(México, Servicio de Transportes Electricos, 2018)

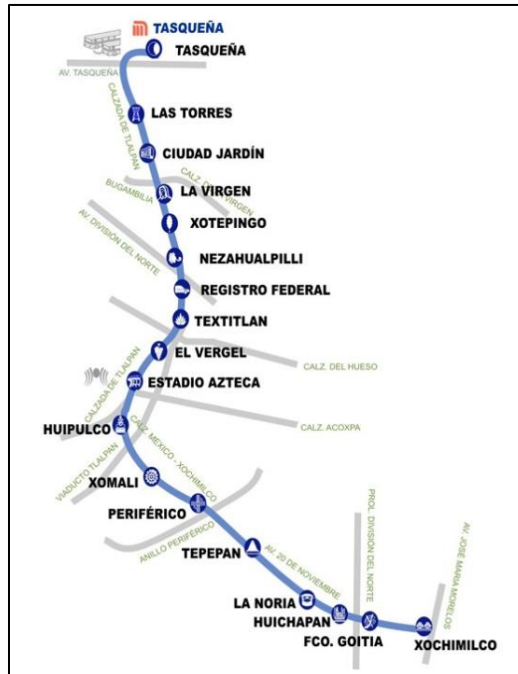


Figura 10 Red de Sistema de Transportes Eléctricos (Tren Ligero)  
(México, Servicio de Transportes Electricos, 2018)

## B. Entes semipúblicos

- i. **Metrobús:** es un ente de gobierno que administra una red de BRT que recorre el Ciudad de México. Cuenta con 10 empresas transportistas, la mayoría privadas (operación de flota-incluye la RTP), 5 fideicomisos (administración de los recursos) y 3 empresas de recaudo (México, Metrobús, 2018)(Tabla 9 y Figura 11).

Tabla 9 Características de Sistema Metrobús

Metrobús	
<b>Total, de Rutas</b>	4 líneas de BRT
<b>Longitud de la Red</b>	95 km
<b>Parque Vehicular</b>	568 autobuses
<b>Capacidad</b>	autobuses articulados:160 personas
	autobuses biarticulados:240 personas
	autobús 12 metros:100 personas
	autobús doble piso:130 personas
<b>Horario</b>	Lun.-sáb.
	04:30 a 24:00 horas.
	Domingos y días festivos
	05.00-24.00
<b>Tarifa</b>	\$6 (L4 Aeropuerto: \$30)

Fuente: (México, Metrobús, 2018)

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

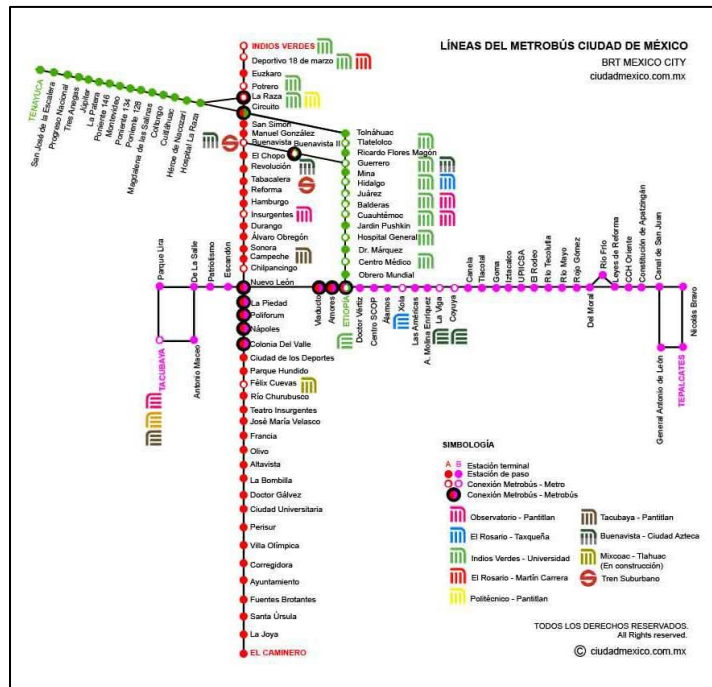


Figura 11 Red de Metrobús (México, Metrobús, 2018)

- ii. **Eco bici:** sistema de transporte urbano individual en bicicletas, operado por una empresa privada (Clear Channel a través de Smartbike) (México, Ecobici, 2018)(Tabla 10 y Figura 12).

Tabla 10 Características de la red Eco bici

Eco bici	
Total de Estaciones	275
Parque Vehicular	4,000 bicicletas
Capacidad	Individual
Horario	Lun.-dom. 06.00-00.00
Tarifa	\$400/año

Fuente: (México, Ecobici, 2018)

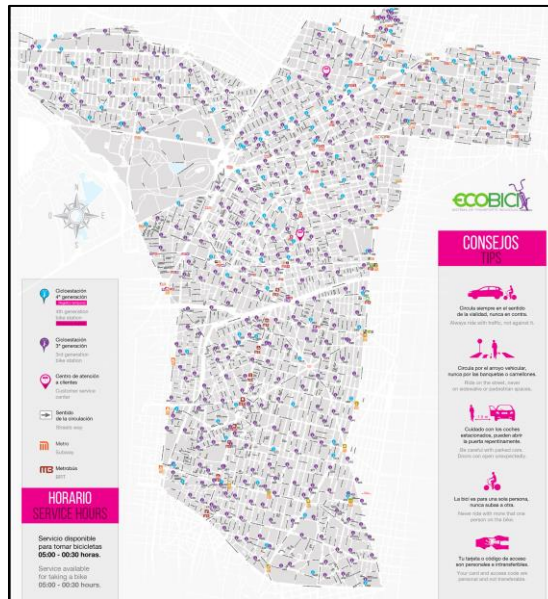


Figura 12 Red de Sistema Eco bici (México, Ecobici, 2018)

### C. Empresas privadas

- i. **Tren Suburbano:** cooperación entre los Gobiernos de la Ciudad de México y del Estado de México, con una participación mayoritaria del sector privado (CAF, empresa española de operación y gestión integral del sistema). Conecta municipios mexiquenses (caracterizados por un fuerte crecimiento demográfico y en área ocupada) con la Ciudad de México (México G. d., Transmexiquense, 2018)(Tabla 11 y Figura 13).

Tabla 11 Características del Tren Suburbano

Tren Suburbano	
<b>Total de rutas</b>	1 Línea
<b>Longitud de la red</b>	27 km
<b>Parque Vehicular</b>	20 vehículos Serie 447 de Renf
<b>Capacidad</b>	460 sentadas 1,816 de pie
<b>Horario</b>	Lun.-vie. 5.00-0.30 Sáb. 6.00-0.30 Dom.7.00-0:30
<b>Tarifa</b>	\$6.5 (0 a 12.8 km) \$15.5(12.9 a 25.6 km)
Fuente: (México G. d., Transmexiquense, 2018)	

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Figura 13 Red de Tren Suburbano  
(México G. d., Transmexiquense, 2018)

- ii. **Mexibús:** Es un servicio concesionado que busca proporcionar un servicio de BRT en zonas densas del Estado de México, conectando los municipios mexiquenses con los modos masivos que sirven a la Ciudad de México (Metro y Suburbano) (México G. d., Transmexiquense, 2018)(Tabla 12 y Figura 14).

Tabla 12 Características del Mexibús

<b>Mexibús</b>	
<b>Total de Rutas</b>	2 Líneas de BRT
<b>Longitud de la Red</b>	34.5 km
<b>Parque Vehicular</b>	117 autobuses
<b>Capacidad</b>	110 personas
<b>Horario</b>	Línea I Lun.-dom. 04.00-01.40
	Línea III lun.-dom. 04.00-24.00
<b>Tarifa</b>	Línea I \$7 / Línea III \$6

Fuente:(México G. d., Transmexiquense, 2018)

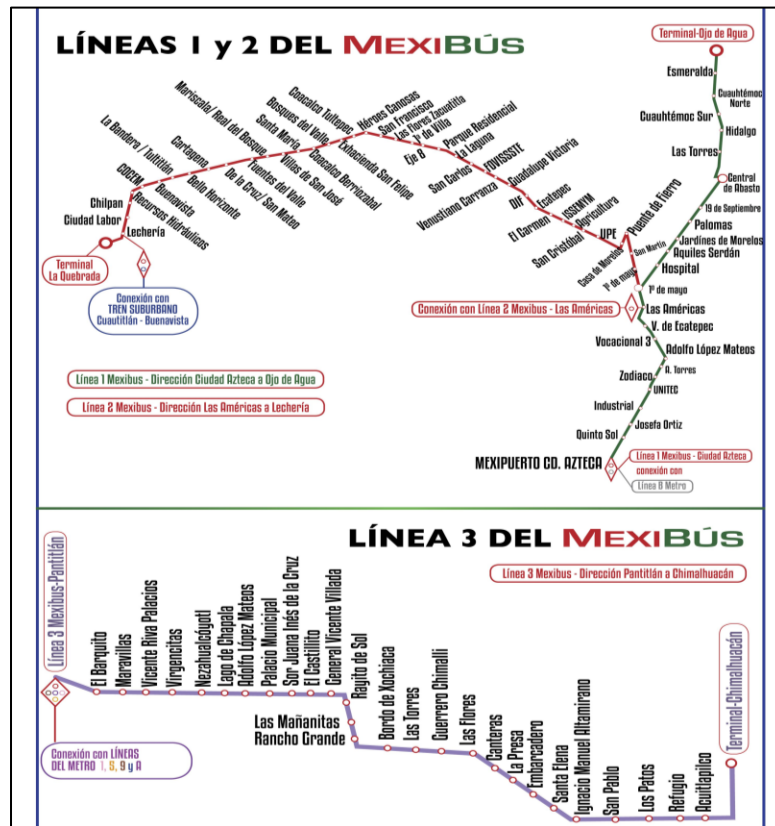


Figura 14 Red de Mexibús  
(México G. d., Transmexiquense, 2018)

- iii. **Concesionados:** modo de transporte con mayor cobertura y el más utilizado en la ZMVM. En la Ciudad de México, operan regularmente 9 empresas concesionarias de autobuses<sup>2</sup>. Por su parte, en el Estado de México, sólo otorga concesiones a personas morales<sup>3</sup>(**Tabla 13**).

Tabla 13 Características del Transporte Concesionado de baja capacidad de la Ciudad de México

Transporte Concesionado de baja capacidad de la Ciudad de México	
Total, de Rutas	114
Longitud de la Red	3,000 km
Parque Vehicular	1197 unidades
Capacidad	Combi: 12 personas
	Micro: 38 personas
Horario	Variable
Tarifa	Entre \$4 y \$6 según la distancia

Fuente: Elaboración propia

<sup>2</sup> Los mapas de la red del transporte público concesionado de la Ciudad de México no existen debido a la variabilidad de las rutas.

<sup>3</sup> Los mapas y características de la red de transporte público concesionado del Estado de México no se encuentran documentados.



## 2.4. Legislación para el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México

La legislación que contempla al Transporte Público de Pasajeros en la ZMVM se encuentra contenida en el Reglamento de la Ley de Movilidad de la Ciudad de México, el cual se publicó el día 15 de septiembre del 2017. La **Tabla 14** muestra una sección de los artículos referentes al Transporte Público de Pasajeros; para la lista completa véase **Anexo1**.

*Tabla 14 Artículos relacionados con el Transporte Público de Pasajeros*

<b>ARTÍCULOS RELACIONADOS CON EL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS</b>	
<b>Artículo</b>	<b>Contenido</b>
<b>DEL COMITÉ DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO</b>	
<b>6</b>	El Comité del Sistema Integrado de Transporte Público es un órgano colegiado de la Secretaría, cuyo objetivo es diseñar, implementar, ejecutar y evaluar la articulación física, operacional, informática, de imagen y del medio de pago del Sistema Integrado de Transporte Público.
<b>7</b>	El Comité del Sistema se integrará con los titulares de los organismos a que se refiere el artículo 78 de la Ley, y se organizará y funcionará de conformidad con lo dispuesto en la Ley, el presente Reglamento y las disposiciones que para tal efecto se emitan.
<b>DEL COMITÉ DE PROMOCIÓN PARA EL FINANCIAMIENTO DEL TRANSPORTE PÚBLICO</b>	
<b>11</b>	El Comité de Promoción para el Financiamiento del Transporte Público, es un órgano colegiado, cuyo objeto es buscar los mecanismos y ejecutar las acciones necesarias para eficientar el servicio de transporte público, así como renovar periódicamente el parque vehicular y la infraestructura del servicio.
<b>DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE PASAJEROS PÚBLICO MASIVO</b>	
<b>47</b>	El servicio público de transporte de pasajeros de tipo masivo forma parte del Sistema Integrado de Transporte Público, y se prestará mediante los siguientes sistemas: I. El Sistema de Transporte Colectivo; II. El Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México; III. Sistema de Movilidad M1, y IV. Otros que establezca el Jefe de Gobierno mediante Decreto.

## 2.5. Generación de contaminantes por el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México

La buena calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se considera un reto importante en materia ambiental, que deben resolver en conjunto, el Gobierno de la Ciudad de México (CDMX), el Gobierno del Estado de México, la municipalidad de Tizayuca Hidalgo y el Gobierno Federal, con apoyo de la población (SMA, 2018).

Debido al proceso de urbanización, a la expansión de la mancha urbana y la población flotante en la CDMX, la necesidad de movilidad de personas, bienes y mercancías ha propiciado un incremento de vehículos que circulan en ella, sin embargo, estos se consideran esenciales para satisfacer las demandas de la población (CONAPO, 2007).

De acuerdo con el Inventario de Emisiones 2016 de la ZMVM (SMA, 2018) las fuentes móviles, es decir el transporte contribuye en las emisiones de la siguiente manera de forma porcentual (**Figura 15**).

Fuente contaminante	Emisiones totales Ciudad de México [t/año]							
	PM10	PM2.5	SO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Fuentes móviles	5,642	2,864	282	242,826	52,437	31,165	28,269	944
Autos particulares	1,097.04	274.07	86.09	64,158.33	10,669.31	10,384.43	9,966.10	311.46
Camionetas SUV	284.82	78.01	27.50	18,551.70	3,977.35	2,960.15	2,823.24	76.06
Taxis	585.26	129.72	41.80	61,736.36	4,902.81	1,019.24	640.43	145.31
Vagonetas y combis	50.24	27.12	2.52	1,535.27	392.53	218.03	182.96	8.21
Microbuses	68.99	47.24	59.11	20,827.26	4,721.53	6,503.29	5,892.46	100.99
Pick up y vehículos de carga hasta 3.8 t	117.58	42.80	9.32	6,208.50	1,256.72	897.74	835.36	25.93
Tractocamiones	1,529.56	1,010.39	11.23	5,584.91	10,359.81	1,179.53	826.55	22.56
Autobuses	1,189.71	863.83	7.97	5,697.40	9,014.21	1,416.58	1,151.76	20.44
Vehículos de carga mayores a 3.8 t.	496.39	280.87	9.89	11,568.46	4,252.24	1,543.77	1,269.70	25.32
Motocicletas	185.31	87.50	26.32	46,846.46	2,680.76	5,008.23	4,661.30	206.75
Metrobuses	36.97	22.13	0.26	111.13	209.85	33.91	19.31	0.86

Figura 15 Contribución porcentual de las emisiones (SMA, 2018)

En la figura anterior podemos observar que en cuanto a fuentes móviles el transporte público de pasajeros en especial las combis y los microbuses se encuentran en cuarto y quinto lugar respectivamente, al analizarlo detenidamente es posible observar las siguientes contribuciones a las emisiones por parte de dicho transporte (**Tabla 15**).

*Tabla 15 Contribución porcentual del transporte de pasajeros en ZMVM respecto a las emisiones*

FUENTE	EMISIONES PORCENTUALES							
	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>	CO	NOX	COT	COV	NH <sub>3</sub>
<b>TRANSPORTE PÚBLICO</b>	1.11	1.45	6.14	7.96	8.39	3.47	3.7	0.74
<b>TOTAL</b>	52.5	55.7	28.1	86.4	86.1	16.1	17.2	6.4

Fuente: Elaboración Propia

Con base en estos datos se observa que la contribución del transporte de pasajeros a la contaminación parece relativamente baja, pero si tomamos en cuenta que existen diversas políticas y legislaciones para el control de emisiones en otros ámbitos, tales como el transporte privado, el transporte de carga y la industria, y dado que los microbuses son el transporte de pasajeros con mayor ocupación en la ZMVM teniendo el 74.1% de los viajes totales en dicha zona resulta evidente la necesidad de generar maneras para disminuir el impacto que el transporte público de pasajeros y en específico las rutas que dan servicio mediante microbuses tiene en el ambiente, ya que con estas contribuciones es posible mejorar la calidad de vida de la urbe la cual va en detrimento con el paso del tiempo.

### 2.5.1. Factores que contribuyen a la generación de contaminantes por parte del transporte público de pasajeros

Al analizar la generación de contaminantes por parte del transporte público de pasajeros se determina la existencia de los siguientes factores que impactan en estos.

A continuación, se enunciarán dichos factores:

- **Infraestructura vial:** La infraestructura vial actual no cuenta con una planeación adecuada para satisfacer los volúmenes de vehículos que por ellas circulan por lo cual esta se ve superada causando congestión.
- **Congestionamiento:** Debido al parque vehicular con la que cuenta la ZMVM existen horarios en los cuales la saturación de la infraestructura vial es inevitable, lo cual genera momentos de aceleración y desaceleración en los motores, los cuales generan gases contaminantes.
- **Semaforización:** en algunos casos la falta de sincronización de los semáforos crea cuellos de botella.

- **Cultura Vial:** La falta de cultura vial tanto de los operadores del transporte público como por parte de los peatones y transporte privado influyen en el flujo de los vehículos.
- **Obstrucción de vías:** Debido a la falta de la cultura vial antes mencionada los usuarios de transporte privado obstruyen las vías del transporte público de pasajeros ocasionando diversas paradas innecesarias.
- **Ciclos de manejo:** Un ciclo de manejo se define como las aceleraciones, desaceleración, tiempos ceros y tiempo en los que el automóvil permanece parado; los cuales generan diferentes porcentajes de emisiones dependiendo del punto del ciclo en el que los vehículos se encuentren.
- **Tiempos ceros:** Los denominados tiempos ceros o tiempos vacío son aquellos en los que el motor continúa encendido y transita a bajas velocidades es decir de 0 a 40 Km/h, este punto del ciclo es aquel en el que se generan la mayor cantidad de contaminantes.

Como es posible observar el transporte tiene gran influencia en el consumo energético, así como en la emisión de contaminantes, en la ZMVM existen diferentes políticas y regulaciones para este, aunque rara vez se considera al transporte público de pasajeros en dichas políticas por lo cual surge la necesidad de buscar alternativas para la optimización de este y con ello la reducción de contaminantes que el transporte público produce. Para propósitos de este trabajo de investigación se parte de la hipótesis que si se reducen los denominados “tiempos ceros” de dicho sector podremos reducir los contaminantes que este emite y tomaremos como caso de estudio la Ruta 36 y en específico el ramal que va de la CETRAM Taxqueña al Glorieta de Vaqueritos, debido a su interconectividad con tres alcaldías de la ZMVM.

### 3. CAPITULO III

## DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: RUTA 36

### 3.1. Historia de la Ruta 36

La Ruta 36 “Lic. Adolfo López Mateos A.C.” es una asociación civil para el transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros en autobuses de ruta fija creada el 13 de julio de 1975 debido a la explosión demográfica de la zona de Xochimilco y su modificación en uso de suelo, de igual manera un factor que contribuyó notablemente a su creación fue la necesidad de acceso y salida para transportarse a las áreas donde se encuentra el trabajo.

La Ruta 36 cuenta con dos ramales (**Tabla 16**), su operación comienza a las 5:20 y finaliza a las 20:00 durante todos los días de la semana y cuenta con un parque vehicular de 342 unidades.

*Tabla 16 Ramales Ruta 36*

<b>Ramal 01</b>	Metro Taxqueña-Deportivo Xochimilco
<b>Ramal 02</b>	Metro Taxqueña - Galeana

**Fuente:** Elaboración propia

Dichos ramales a su vez prestan servicio siguiendo diferentes vialidades, por ejemplo, el ramal 01 puede desviarse hacia Muyuguarda, pero mantiene el mismo origen y destino, además tiene la peculiaridad de contar con una sub-base al cruzar el Glorieta de Vaqueritos.

Finalmente, es importante destacar que su misión es: “Proporcionar a los usuarios en general un servicio de transporte eficiente, donde el usuario vea en el transporte público la comodidad y confianza, a su vez ayudar a la disminución del uso del automóvil particular y así cooperar en el mejoramiento del medio ambiente.”

### 3.2. Características de la Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

La Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos recorre 8 kilómetros desde su origen hasta su primer destino (Glorieta de Vaqueritos).

#### 3.2.1. Características de la infraestructura vial

La Ruta 36, realiza dos corridas una desde la CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos y viceversa ambas recorren el Eje 1 Oriente: Canal de Miramontes el cual es una vialidad primaria y cruza el Anillo Periférico a la altura de la Glorieta de Vaqueritos por medio de Prolongación División del Norte, una de las características a destacar de la ruta es su interconectividad con tres diferentes Alcaldías, la de Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco que se muestran en la **Figura 16**.

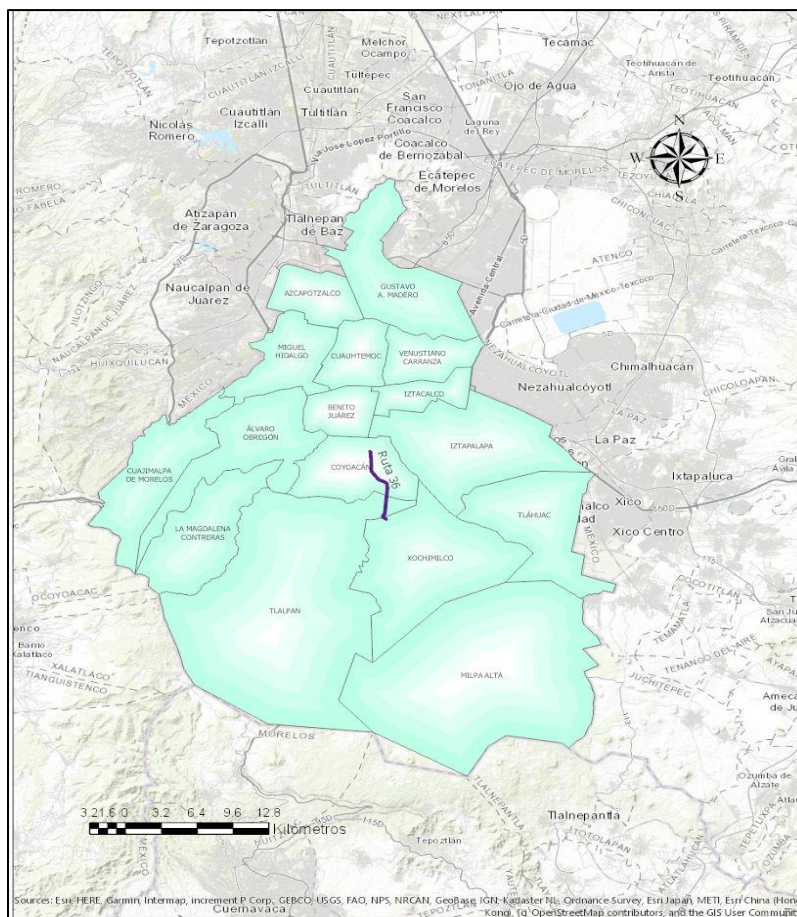


Figura 16 Interconectividad de la vía entre alcaldías.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.2. Vialidad

Las corridas realizadas por la ruta recorren Canal de Miramontes, el cual cuenta con tres carriles en cada una de sus dos direcciones, teniendo cruces con diversas calzadas, avenidas, vialidades secundarias y 3 calles con flujo considerable las cuales se muestran en la **Tabla 17** y **Figura 17**.

*Tabla 17 Cruces en Canal de Miramontes que corresponden a la ruta*

<b>CRUCES</b>		
<b>CALZADAS</b>	Calzada Taxqueña	
	Calzada de la Virgen	
	Heroica Escuela Naval Militar	
	Calzada de las Bombas	
	Calzada del Hueso	
	Calzada las Brujas	
	Calzada Acoxta	
<b>AVENIDAS</b>	Avenida del Parque	
	Avenida Santa Ana	
	Avenida San Lorenzo	
	Avenida División del Norte	
<b>CALLES CON MAYOR FLUJO</b>	Álvaro Gálvez y Fuentes	
	Erasmus Castellanos Quinto	
	Xotepingo	

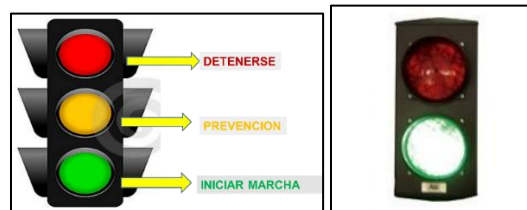
Fuente: Elaboración propia





### 3.2.1.3. Semaforización

La vialidad por donde circula la ruta cuenta con dos tipos de semáforos, los semáforos vehiculares, los cuales tienen por objeto regular el tránsito de vehículos en las intersecciones y las luces de aproximación, que son semáforos sencillos que informan sobre una situación especial en el tránsito, generalmente de prevención (cruce de peatones, escuelas) (**Figura 18**).



*Figura 18 Tipos de semáforos en el Eje 1 Oriente: Canal de Miramontes*

En ambas direcciones (corridas) se cuenta con un total de 17 semáforos en cada una, los cuales se encuentran bien sincronizados, por lo cual la circulación en la vía es fluida si se analiza respecto a este factor.

En las **Figuras 19** y **20** muestran la localización de los semáforos para la corrida CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos y Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña, respectivamente.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

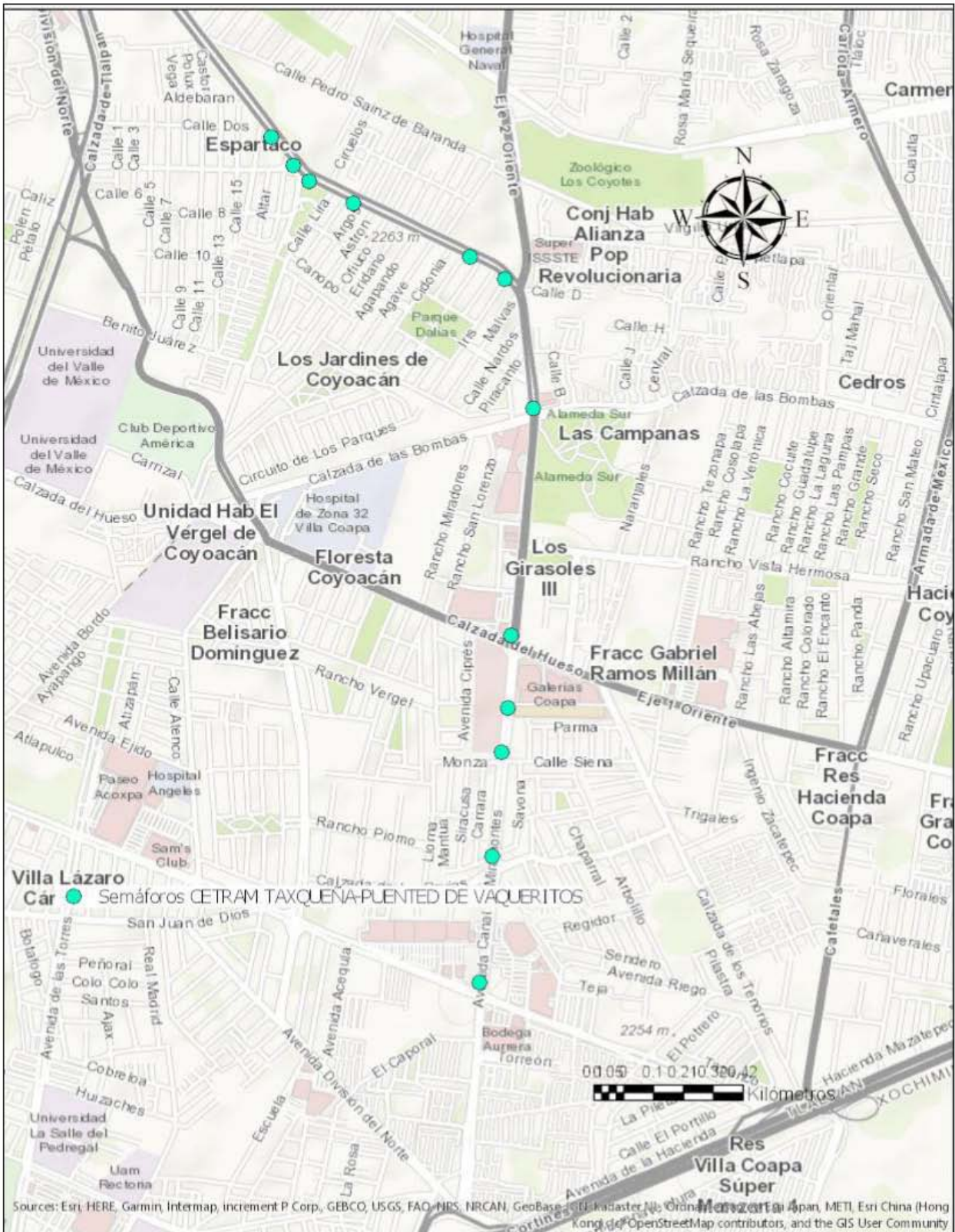


Figura 19 Semaforización CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

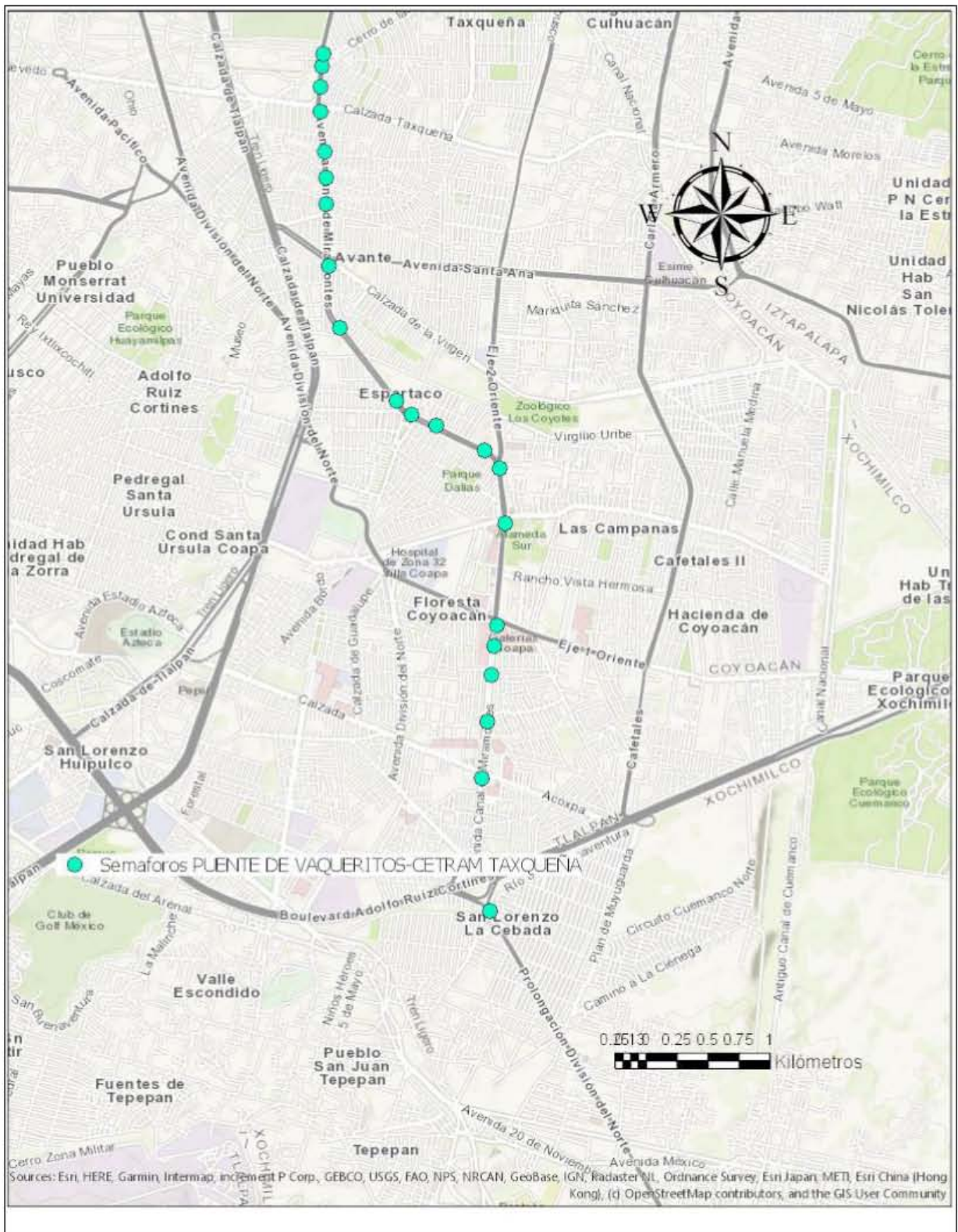


Figura 20 Semaforización Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.4. Señalización

La vialidad cuenta con señalización tanto para el transporte como para los peatones y en específico para el transporte público de pasajeros.

Dichas señalizaciones son las siguientes:

- Para transporte (**Figura 21**):
  - No estacionarse
  - Cruce con intersecciones
  - Velocidad máxima permitida



Figura 21 Señalización para transporte

- Para peatones (**Figura 22**):
  - Cruce peatonal
  - Cruce escolar
  - Prohibición al cruce peatonal



Figura 22 Señalización para peatones

- Para transporte público de pasajeros (**Figura 23**):
  - Prohibición de paradas
  - Ubicación de paraderos



*Figura 23 Señalización para el transporte público de pasajeros*

### 3.2.1.5. Características de las paradas

En la vialidad que recorre la Ruta 36 se tienen paradas establecidas para el ascenso y descenso de pasajeros en sus dos direcciones las cuales se encuentran identificadas mediante parabuses, dichos parabuses se encuentran en la mayoría de los casos antes de las intersecciones y tienen una longitud entre los 20 y los 32 metros. La **Figura 24** muestra una ejemplificación de los parabuses existentes.



*Figura 24 Parabuses en Calzada de Miramontes*

Dichos parabuses se encuentran localizados a lo largo de toda la vialidad, en las **Tabla 18** y

Tabla 19 se muestran los nombres de dichos parabuses y su localización geográfica se encuentra representada en las **Figuras 25** y **26**.

*Tabla 18 Nombre de las paradas en Dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos*

<b>DIRECCIÓN CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS</b>
<b>Canal de Miramontes -Calzada Taxqueña</b>
<b>Canal de Miramontes- C. Teponaxtle</b>
<b>Canal de Miramontes -Dr. Gálvez</b>
<b>Canal de Miramontes -Retorno 8</b>
<b>Canal de Miramontes -Erasmus Castellanos</b>
<b>Canal de Miramontes -Calzada de la Virgen</b>
<b>Canal de Miramontes -Xotepingo</b>
<b>Canal de Miramontes -Calle 9</b>
<b>Canal de Miramontes -Sin nombre</b>
<b>Canal de Miramontes -Calzada Las Bombas</b>
<b>Canal de Miramontes -Rancho Mante</b>
<b>Canal de Miramontes -Calzada del Hueso</b>
<b>Canal de Miramontes -Coaplaza</b>
<b>Canal de Miramontes -Calzada Acoxta</b>
<b>Canal de Miramontes -El Cántaro</b>
<b>Canal de Miramontes -V. Carreta</b>
<b>Canal de Miramontes -Plaza Xochimilco</b>

Fuente: Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

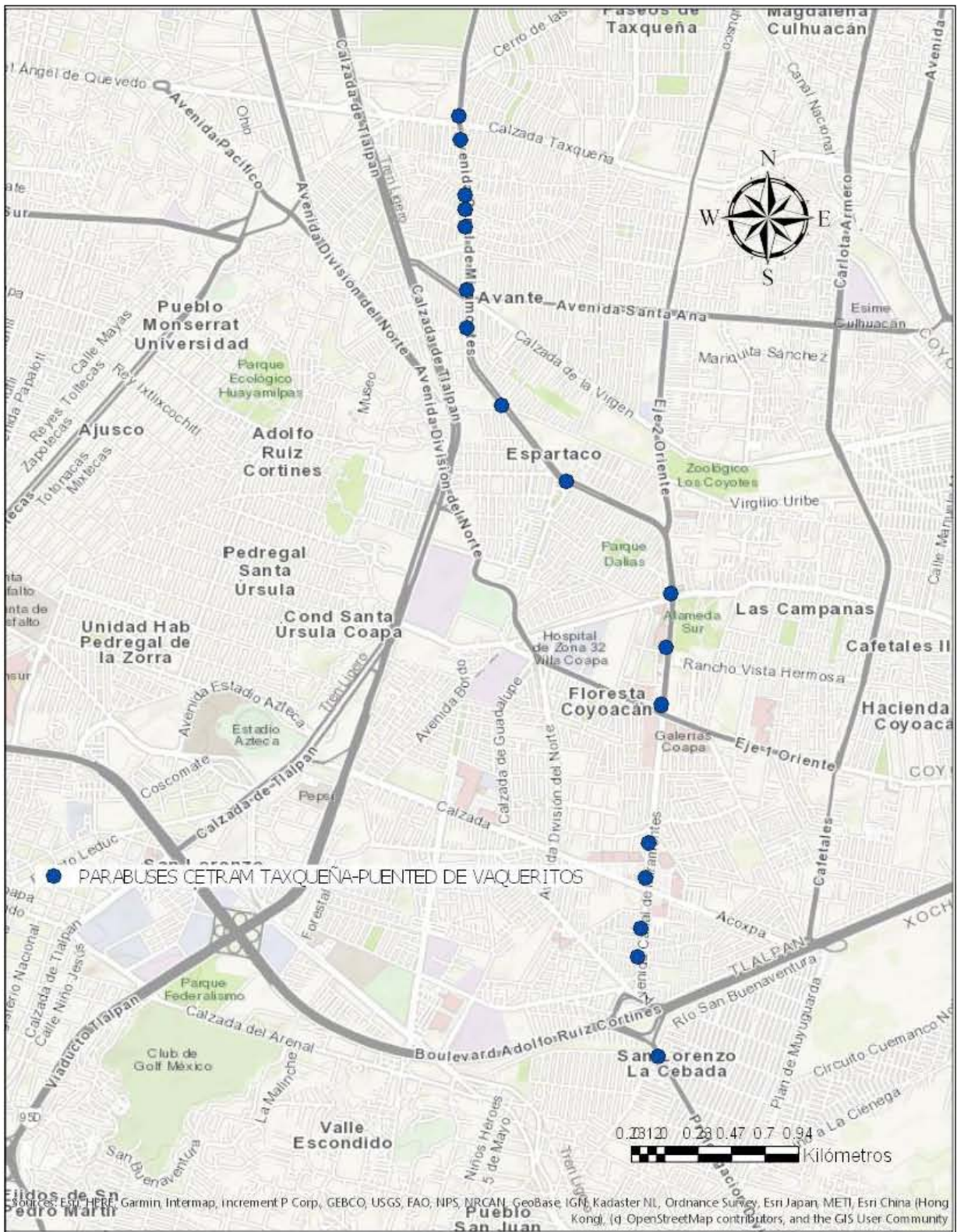


Figura 25 Localización de las paradas en Dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 19 Nombre de las paradas en Dirección Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña*

<b>DIRECCIÓN GLORIETA DE VAQUERITOS- CETRAM TAXQUEÑA</b>
<b>Canal de Miramontes -Bosques</b>
<b>Canal de Miramontes- Coaplaza</b>
<b>Canal de Miramontes -Abrevadero</b>
<b>Canal de Miramontes -Parma</b>
<b>Canal de Miramontes - Calzada del Hueso</b>
<b>Canal de Miramontes -Vista Hermosa</b>
<b>Canal de Miramontes -Alameda Sur</b>
<b>Canal de Miramontes - Calzada las Bombas</b>
<b>Canal de Miramontes -C. La Salud</b>
<b>Canal de Miramontes -Walmart</b>
<b>Canal de Miramontes -Ciruelos</b>
<b>Canal de Miramontes -Gigante</b>
<b>Canal de Miramontes -Sainz Barada</b>
<b>Canal de Miramontes -Retorno 50</b>
<b>Canal de Miramontes -M.H. Pulido</b>
<b>Canal de Miramontes -V Calzada Taxqueña</b>

Fuente: Elaboración propia



Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

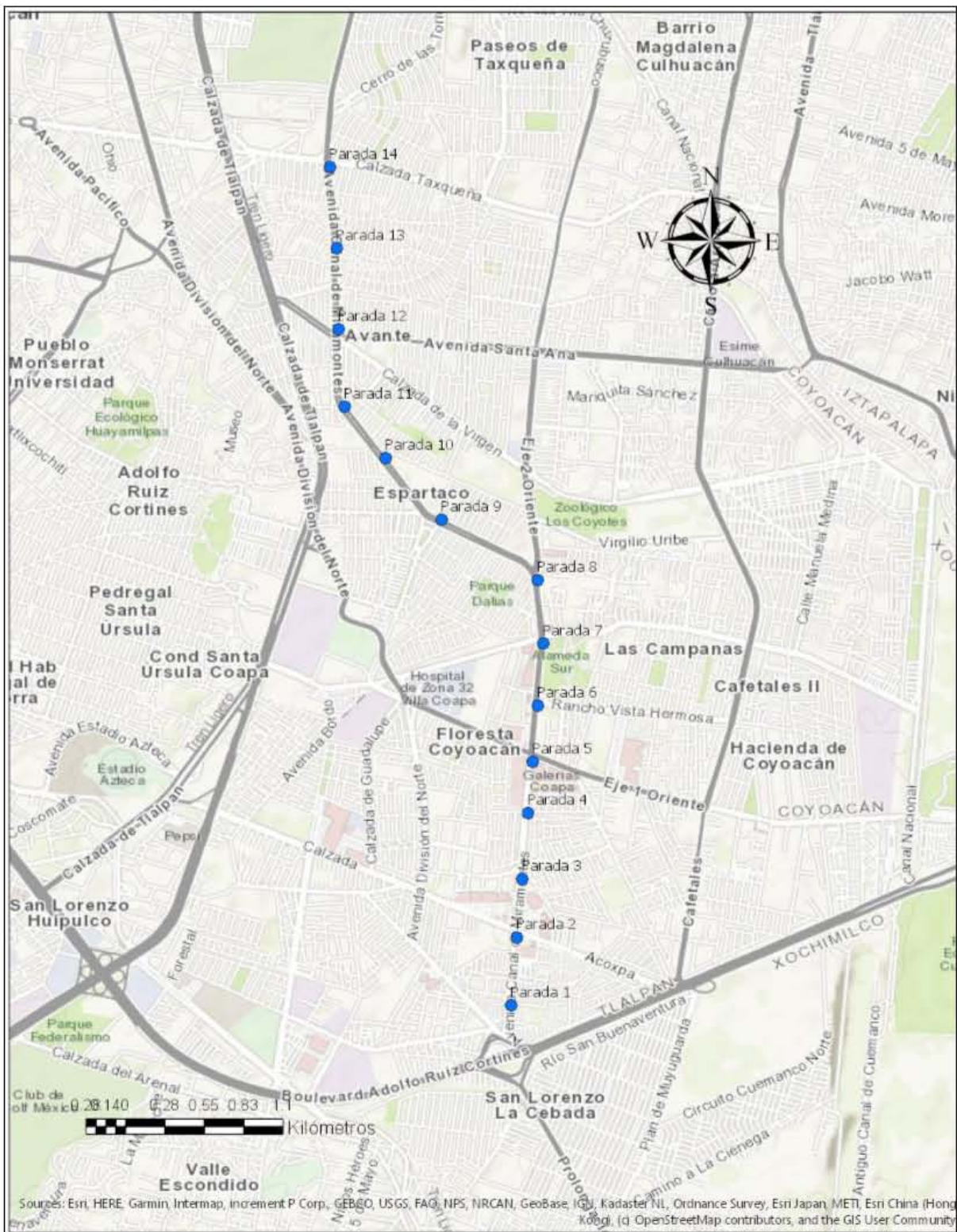


Figura 26 Localización de las paradas en Dirección Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Características operacionales

#### 3.2.2.1. Características de las unidades de transporte

La ruta cuenta con 63 unidades de las cuales solo transitan 50 por día, los 13 restantes se encuentran en reparación, están sujetas a cambio o no prestan servicio determinado día (día de descanso). Estas unidades utilizan como fuente de energía gas natural y su capacidad es de 45 personas. Es importante recalcar que las unidades tienen entre 20-25 años de antigüedad, aunque en la mayoría de los casos el motor de dichas unidades ya ha sido remplazado y no tiene una antigüedad mayor a 10 años; las unidades reciben mantenimiento de manera recurrente, sin embargo, en la mayoría de los casos este es correctivo.

#### 3.2.2.2. Características de los operadores

Los operadores de la ruta tienen edades muy variadas, que van de los 18 a los 45 años y cuentan con una Licencia de tipo "C" para operadores del servicio de transporte público de pasajeros.

Los operadores de esta ruta cuentan con un reglamento interno sobre cómo actuar, cuyos puntos clave se enumeran a continuación:

#### GENERALIDADES

- Debido a la importancia de tu trabajo, es relevante que mantengan la concentración en las tareas que desempeñas, pues tienes una gran responsabilidad al trasladar vidas humanas.
- Deben evitar distraerse escuchando el radio, fumando, platicando, comiendo y con otros distractores.
- No pueden cargar combustible con los pasajeros/as a bordo.
- Las exigencias que hay en la vialidad y en el entorno urbano, en algún momento se pueden convertir en distractores y ser causantes de accidentes. Por ello, evita fisgonear e indagar qué sucede alrededor.
- Una práctica de seguridad vial que debes realizar en todo momento es guardar la distancia correcta, ya que la distancia de frenado, en caso de ser necesaria, varía de acuerdo con las condiciones del pavimento, de las llantas y a la pericia que se tiene como conductor/a.
- De acuerdo con el Reglamento de Tránsito, las unidades de transporte público deben circular por el carril de la extrema derecha. Utilizar los otros carriles sólo para rebasar, evitando cambios de carril innecesarios.

- En todo momento cuida a los peatones y a los ciclistas. Ellos tienen el derecho de paso.
- Deben cuida su aseo personal e higiene, procurando estar limpio/a físicamente y de la ropa, y en caso de tener uniforme, úsalo diariamente.
- Deben mantener la unidad limpia. Es agradable para los usuarios y además estimula a conservarlo en ese estado.

#### PARA ASCENSO Y DESCENSO DEL PASAJE

- Siempre deben pararse en lugares permitidos. Letreros, marcas en el pavimento y el sentido común te dirán si te puedes estacionar. Si se paran donde no debes, puedes ocasionar un accidente y ser multado.
- Al ascender pasaje  
Deben detenerse sólo en el carril de la extrema derecha,  
Encender tus direccionales o intermitentes,  
Abrir las puertas para ascenso sólo cuando estés en alto total,  
Recibir al pasajero/a cortésmente,  
Deben mirar por los espejos,  
Cerrar las puertas,  
Al arrancar, deben asegurarse de que puedes hacerlo sin riesgo.
- Al descender pasaje  
Deben detenerse sólo en el carril de la extrema derecha,  
Abrir las puertas para descenso sólo cuando estés en alto total,  
Mirar los espejos asegurándote que han descendido de la unidad,  
Cerrar las puertas,  
Iniciar la marcha.

#### SOBRE LA INSPECCIÓN DE LA UNIDAD.

- Realizar una inspección diaria de tu vehículo te brinda seguridad al conducir, también ayuda a mantener en mejores condiciones la unidad, lo que puede prevenir accidentes y gastos económicos mayores. Revisa la lista de verificación básica que se presenta a continuación (**Tabla 20**):

Tabla 20 Lista de revisión para los operadores de la Ruta 36

ELEMENTO	OBSERVACIONES
Verifica la presión y el estado general de los neumáticos	
Verifica el nivel de aceite del motor.	
Checa el nivel de líquido refrigerante o anticongelante.	
Revisa el nivel de aceite de la dirección hidráulica.	
Limpia el interior y el exterior de la unidad.	
Detecta fugas de agua, aire, aceite y gasolina o diésel.	
Comprueba el funcionamiento de las luces.	
Ajusta los espejos retrovisores.	
Checa las mangueras, cables y conexiones.	
Revisa el pedal del freno.	
Revisa el pedal de aceleración.	
Verifica el estado de la llanta de refacción.	

Fuente: Elaboración propia

Como es posible observar los operadores de la Ruta 36 cuentan con una capacitación por parte de los administradores de la ruta al igual que con un reglamento interno por lo cual es posible asumir que dichos operadores tienen las capacidades necesarias para conducir el transporte público para el cual se encuentran contratados.

### 3.2.2.3. Características de los usuarios

Los usuarios de la Ruta 36 la utilizan para realizar los viajes a las zonas generadoras de empleo de la ciudad y como medio de transporte para regresar a sus viviendas. La vialidad por la que esta transita cuenta con un gran número de entronques por lo cual sus usuarios la utilizan también como una forma de llegar al punto donde cambiarán de ruta, de igual manera debido a que dicha vialidad cuenta con un gran número de comercios es atractora de viajes tanto para trabajo como para recreación. En la periferia de la vialidad existen un gran número de escuelas las cuales generan viajes tanto de ida como de vuelta; el que dicha ruta parta de un Centro de Transferencia Modal implica que la gama de usuarios es muy variada.

Por lo tanto, se puede decir que los usuarios que utilizan dicha ruta tienen como motivos para la realización de su viaje, ya sea como modo de transferencia hacia otra ruta o modo de transporte, para trasladarse a las áreas escolares o con fines recreativos, debido a dicha situación los usuarios de la ruta son de diferentes edades.

## 4. CAPITULO IV

### DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DE LA RUTA 36: CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS

Se realizó un análisis cualitativo para detectar las problemáticas con las que se enfrenta la Ruta el cual se llevó a cabo mediante entrevistas a la administración, a los operadores, a usuarios y a los checadores y otra información se recabó mediante observación directa.

La Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos cuenta con diversas áreas de oportunidad con las cuales se pueden desarrollar estrategias de mejora, por lo cual es necesario observar y puntualizar que la problemática en dicha ruta no es generada únicamente por un factor sino por una serie de estos, los cuales se desarrollarán a continuación.

#### 4.1. Problemática de las unidades de transporte

Las unidades utilizadas por la Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos, cuenta con 36 unidades en específico para este ramal las cuales son de diversas marcas y modelos y todas ellas operan con motor de gas natural, cabe señalar que la mayoría de las unidades tienen más de 20 años de vida útil y que aunque se les da mantenimiento correctivo este resulta ser insuficiente debido al uso intensivo que tienen; el mantenimiento preventivo que necesitan es inexistente ya que resulta complejo proveerlo debido a la demanda con la que cuenta la ruta y su número de unidades. De igual manera es importante mencionar que dichas unidades cuentan con una capacidad de 45 personas, el cual en la mayoría de las ocasiones se ve rebasada.

Todo esto deriva en que las condiciones de las unidades no son las óptimas, y aunque cuentan con sus verificaciones, los motores de éstas se desgastan de manera rápida ocasionando una combustión incorrecta lo cual genera un aumento en las emisiones contaminantes debido a su uso desmedido.

#### 4.2. Problemática de la infraestructura

La Ruta 36 parte del CETRAM Taxqueña, el cual fue creado en 1970 y cuenta con una superficie de aproximadamente 44,032 m<sup>2</sup> y ocupa el 4° lugar entre los CETRAM con mayor afluencia de la CDMX, la falta de mantenimiento en todas las áreas operativas del CETRAM

es evidente ya que muestra signos de desgaste y malas condiciones ocasionadas por los vehículos de servicio público (México G. d., CETRAM, 2018).

Esto impacta directamente en la ruta, debido a que la carpeta asfáltica dentro de dicho CETRAM se encuentra deteriorada haciendo que las unidades tengan que evadir baches en la vía de salida, aunado a esto la demanda que esta tiene ha rebasado su infraestructura, por lo cual las maniobras que los operarios y unidades deben realizar para llegar a su punto de partida resultan complejas.

Al salir del CETRAM la ruta continua por la vialidad primaria Canal de Miramontes que se encuentra parcialmente en buen estado ya que existen zonas en donde la carpeta asfáltica está desgastada y/o con baches, lo cual impacta en las condiciones de las unidades que por ella transitan.

Respecto a la infraestructura propia del transporte público de pasajeros, existen paradas establecidas (parabús) sobre dicha vía, aunque no son específicas para la ruta en cuestión, inclusive existen secciones de la vialidad en los que dichos parabuses se encuentran a tan solo 99 metros y otras en los que son inexistentes dejando una gran cantidad de usuarios sin servicio de transporte, de igual forma resulta pertinente mencionar que dicha infraestructura se encuentra es su mayor parte en desuso porque los puntos de mayor demanda no coinciden con dicha paradas debido a los cambios en los flujos de pasajeros y usos de suelo atreves de los años. Dichos parabuses no han sido sujetos a restructuración o monitoreo de ningún tipo, siendo esto tan representativo que incluso existe el parabus nombrado Canal de Miramontes -Gigante, aunque dicha tienda de autoservicio dejó dar servicio en el año 2007. En la **Tabla 21** se muestra la distancia entre los parabuses y en la **Tabla 22** se muestran la media, máximo, mínimo y desviación estándar de dichas distancias.

Tabla 21 Distancia entre parabuses

CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS	GLORIETA DE VAQUERITOS- CETRAM TAXQUEÑA
166.37	1,310.53
388.71	199.52
99.62	601.07
121.76	177.42
442.90	410.78
265.67	278.52
589.62	166.37
684.07	399.75
1,048.23	328.65
377.68	403.83
399.75	403.94
966.71	286.89
244.43	284.48
355.62	913.76
200.35	831.88
710.64	528.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Media, máximos, mínimos y desviación de distancias en parabuses

	CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS	GLORIETA DE VAQUERITOS- CETRAM TAXQUEÑA
<b>Media</b>	441.3885494	470.393849
<b>Máximo</b>	1,048.23472	1,310.53515
<b>Mínimo</b>	99.62651	166.37597
<b>Desviación</b>	287.040101	310.670131

Fuente: Elaboración propia

Esto resulta relevante ya que Molinero en el libro “Transporte Público. Planeación, Diseño, Operación y Administración.” Indica que las paradas establecidas para transporte público de pasajeros en la zona urbana deben de encontrarse en un intervalo de distancia que oscila entre los 400 y 800 metros.

Otra consideración importante son los cruces con vialidades con gran afluencia de vehículos, es posible observar que los puntos con mayor congestionamiento son exactamente en los cruces con cinco vialidades claves las cuales se muestran en la **Figura 27**, cabe mencionar que la semaforización en dichos puntos se encuentra establecida y sincronizada correctamente por lo cual el congestionamiento no se debe a este factor.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

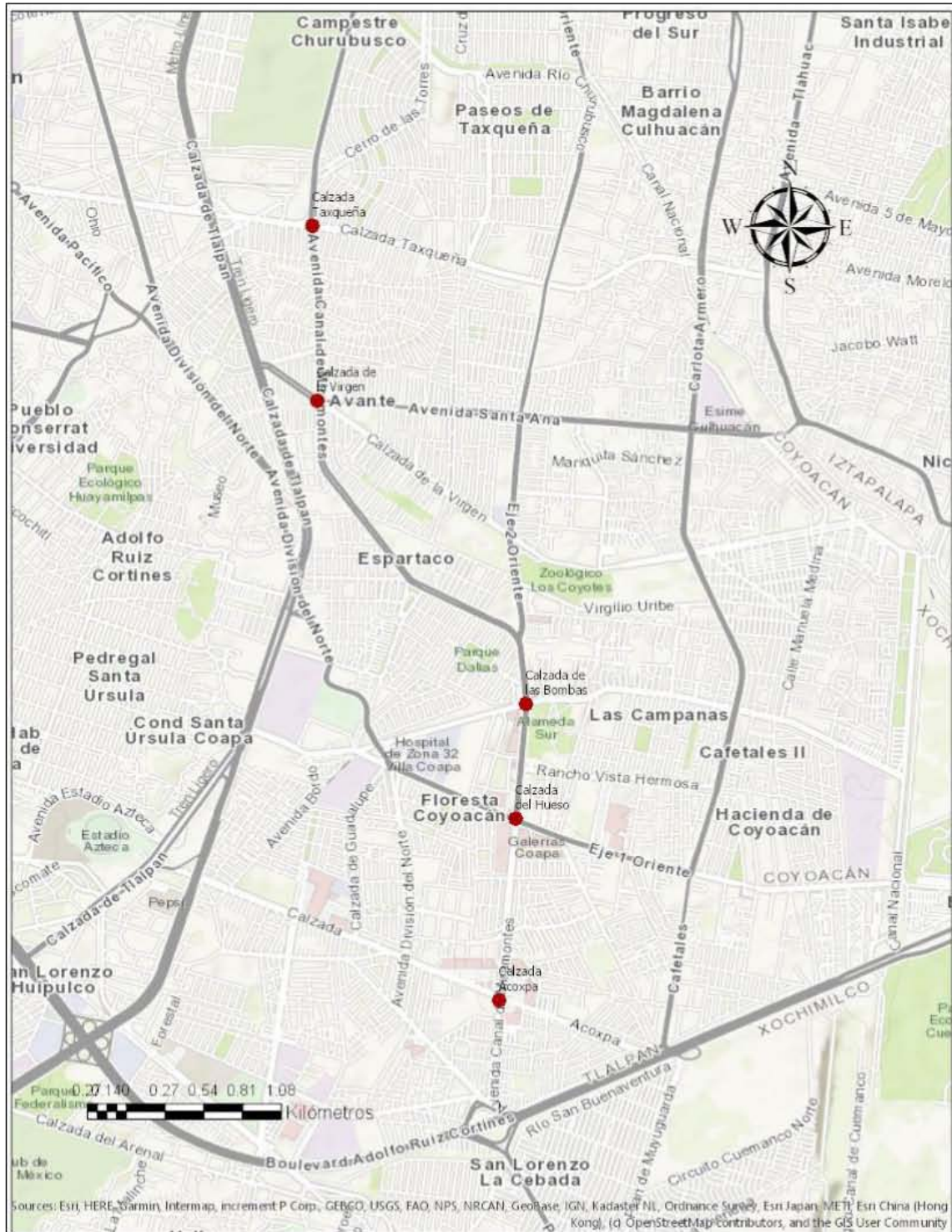


Figura 27 Puntos de Congestionamiento

Fuente: Elaboración propia

Es importante recalcar que el transporte público de pasajeros en dicha vialidad no cuenta con un carril exclusivo lo que genera otro factor de impacto directo que afecta su operación.



#### 4.3. Problemática de los usuarios

En cuanto a los usuarios de la Ruta 36 es importante destacar que, aunque existen las paradas establecidas mediante el parabus existen, la mayoría de los usuarios no las utilizan, originando en paradas aleatorias en cualquier punto del trayecto, dándose incluso en los cruces con algunas otras vialidades y en algunos casos el ascenso y descenso de pasajeros no se realiza en el carril de extrema derecha, sino en carriles centrales.

De igual forma los usuarios solicitan tanto el ascenso como el descenso de manera continua sin tomar en cuenta que la unidad realizó una parada con anterioridad a escasos metros de donde estos la solicitan nuevamente; inclusive existen ocasiones en que la unidad se encuentra detenida por congestión y/o semáforo, situación en la cual el usuario podría realizar su ascenso o descenso. Sin embargo, no lo realizan ocasionando nuevamente una parada innecesaria de la unidad; de igual forma los usuarios no respetan la señalización en la que se prohíben dichas maniobras e incluso se realizan con la unidad en movimiento.

#### 4.4. Problemática de terceros

En cuanto a la problemática originada por parte de terceros, los cuales nombraremos para este caso el transporte privado y los peatones, podemos observar que para el primer caso; el transporte privado es posible observar que la no contar con un carril exclusivo para transporte público (el carril de extrema derecha que es generalmente utilizado por este para el ascenso y descenso de pasajeros) se ve invadido por autos particulares (transporte privado) los cuales lo utilizan para estacionarse sin importar que dicha vialidad sea una primaria, lo que ocasiona maniobras innecesarias por parte de los operadores de la ruta las cuales derivan en accidentes.

Por otra parte, debido a los múltiples cruces con los que cuenta la vialidad, el transporte privado utiliza el carril de extrema derecha para incorporarse a las diversas vialidades ocasionando congestión en dicho carril.

Respecto al segundo caso, es decir, los peatones, existe una clara falta de respeto a las señalizaciones y semaforización ya que estos cruzan las vialidades de manera arbitraria sin importar si existen Glorietas dedicados a su paso o cruces peatonales ocasionando en diversas ocasiones el paro de las unidades para cederles el paso.

#### 4.5. Problemática de los operadores de las unidades de transporte

Los operadores de la Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos, reciben capacitación , pero debido a factores como los mencionados en los apartados 4.2 - 4.4, buscan alternativas para soslayar el congestionamiento ocasionado en el carril de extrema derecha por parte del transporte privado invadiendo los carriles centrales de la vialidad e incluso llegando a transitar por el carril de extrema izquierda en el cual ascienden y descienden pasajeros y/o cruzando de dicho carril al carril de extrema derecha de manera súbita para lograr su operación.

En cuanto a la invasión del carril por autos estacionados los operadores deben invadir el segundo carril para continuar con su operación de manera regular intentando minimizar la afectación que este tiene sobre ellos.

Los operadores de la ruta al no contar con paradas establecidas realizan los ascensos y descensos con base en la solicitud de los usuarios, e inclusive existen casos en los que el operador busca minimizar su número de paradas, pero el usuario se muestra descontento e incluso ofensivo por lo cual los operadores han optado por satisfacer las exigencias de éste.

Al observar dichas problemáticas resulta evidente la necesidad de optimizar la operación la Ruta 36, y de esta forma minimizar su impacto ambiental.

## 5. CAPÍTULO V

### DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO DE LA RUTA 36: CETRAM TAXQUEÑA-GLORIETA DE VAQUERITOS

Para el diagnóstico cuantitativo de la Ruta 36 se siguió la siguiente metodología.

1. Recolección de datos: Utilizando un formato de muestreo para el tipo de parada/afluencia y los softwares Oruxmaps y GPS test para la grabación geográfica de los recorridos y la precisión del posicionamiento GPS respectivamente.
2. Tratamiento de los datos: Utilizando el software Excel en el cual se capturaron los datos sobre paradas/afluencia y el software Routeconverter para convertir los datos de Oruxmaps a un formato compatible para asociar los datos, creando de esta manera una tabla única con todas las variables necesarias para su análisis.
3. Diagnóstico de la Ruta 36: Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos estadísticos necesarios donde se observa el comportamiento de la Ruta 36; los mapas presentados en el diagnóstico fueron realizados en el software ArcGis Pro.

#### 5.1. Recolección de datos

Para la recolección de datos se determinaron la velocidad, tipo de parada y la coordenada de la misma, así como el número de usuarios por parada como las variables de interés, ya que con ellas se determinaron los porcentajes por tipo de parada que se realizan, el número de personas que la ocupan, y el porcentaje en tiempo que las unidades pasan en los denominados tiempos ceros. Al obtener dicha información fue posible determinar los puntos de mayor demanda y crear zonas de cobertura para delimitar paradas establecidas, optimizando de esta forma la operatividad de la ruta y minimizando los tiempos ceros.

Dicha recolección se llevó a cabo de Lunes a Domingo en tres diferentes horarios, los cuales son considerados horas picos para el uso de dicha ruta y vialidad; estos horarios fueron determinados con base en la encuesta origen destino así como por pláticas con los checadores y operadores de la ruta, los cuales indicaban que los horarios con mayor afluencia y congestionamiento son los siguientes: de 7:00 a 9:00 horas, de 14:00 a 16:00 horas y de 18:00 a 20:00 horas., llevando a cabo dos observaciones por horario es decir se realizaron un total de 42 observaciones (corridos en ruta),31 en dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos y 31 en dirección Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña respectivamente.

Para el registro de las variables tipo de parada y número de usuarios se utilizó el formato mostrado en la **Figura 28** el cual se llenó a mano utilizando la nomenclatura mostrada en

la **Tabla 23** y que se utiliza en este trabajo de investigación ; en cuanto a las coordenadas geográficas, velocidades, tiempo en paradas y kilómetros se utilizó el software Oruxmaps (**Figura 29, Anexo 2**) el cual permite visualizar coordenadas geográficas y guardar las características de estos en formato .gpx y kml; dicho software fue configurado para que los puntos de geolocalización de los tracks (recorridos) se guardaran por segundo contando de esta manera con la mayor precisión posible, aunado a este software se utilizó el software GPS Test (**Figura 30**) con el cual se mide la precisión de las mediciones de las coordenadas gps.

Tabla 23 Nomenclatura de muestreo

TIPO DE PARADA	NOMECLATURA
Parada establecida	PE
Parada por congestiónamiento	C
Parada por semáforo	S
Parada no establecida	X

Fuente: Elaboración propia

FECHA:				APLICADOR:		
MUESTREO DE RUTA:						
HORA DE INICIO:				HORA DE TERMINO:		
	DEMANDA			DEMANDA		
NÚMERO DE PARADA	ENTRADAS	SALIDAS		NÚMERO DE PARADA	ENTRADAS	SALIDAS
1				36		
2				37		
3				38		
4				39		
5				40		
6				41		
7				42		
8				43		
9				44		
10				45		
11				46		
12				47		
13				48		
14				49		
15				50		

Figura 28 Formato de muestreo de tipo de parada y número de usuarios

Fuente: Elaboración propia



Figura 29 Oruxmaps

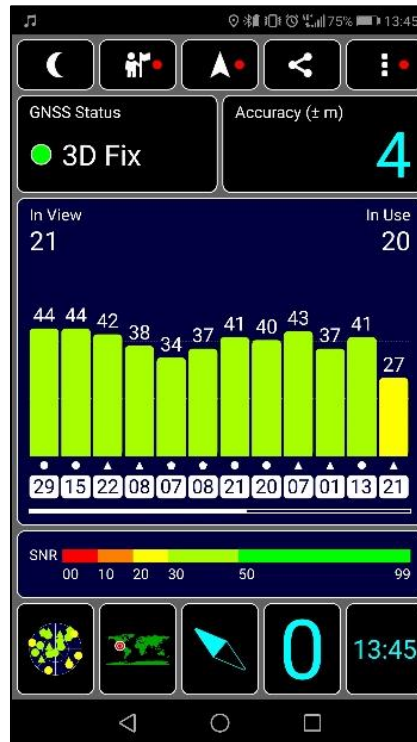


Figura 30 GPS tes

## 5.2. Tratamiento de los datos

Contando con dichos datos se procedió al tratamiento de estos, el primer paso fue su captura los cuales fueron registrados en el formato de muestreo antes mencionado el cual fue realizada en Microsoft Excel y se ejemplifica en la **Figura 31**, posteriormente se guardaron los datos generados por medio de Oruxmaps dividiéndolos en carpetas por día debido a que los archivos manejan una extensión kml y .gpx fue necesario utilizar el software Routeconverter (**Figura 32**) para obtener la tabla de atributos de cada track (recorrido) las cuales fueron guardadas en formato .csv para su manejo; véase **Anexo 3** y el mapa que este genera los cuales se muestran en las **Figuras 33** y **34** respectivamente.

HORA INICIO	07:42	HORA TERMINO	08:43		
RUTA 36 PARADERO PUENTE DE VAQUERITOS-CETRAM TAXQUEÑA					
NÚMERO DE PARADA	TIPO DE PARADA	ENTRADAS	SALIDAS	OBSERVACIONES	TOTAL
1	X	3	1		4
2	X	7	0		7
3	X	6	1		7
4	C	0	0		0
5	C	0	0		0
6	X	4	0		4
7	S	0	0		0
8	PE	0	1	ABREVADERO	1
9	X	4	0		4
10	PE	2	2	PARMA	4
11	C	0	0		0
12	PE	0	3	HUESO	3
13	S	0	0	14:55	0
14	X	8	0		8
15	C	0	0		0
16	X	4	1		5
17	C	0	0		0
18	C	0	0		0

Figura 31 Ejemplificación de la captura de datos

Fuente: Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Figura 32 Logo Routeconverter

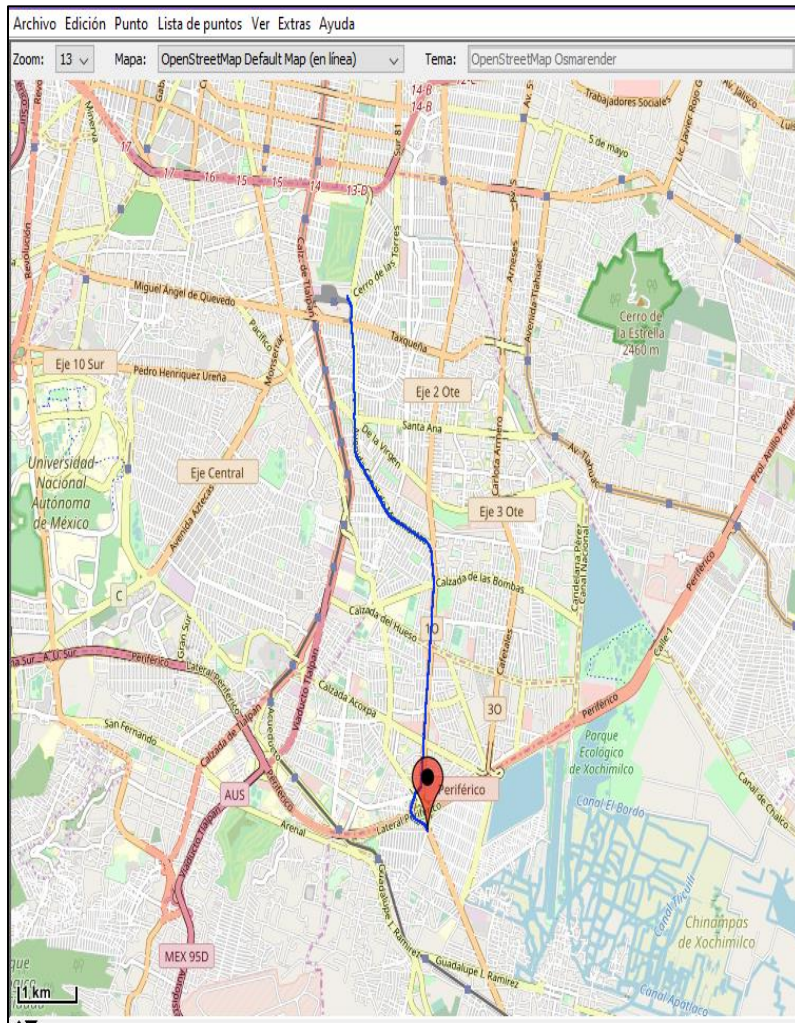


Figura 33 Mapa de Routeconverter

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

Convertir		Explorar	
Formato:	GPS Exchange Format 1.1 (*.gpx)		
Contenido:	1 itinerario (track);		
Lista de puntos:	2018-10-08 07:10 (Itinerario (Track))		
Número de puntos:	1561	Longitud: 7823 m	Duración: 00:26:00
	Ascendente: 251 m	Descendente: 251 m	
		Tipo: Itinerario (Track)	
Descripción	Hora	Velocidad	Diferenc... Latitud
Position 1	07:10:23 AM		19.3441922
Position 2	07:10:24 AM	5.4 km/h	19.3441794
Position 3	07:10:25 AM	1.8 km/h	19.3441752
Position 4	07:10:26 AM	0.7 km/h	19.3441736
Position 5	07:10:27 AM	3.6 km/h	19.344167
Position 6	07:10:28 AM	0.7 km/h	19.3441664
Position 7	07:10:29 AM	0.7 km/h	19.3441669
Position 8	07:10:30 AM	1.1 km/h	19.3441664
Position 9	07:10:31 AM	4.7 km/h	19.3441558
Position 10	07:10:32 AM	0.4 km/h	19.3441566
Position 11	07:10:33 AM	1.4 km/h	19.344153
Position 12	07:10:34 AM	1.8 km/h	19.344149
Position 13	07:10:35 AM	0.7 km/h	19.3441473
Position 14	07:10:36 AM	2.2 km/h	19.3441418
Position 15	07:10:37 AM	2.2 km/h	19.3441393
Position 16	07:10:38 AM	1.4 km/h	19.3441365
Position 17	07:10:39 AM	0.4 km/h	19.3441362
Position 18	07:10:40 AM	1.4 km/h	19.3441352
Position 19	07:10:41 AM	0.7 km/h	19.3441356
Position 20	07:10:42 AM	1.1 km/h	19.3441342
Position 21	07:10:43 AM	0.4 km/h	19.3441349
Position 22	07:10:44 AM	0.7 km/h	19.3441362
Position 23	07:10:45 AM	0.0 km/h	19.3441364
Position 24	07:10:46 AM	0.4 km/h	19.3441364
Position 25	07:10:47 AM	0.4 km/h	19.3441362
Position 26	07:10:48 AM	0.4 km/h	19.344135
Position 27	07:10:49 AM	0.7 km/h	19.3441369
Position 28	07:10:50 AM	0.7 km/h	19.3441358
Position 29	07:10:51 AM	0.4 km/h	19.3441354
Position 30	07:10:52 AM	0.0 km/h	19.3441352

Figura 34 Tabla de Atributos Routeconverter



Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

En este punto del tratamiento de los datos se cuenta con dos tablas independientes por cada track, por lo cual es necesario unir las para la creación de una sola tabla por cada uno de estos la cual se muestra en la **Tabla 24**.

Una vez realizada la **Tabla 24** es posible realizar el análisis de los datos cuya finalidad es la identificación de la demanda por paradas y su posicionamiento geográfico, así como la información con respecto a la cantidad de tiempos ceros que se presentan en la Ruta 36, esto con la finalidad de proponer paradas establecidas que ayuden a minimizar los tiempos ceros y su impacto ambiental.

Tabla 24 Tabla conjunta de datos

1	PUNTO	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	VELOCIDAD ( km/h)	DISTANCIA (m)	DISTANCIA TOTAL (m)	TIPO DE PARADA	AFLUENCIA
2	1	08/10/2018	07:11:26	19.344129	99.138121	1.1	0.3	10.7	-	-
3	2	08/10/2018	07:11:27	19.344119	99.138125	4	1.1	11.8	-	-
4	3	08/10/2018	07:11:28	19.344107	99.138128	5	1.4	13.2	-	-
5	4	08/10/2018	07:11:29	19.34409	99.138128	6.8	1.9	15.1	-	-
6	5	08/10/2018	07:11:30	19.344065	99.138127	10.1	2.8	17.9	-	-
7	6	08/10/2018	07:11:31	19.344044	99.138128	8.3	2.3	20.2	-	-
8	7	08/10/2018	07:11:32	19.344018	99.13812	11.2	3.1	23.3	-	-
9	8	08/10/2018	07:11:33	19.343999	99.138103	10.1	2.8	26.1	-	-
10	9	08/10/2018	07:11:34	19.343987	99.138082	9	2.5	28.6	-	-
11	10	08/10/2018	07:11:35	19.343975	99.138064	8.3	2.3	30.9	-	-
12	11	08/10/2018	07:11:36	19.343969	99.138041	9	2.5	33.4	-	-
13	12	08/10/2018	07:11:37	19.343965	99.138019	8.6	2.4	35.8	-	-
14	13	08/10/2018	07:11:38	19.343955	99.137998	8.6	2.4	38.2	-	-
15	14	08/10/2018	07:11:39	19.343939	99.13798	9.4	2.6	40.8	-	-
16	15	08/10/2018	07:11:40	19.343914	99.137966	11.2	3	43.8	-	-
17	16	08/10/2018	07:11:41	19.343874	99.137952	16.9	4.7	48.5	-	-
18	17	08/10/2018	07:11:42	19.343833	99.137938	16.9	4.7	53.2	-	-
19	18	08/10/2018	07:11:43	19.343792	99.13792	18	4.9	58.1	-	-
20	19	08/10/2018	07:11:44	19.343752	99.137896	18	5.1	63.2	-	-
21	20	08/10/2018	07:11:45	19.343692	99.137853	29.2	8.1	71.3	-	-

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Diagnóstico de la Ruta 36

Con los datos obtenidos por medio del muestreo es posible determinar el número de paradas que realizan las unidades dividiéndolas por tipo, el tiempo de recorrido y el porcentaje de recorrido en el que la unidad se encuentra en tiempos ceros, la velocidad del recorrido, la cantidad de personas en base, el tiempo de espera total y en fila; así como el porcentaje de ascensos y descensos por tipo de parada y la longitud que existe entre dichas paradas.

El diagnóstico de la Ruta 36 se llevó a cabo en tres secciones, la primera (5.3.1) es el diagnóstico de manera general en el cual se toman los datos de las corridas en ambas direcciones, esto debido a que es necesario contar con un panorama general de lo que sucede en la ruta completa. La segunda sección (5.3.2) es el diagnóstico de la Ruta 36 en la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos y la tercera (5.3.3) es el diagnóstico de la Ruta 36 en la corrida dirección Glorieta de Vaqueritos-CETRAM Taxqueña, estos diagnósticos fueron realizados por separado debido a que el comportamiento de las corridas no es homogéneo ya que cada corrida se ve afectada por factores como horarios de trabajo, horarios escolares y el cambio de las zonas atractoras y generadores de viajes.

#### 5.3.1. Diagnóstico de la Ruta 36 de manera general

A continuación, se describirán los resultados que fueron obtenidas mediante el muestreo de manera general, es decir, tomando en cuenta las dos corridas.

##### 5.3.1.1. Tiempo y velocidad de recorrido.

El tiempo promedio de recorrido de la Ruta 36 es de 33 minutos, con un máximo de una hora y un mínimo de 17 minutos y una desviación estándar de  $\pm 10$  minutos, con una velocidad promedio de 15.91 km/h contando con un mínimo de 8.70 km/h y un máximo de 27.55 km/h y una desviación estándar de  $\pm 4.49$  km/h.

##### 5.3.1.2. Tiempos de espera y personas en la base

Al encontrarse la unidad en la base, los usuarios tienen que esperar la salida de esta, dichas salidas se dan en promedio cada 20 minutos, para lo cual el usuario requiere esperar en la

fila un promedio de 6.11 minutos con un máximo de 18 minutos y un mínimo de un minuto; una vez que se aborda la unidad se espera dentro de ella en promedio 5.59 minutos para que esta comience el recorrido con un máximo de 7 minutos y un mínimo de 3 minutos, lo cual nos muestra un promedio total de espera de 12.07 minutos con un máximo de 25 minutos y un mínimo de 4 minutos.

En cuanto a la cantidad de usuarios en la base en promedio abordan 23 usuarios por unidad con un máximo de 45 y un mínimo de 6 usuarios.

### 5.3.1.3. Paradas de la Ruta 36

Durante los 42 recorridos, se realizaron un total de 1,268 paradas de las cuales 164 corresponden a paradas establecidas (PE), 294 por semáforos (S), 220 por congestiónamiento (C) y 590 a paradas no establecidas (X), con un promedio de 60 paradas por trayecto y una desviación estándar de  $\pm 15$ . Lo cual es posible observar más claramente en manera porcentual la cual se muestra en la **Figura 35**; la **Figura 36** muestra la distribución de paradas exclusivamente para el ascenso y descenso de pasajeros, esto nos indica que la mayoría de las paradas que se realizan en los trayectos son efectuadas en paradas no establecidas lo cual implica la existencia de una gran cantidad de puntos en los que la unidad de transporte opera a bajas velocidades y después acelerado nuevamente. De dichas paradas los promedios y desviaciones por tipo se muestran en la **Tabla 25**.

*Tabla 25 Promedios y desviaciones totales por tipo de parada*

TIPO DE PARADA	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PE	9	$\pm 2$
S	14	$\pm 4$
C	10	$\pm 7$
X	28	$\pm 9$

Fuente: Elaboración propia

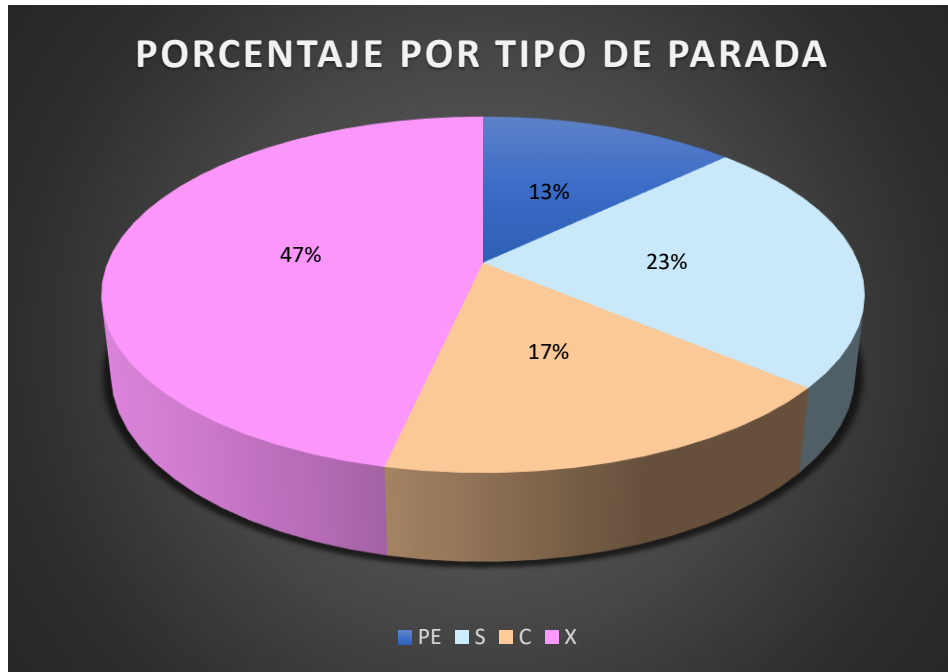


Figura 35 Porcentajes totales por tipo de parada  
Fuente: Elaboración propia

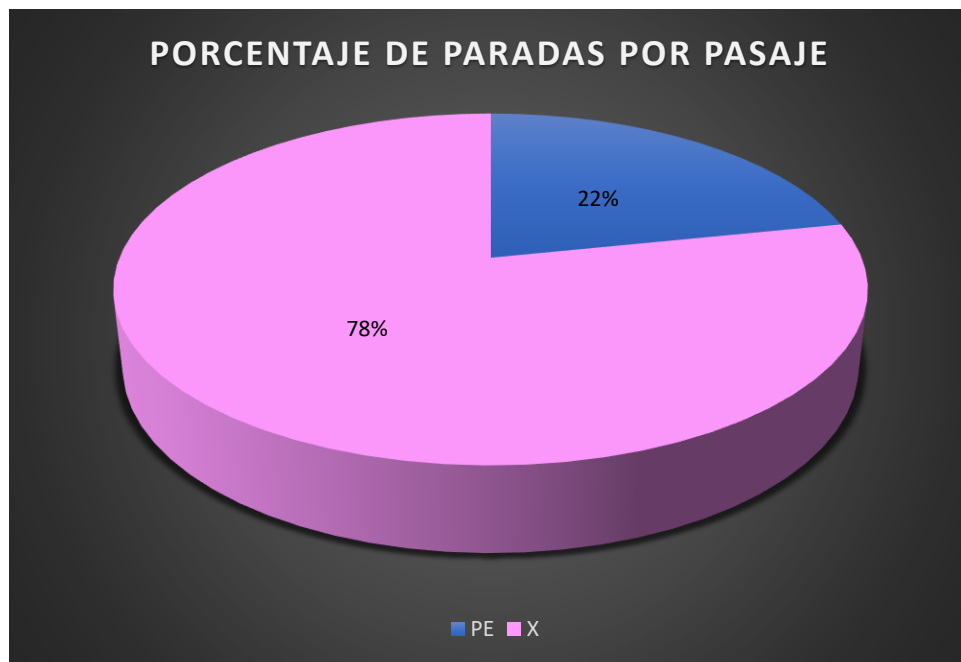


Figura 36 Porcentaje totales de paradas por pasaje  
Fuente: Elaboración propia

Dichos recorridos tienen un máximo y un mínimo de paradas de 217 y 78 paradas, respectivamente, al seccionar las paradas por tipo los mínimos y máximos por cada uno de estos se muestran en la **Tabla 26**. En la **Figura 37** se muestra gráficamente las paradas totales realizadas durante los recorridos; y en el **Anexo 4** se presentan los mapas de dichas paradas divididas por tipo.

*Tabla 26 Máximos y mínimos totales de paradas por tipo*

<b>MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE PARADAS POR TIPO</b>		
<b>Tipo de parada</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>PE</b>	28	15
<b>S</b>	54	23
<b>C</b>	52	7
<b>X</b>	108	33

Fuente: Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

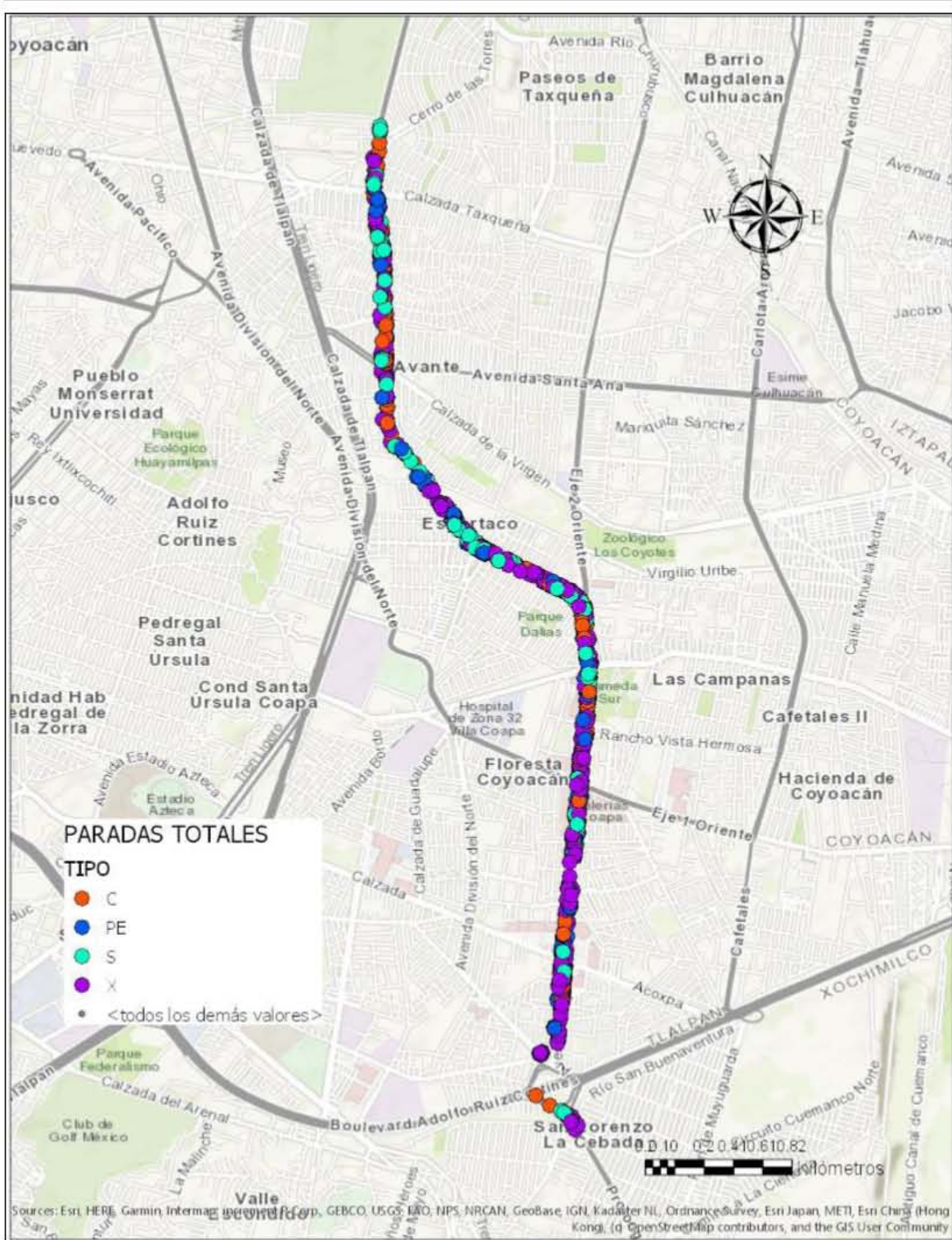


Figura 37 Localización de paradas generales  
Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.1.4. Usuarios por tipo de parada

En la Ruta 36 abordan en total 2,290 usuarios, al realizar el análisis por tipo de parada se obtuvo que exclusivamente entre las paradas establecidas y las no establecidas abordan en promedio 55 usuarios, de los cuales el 19.86% corresponde a paradas establecidas y el 80.13% restante a paradas no establecidas y cada una de estas paradas se encuentra en promedio a una distancia de 6.355 metros. En las **Figuras 38 y 39** se muestran la cantidad de usuarios que abordan por cada tipo de parada y la **Tabla 27** corresponde al total, promedio, máximo y mínimo de estos.

*Tabla 27 Usuarios totales por tipo de parada total*

<b>Usuarios por tipo de parada totales</b>				
<b>Tipo de parada</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>X</b>	1835	44	98	11
<b>PE</b>	455	11	29	1

Fuente: Elaboración propia

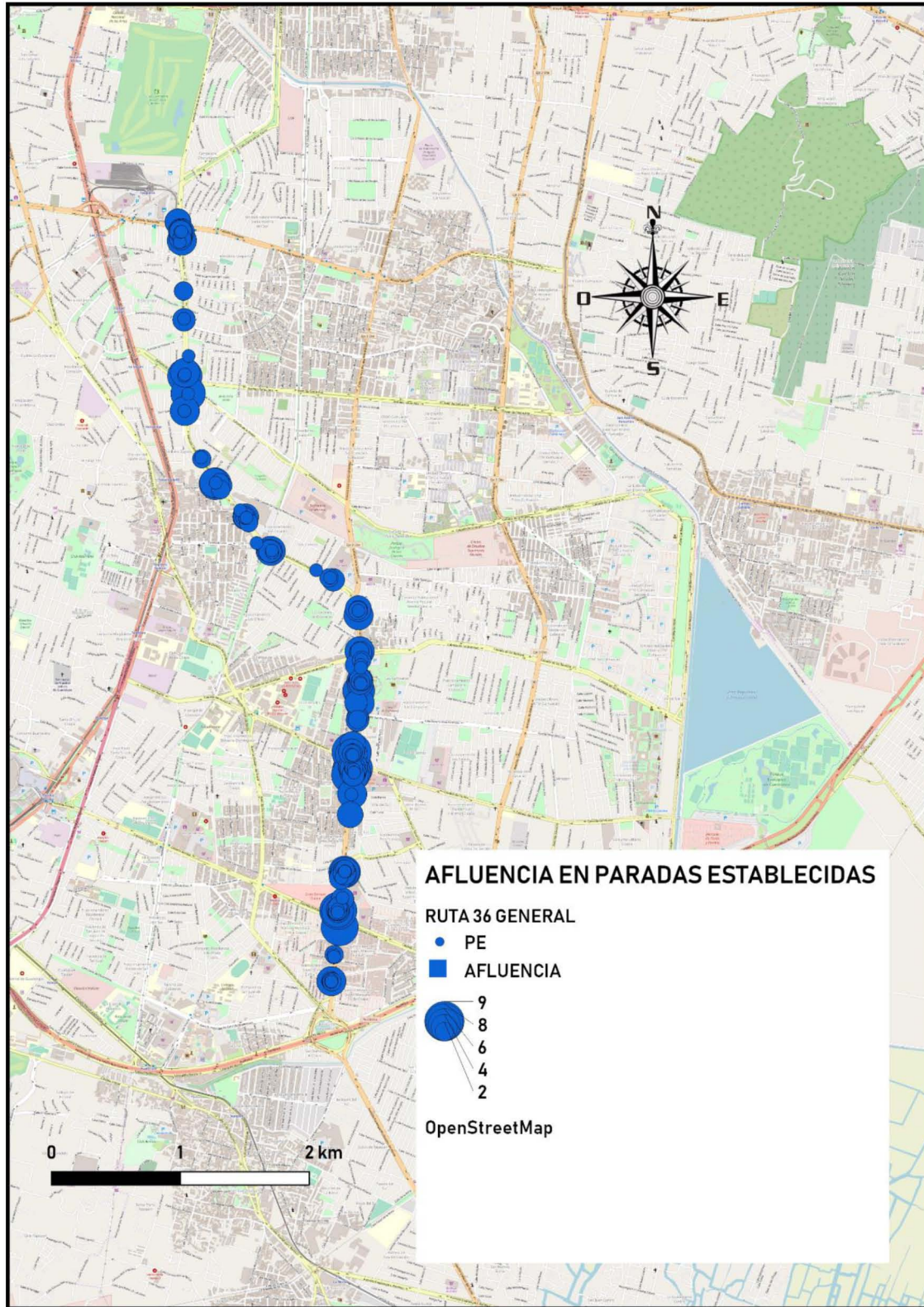


Figura 38 Afluencia general de pasajeros en paradas establecidas

Fuente: Elaboración propia



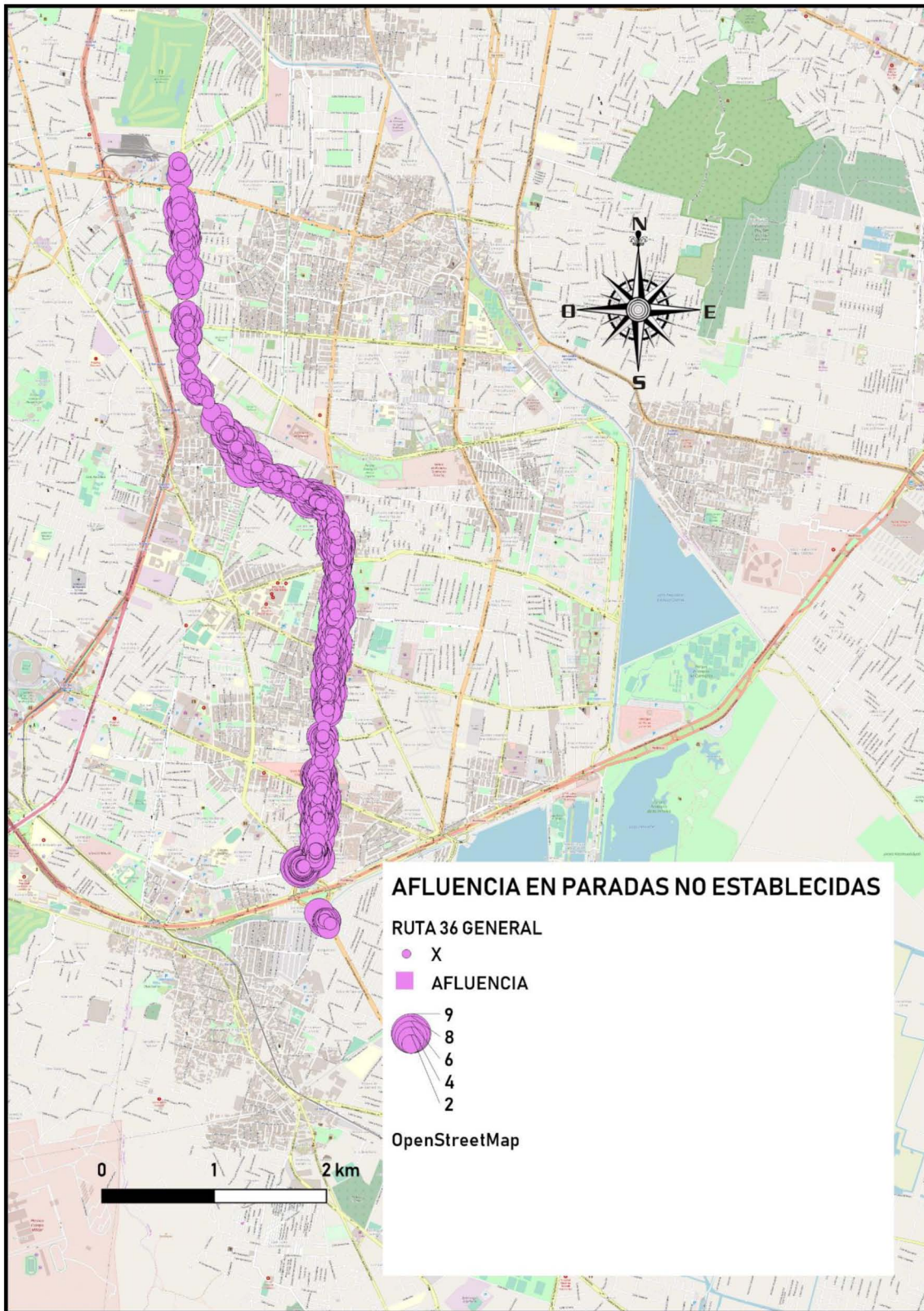


Figura 39 Afluencia general de pasajeros en paradas no establecidas  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.1.5. Tiempos ceros en recorrido de la Ruta 36

En cuanto al análisis de los tiempos ceros es posible observar que la Ruta 36 se mantiene el 92% del tiempo en los denominados tiempos ceros, lo cual es provocado mayormente por la cantidad de aceleraciones y desaceleración del motor para el ascenso y descenso de los usuarios; aunque existen factores como la semaforización que afecta en esos tiempos ceros es posible determinar que en muchos de los casos cuando esto sucede su causa principal es el congestionamiento de la vía por usuarios particulares y el ascenso y descenso de usuarios en lugares no establecidos. En la **Figura 40** se muestra el porcentaje de participación por cada tipo de parada a los tiempos ceros.

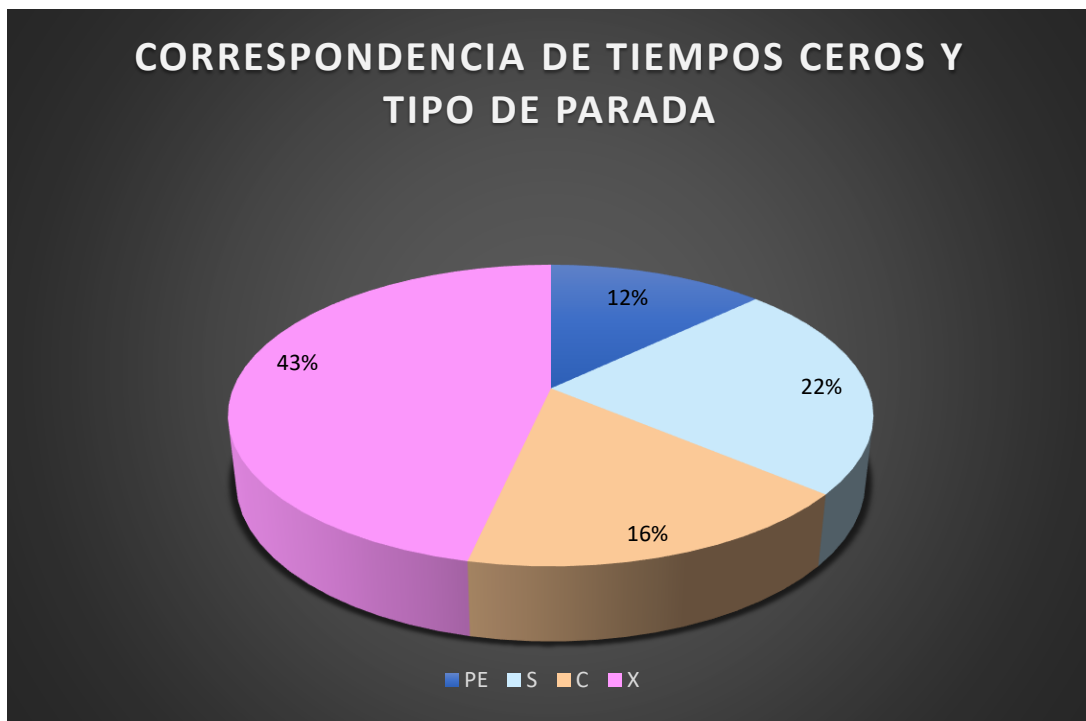


Figura 40 Porcentaje de participación total por cada tipo de parada a los tiempos ceros  
Fuente: Elaboración propia

Debido a que las dos direcciones de recorrido son corridas independientes y con características propias se hace necesario realizar el análisis de manera individual para cada una de estas.

### 5.3.2. Diagnóstico de la Ruta 36 en la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

A continuación, se describirán las determinaciones que fueron obtenidas mediante el muestreo para la corrida CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos.

#### 5.3.2.1. Tiempo y velocidad de recorrido.

El tiempo promedio de recorrido de la corrida es de 30 minutos, con un máximo de 40 minutos y un mínimo de 20 minutos y una desviación estándar de  $\pm 4$  minutos, con una velocidad promedio de 16 km/h contando con un mínimo de 11.93 km/h y un máximo de 24.03 km/h y una desviación estándar de  $\pm 3.45$  km/h.

#### 5.3.2.2. Tiempos de espera y personas en la base

Al encontrarse la unidad en la base, los usuarios tienen que esperar la salida de la unidad, dichas salidas se dan en promedio cada 20 minutos, para lo cual el usuario requiere esperar en fila un promedio de 7.38 minutos con un máximo de 18 minutos y un mínimo de un minuto; una vez que se aborda la unidad se espera dentro de ella en promedio 7.47 minutos para que esta comience el recorrido con un máximo de 7 minutos y un mínimo de 6 minutos, lo cual nos muestra un promedio total de espera de 14.85 minutos con un máximo de 25 minutos y un mínimo de 7 minutos.

En cuanto a la cantidad de usuarios en la base en promedio abordan 29 usuarios por unidad con un máximo de 45 y un mínimo de 8 usuarios por unidad.

#### 5.3.2.3. Paradas

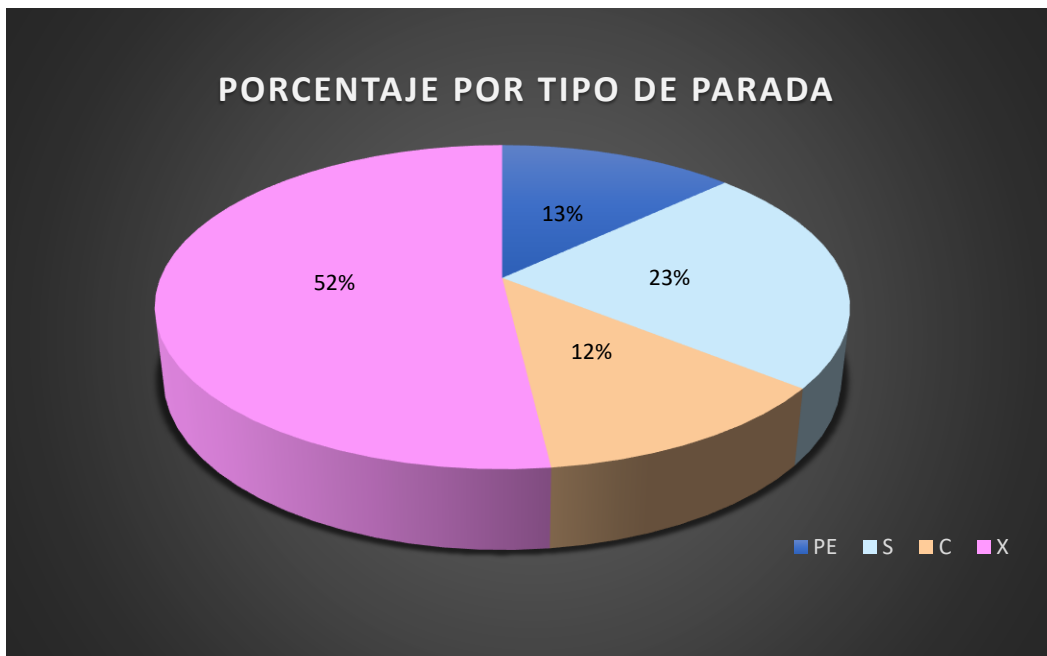
Durante los 31 recorridos realizados en esta corrida se observa que se realizan de 559 paradas de las cuales 73 corresponden a paradas establecidas, 127 por semáforos, 69 por congestiónamiento y 290 a paradas no establecidas, con un promedio de 26 paradas por trayecto y una desviación estándar de  $\pm 9$ . Lo cual es posible observar más claramente en manera porcentual en la **Figura 41** y la **Figura 42** muestra la distribución de paradas exclusivamente para el ascenso y descenso de pasajeros, esto nos indica que la mayoría de las paradas que se realizan en los trayectos son efectuadas en paradas no establecidas lo cual implica la existencia de una gran cantidad de puntos en los que el motor es llevado a

bajas velocidades y después acelerado nuevamente. De dichas paradas los promedio y desviaciones por tipo se muestran en la **Tabla 28**.

*Tabla 28 Promedios y desviaciones por tipo de parada CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos*

TIPO DE PARADA	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PE	4	±2
S	6	±3
C	3	±3
X	15	±4

Fuente: Elaboración propia



*Figura 41 Porcentajes por tipo de parada CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos*

Fuente: Elaboración propia

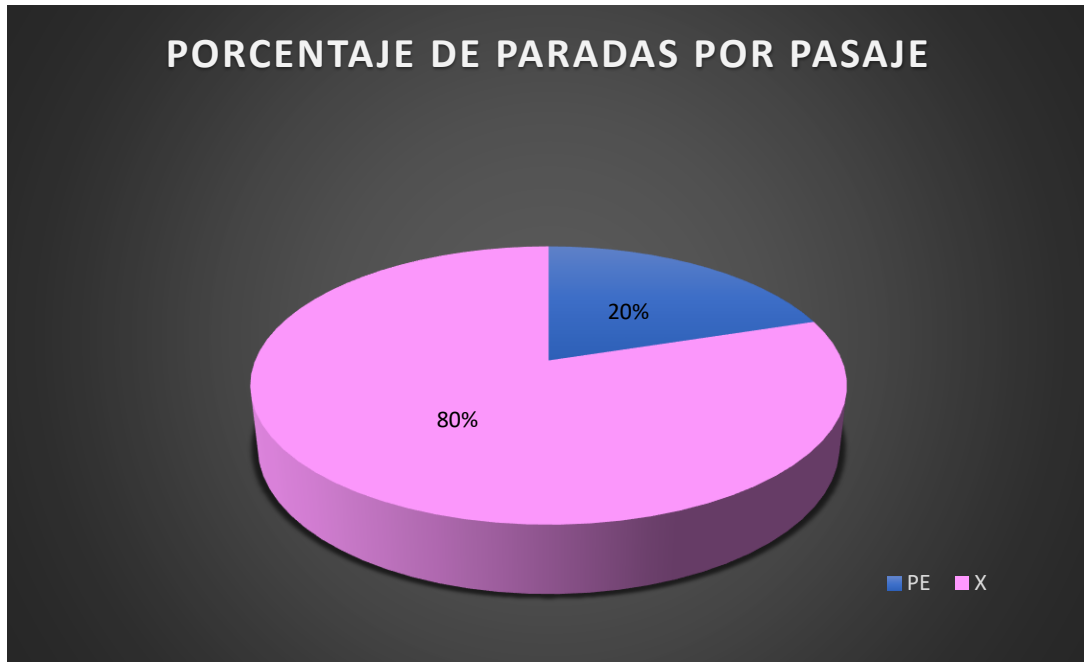


Figura 42 Porcentaje de paradas por pasaje CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos  
Fuente: Elaboración propia

Esta corrida tiene un máximo y un mínimo de paradas de 38 y 12 paradas respectivamente y al seccionar las paradas por tipo estos se muestran en la **Tabla 29**. La **Figura 43** muestra gráficamente las paradas realizadas durante la corrida; y en él **Anexo 5** se presentan los mapas de dichas paradas divididas por tipo.

Tabla 29 Máximos y mínimos de paradas por tipo CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE PARADAS POR TIPO		
Tipo de parada	Máximo	Mínimo
PE	7	1
S	10	2
C	9	0
X	22	9

Fuente: Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

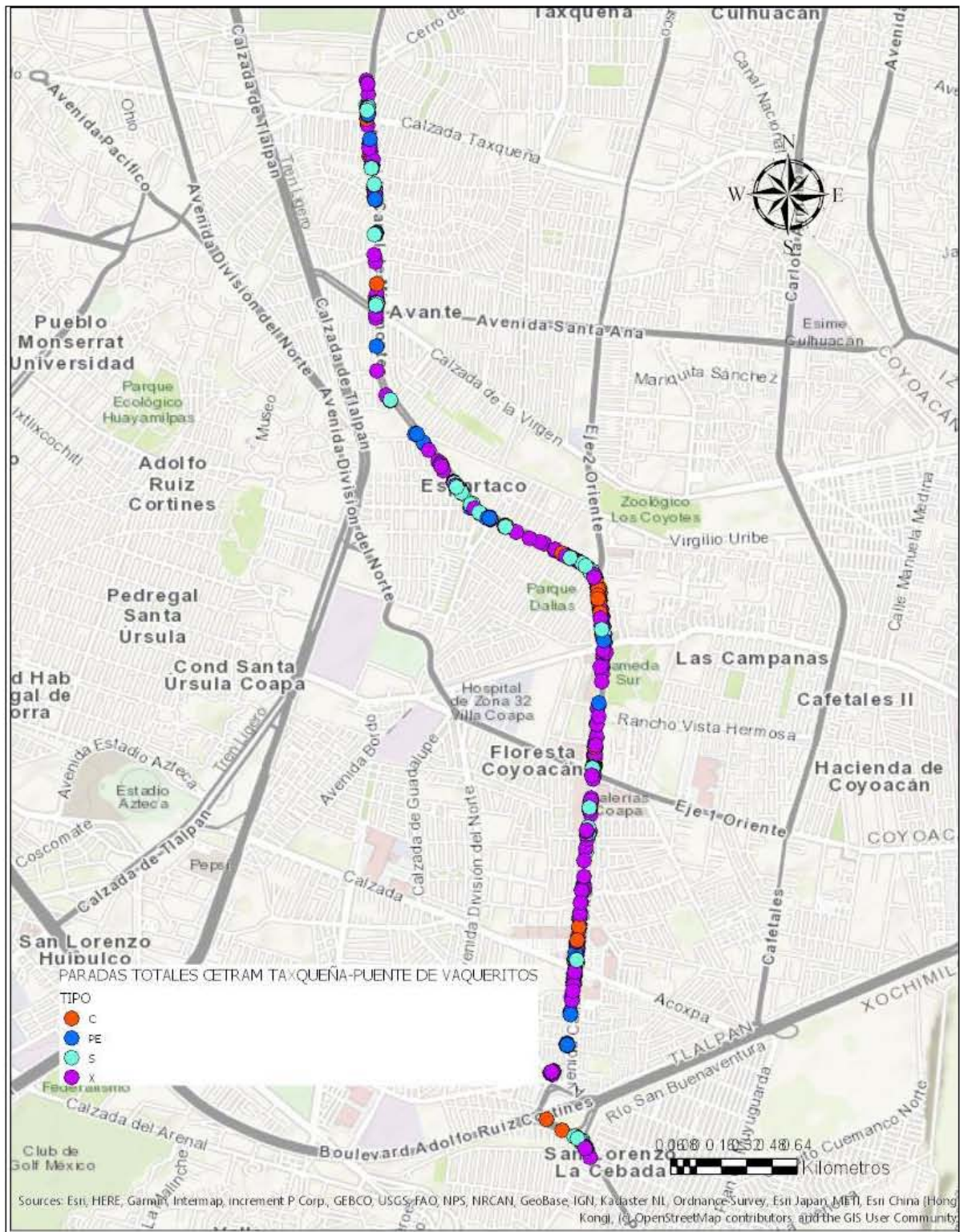


Figura 43 Localización general de paradas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.2.4. Usuarios por tipo de parada

En el recorrido abordan en total 1,119 usuarios, al realizar en análisis por tipo de parada se obtiene en las paradas establecidas y las no establecidas abordan en promedio 51 usuarios, con un máximo de 88 personas y un mínimo de 25; de los cuales el 18.23% lo realizan en las paradas establecidas y el 81.76 restante en paradas no establecidas y cada una de estas paradas se encuentra en promedio a una distancia de 14.23 metros. En las **Figuras 44 y 45** se muestra la cantidad de usuarios que abordan por tipo de parada y en la **Tabla 30** corresponde al total, promedio, máximo y mínimo de estas.

*Tabla 30 Usuarios por tipo de parada CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos*

<b>Usuarios por tipo de parada</b>				
<b>Tipo de parada</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>X</b>	915	44	75	11
<b>PE</b>	204	10	18	1

Fuente: Elaboración propia



Figura 44 Afluencia de pasajeros en paradas establecidas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos  
Fuente: Elaboración propia



Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

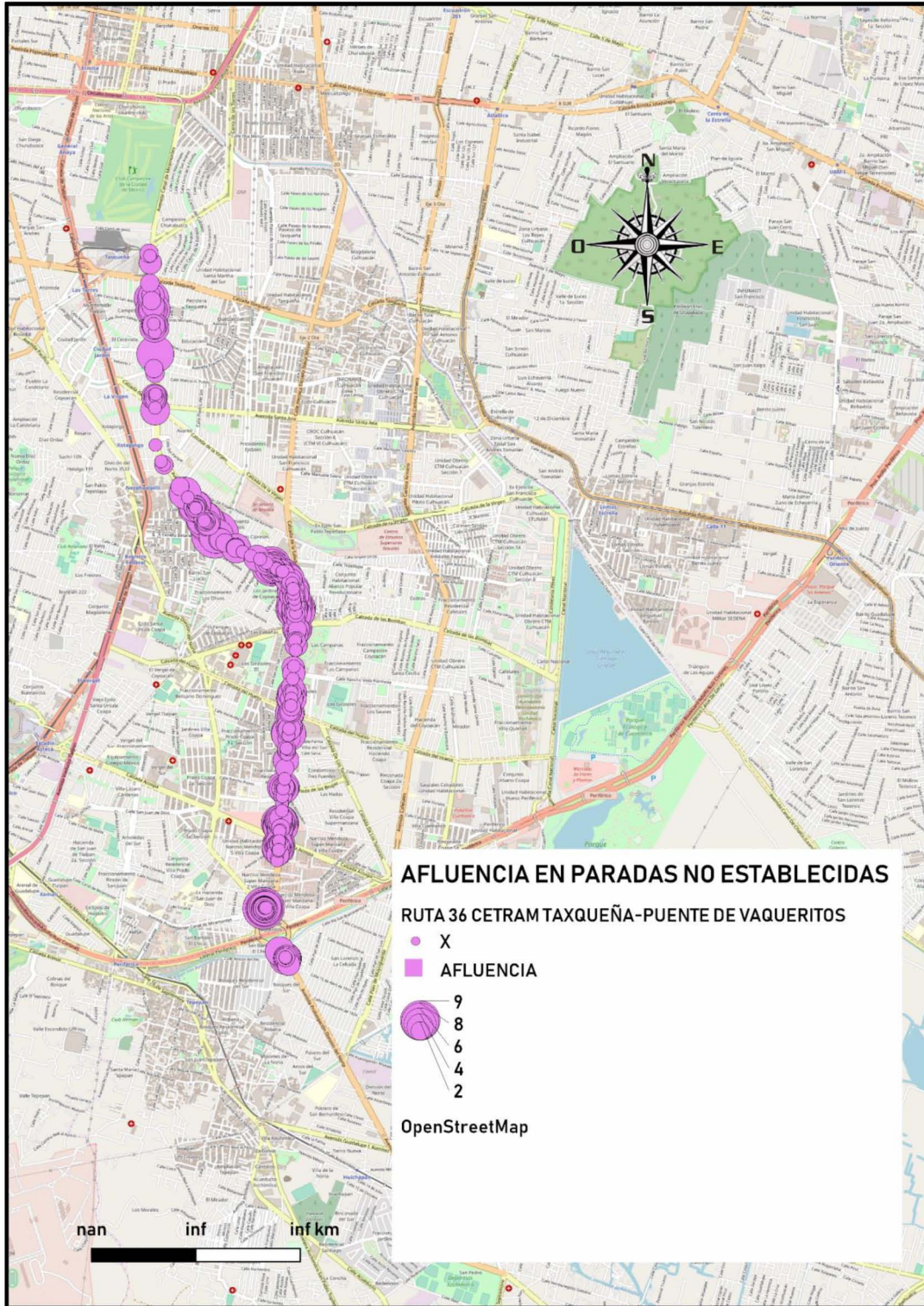


Figura 45 Afluencia de pasajeros en paradas no establecidas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2.5. Tiempos ceros en la corrida CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

En cuanto al análisis de los tiempos ceros es posible observar que la ruta se mantiene el 94% del tiempo en los denominados tiempos ceros, lo cual es provocado principalmente por la cantidad de aceleraciones y desaceleración del motor para el ascenso y descenso de los usuarios; aunque existen factores como la semaforización que afecta en esos tiempos ceros, es posible determinar que en muchos de los casos cuando esto sucede el origen de estas paradas se encuentra relacionado con el congestionamiento de la vía por usuarios particulares y el ascenso y descenso de usuarios en lugares no establecidos. La **Figura 46** muestra el porcentaje de participación por cada tipo de parada para los tiempos ceros.

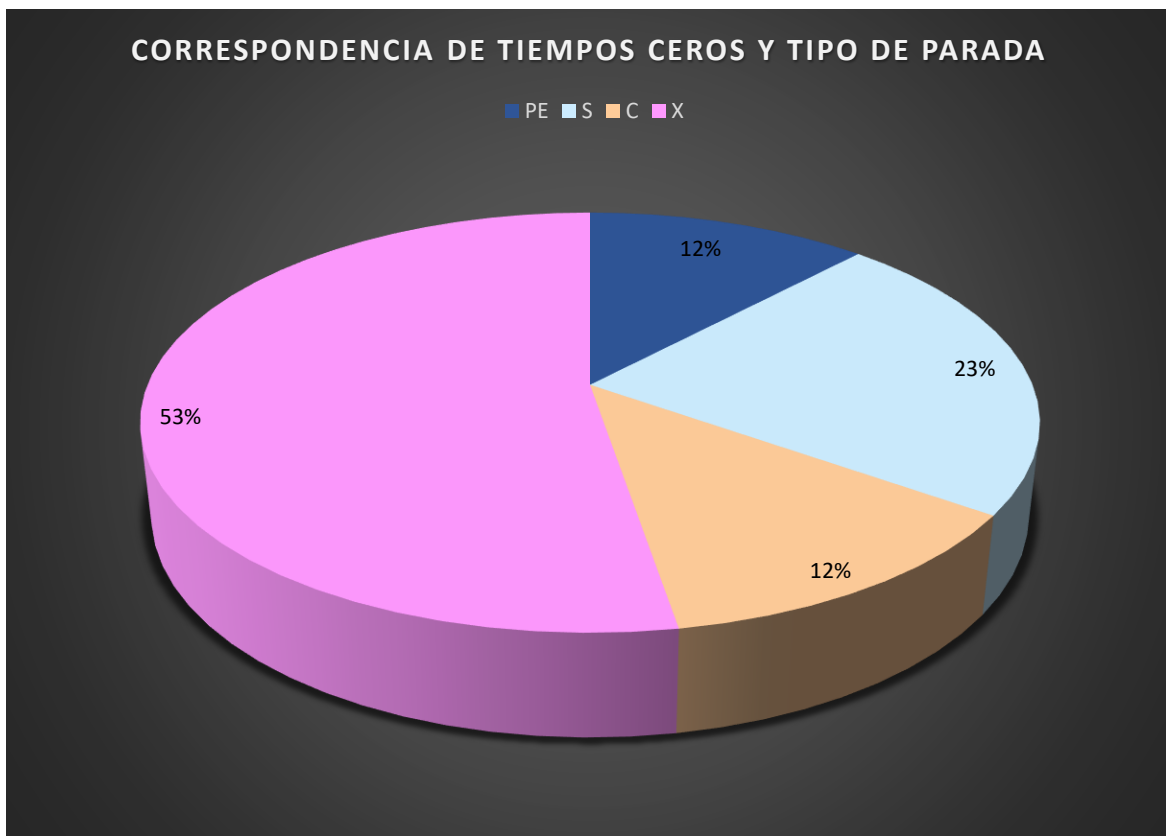


Figura 46 Porcentaje de participación por cada tipo de parada a los tiempos ceros CETRAM Taxqueña - Glorieta de Vaqueritos  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3. Diagnóstico de la Ruta en la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

A continuación, se describirán las determinaciones que fueron obtenidas mediante el muestreo para la corrida Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

#### 5.3.3.1. Tiempo y velocidad de recorrido.

El tiempo promedio de recorrido es de 35 minutos, con un máximo de una hora y un mínimo de 17 minutos y una desviación estándar de  $\pm 8$  minutos y una velocidad promedio de 16 km/h contando con un mínimo de 8.70 km/h y un máximo de 27.54 km/h y una desviación estándar de  $\pm 5.43$  km/h.

#### 5.3.3.2. Tiempos de espera y personas en la base

Al encontrarse la unidad en la base, los usuarios tienen que esperar la salida de la unidad, dichas salidas se dan en promedio cada 20 minutos, para lo cual el usuario requiere esperar en fila un promedio de 6.21 minutos con un máximo de 11 minutos y un mínimo de dos minutos; una vez que se aborda la unidad se espera dentro de ella en promedio 3.06 minutos para que esta comience el recorrido con un máximo de siete minutos y un mínimo de dos minutos, lo cual nos muestra un promedio total de espera de 9.29 minutos con un máximo de 18 minutos y un mínimo de cuatro minutos.

En cuanto a la cantidad de usuarios en la base en promedio abordan 17 usuarios por unidad con un máximo de 40 y un mínimo de seis usuarios por unidad.

#### 5.3.3.3. Paradas

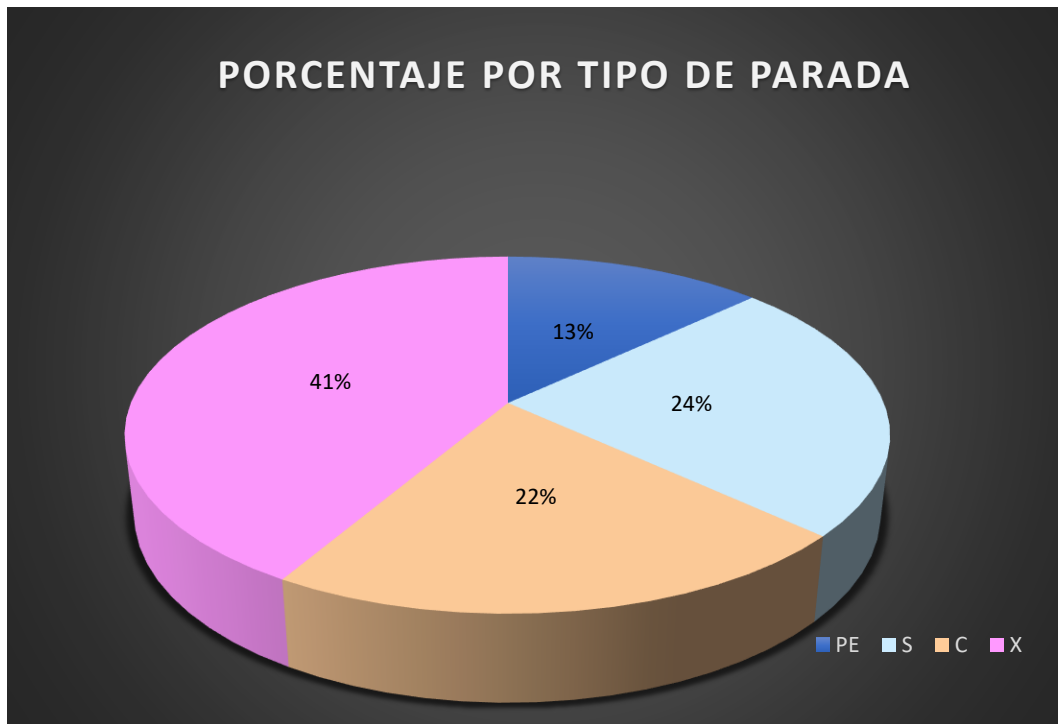
Durante los 31 recorridos realizados en esta corrida se observa que se realizan de 700 paradas de las cuales 91 corresponden a paradas establecidas, 167 por semáforos, 151 por congestiónamiento y 291 a paradas no establecidas, con un promedio de 26 paradas por trayecto y una desviación estándar de  $\pm 12$ . Lo cual es posible observar más claramente en manera porcentual en la **Figura 47** y la **Figura 48** muestra la distribución de paradas exclusivamente para el ascenso y descenso de pasajeros, esto nos indica que la mayoría de las paradas que se realizan en los trayectos son efectuadas en paradas no establecidas lo cual implica la existencia de una gran cantidad de puntos en los que el motor es llevado a

bajas velocidades y después acelerado nuevamente. De dichas paradas los promedio y desviaciones por tipo se muestran en la **Tabla 31**.

*Tabla 31 Promedios y desviaciones por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña*

TIPO DE PARADA	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PE	4	±2
S	6	±3
C	3	±3
X	15	±4

Fuente: Elaboración propia



*Figura 47 Porcentajes por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña*  
Fuente: Elaboración propia

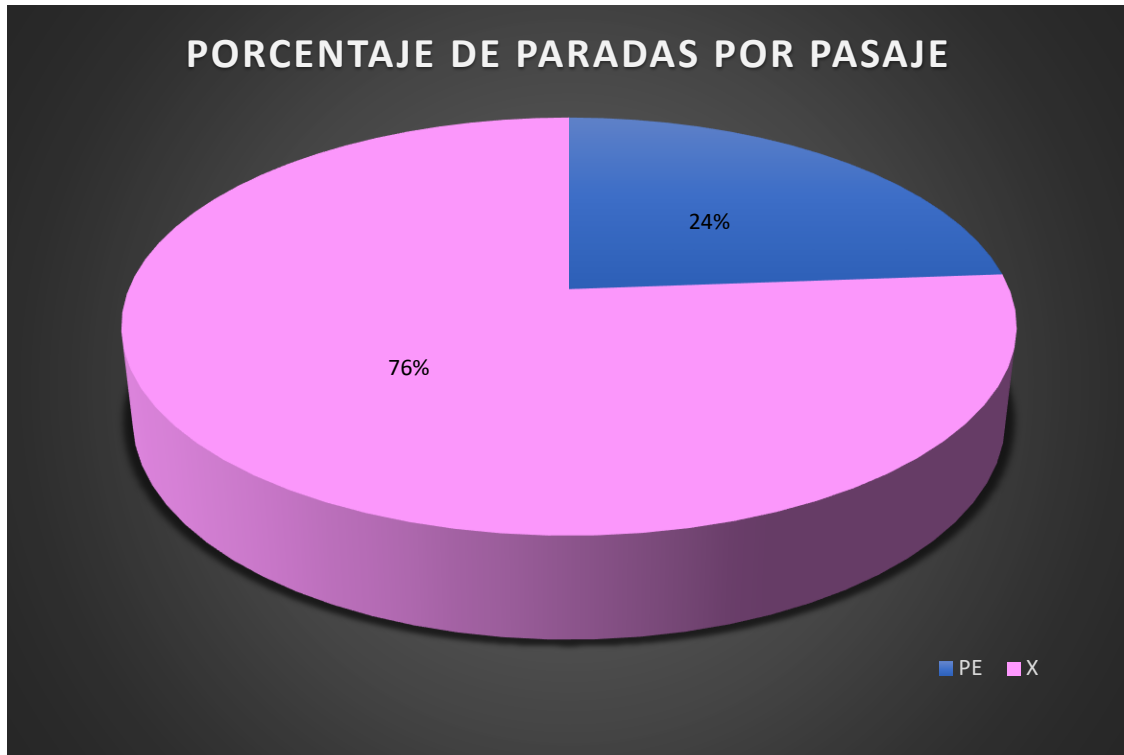


Figura 48 Porcentaje de paradas por pasaje Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña  
Fuente: Elaboración propia

Esta corrida tiene un máximo y un mínimo de paradas de 55 y 15 paradas, respectivamente, al seccionar las paradas por tipo los mínimos y máximos por cada uno de estos se muestran en la **Tabla 32**. La **Figura 49** muestra gráficamente las paradas realizadas durante la corrida; y en el **Anexo 6** se presentan los mapas de dichas paradas divididas por tipo de parada.

Tabla 32 Máximos y mínimos de paradas por tipo Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE PARADAS POR TIPO		
Tipo de parada	Máximo	Mínimo
PE	8	2
S	13	4
C	19	0
X	27	1

Fuente: Elaboración propia



#### 5.3.3.4. Usuarios por tipo de parada

En el recorrido abordan en total 1,171 usuarios, al realizar en análisis por tipo de parada se obtiene que en las paradas establecidas y las no establecidas abordan en promedio 53 usuarios, con un máximo de 117 personas y un mínimo de 17; de los cuales el 21.43% lo realizan en las paradas establecidas y el 78.56% restante en paradas no establecidas y cada una de estas paradas se encuentra en promedio a una distancia de 11.49 metros. En las **Figuras 50 y 51** se muestran la cantidad de usuarios que abordan por tipo de parada y la **Tabla 33** corresponde al total, promedio, máximo y mínimo de usuarios que abordan en dichas paradas.

*Tabla 33 Usuarios por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña*

<b>Usuarios por tipo de parada vuelta</b>				
<b>Tipo de parada</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>X</b>	920	44	98	11
<b>PE</b>	251	12	29	3

**Fuente:** Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

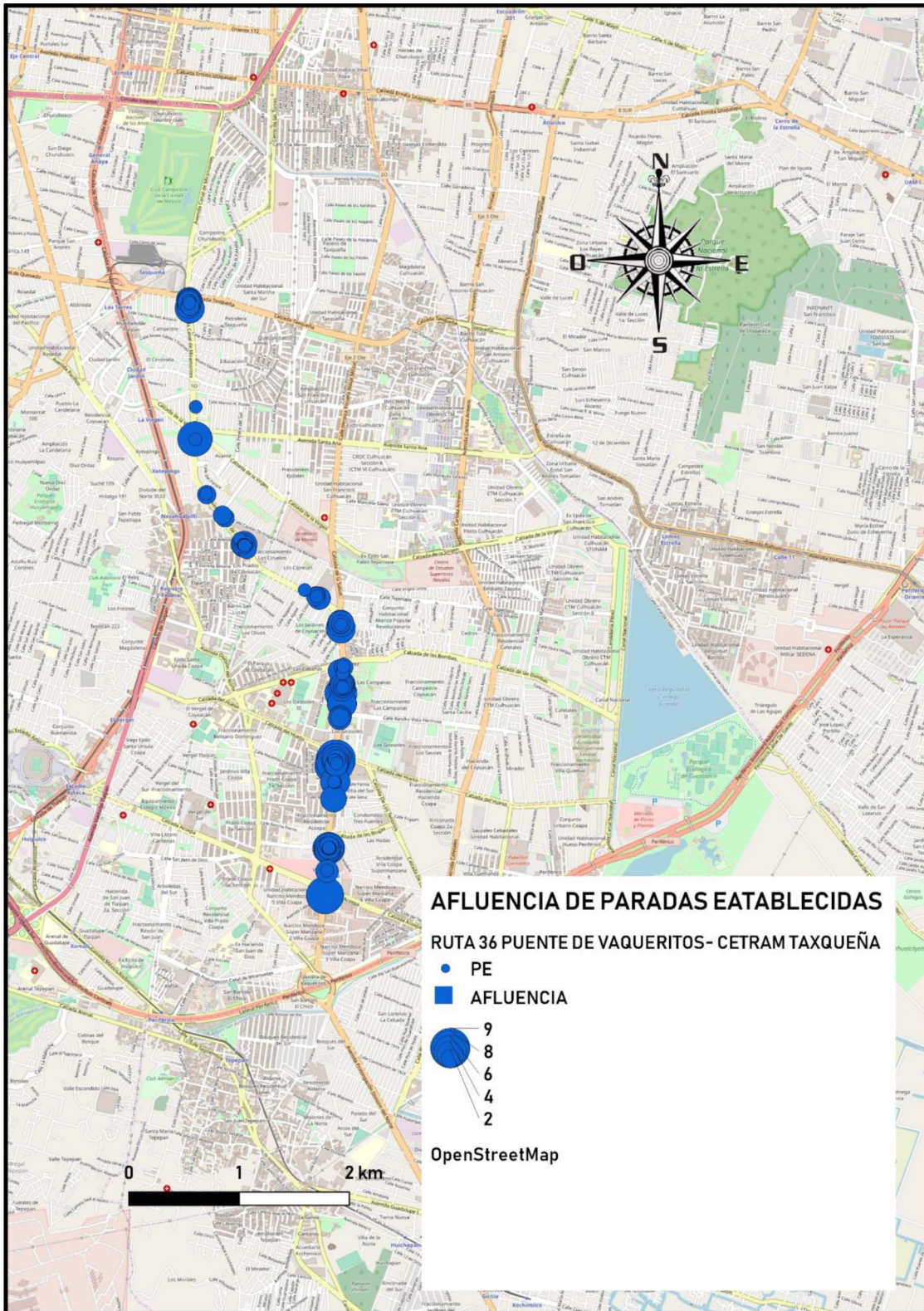


Figura 50 Afluencia de pasajeros en paradas establecidas: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña  
 Fuente: Elaboración propia



Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

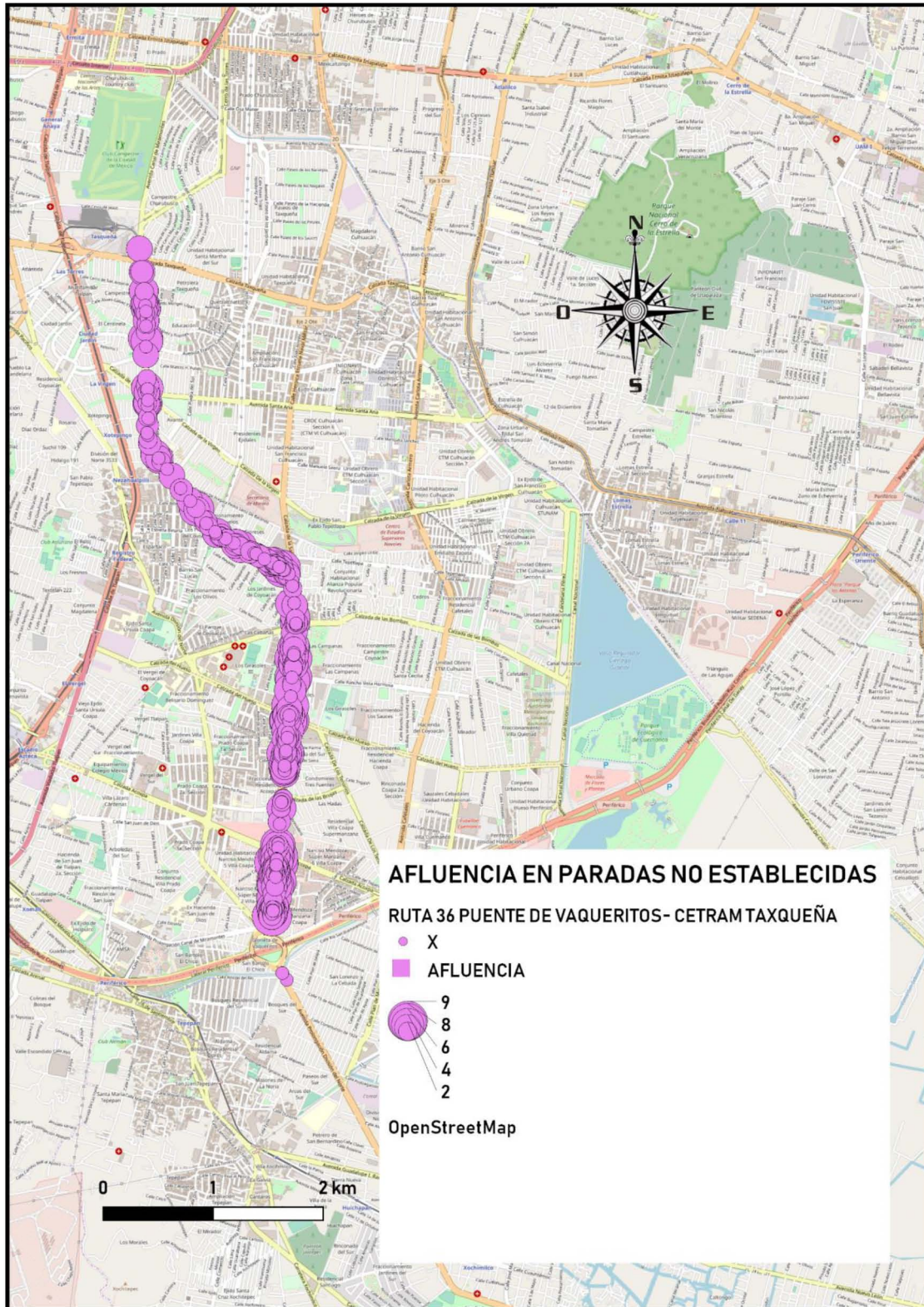


Figura 51 Afluencia de pasajeros en paradas no establecidas: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3.5. Tiempos ceros en la corrida Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña

En cuanto al análisis de los tiempos ceros es posible observar que la corrida se mantiene el 91.5% del tiempo en los denominados tiempos ceros, lo cual es provocado mayormente por la cantidad de aceleraciones y desaceleración del motor para el ascenso y descenso de los usuarios; aunque existen factores como la semaforización que afecta en esos tiempos ceros es posible determinar que en muchos de los casos cuando esto sucede su causa principal es el congestionamiento de la vía por usuarios particulares y el ascenso y descenso de usuarios en lugares no establecidos .En la **Figura 52** se muestra el porcentaje de participación por cada tipo de parada a los tiempos ceros.

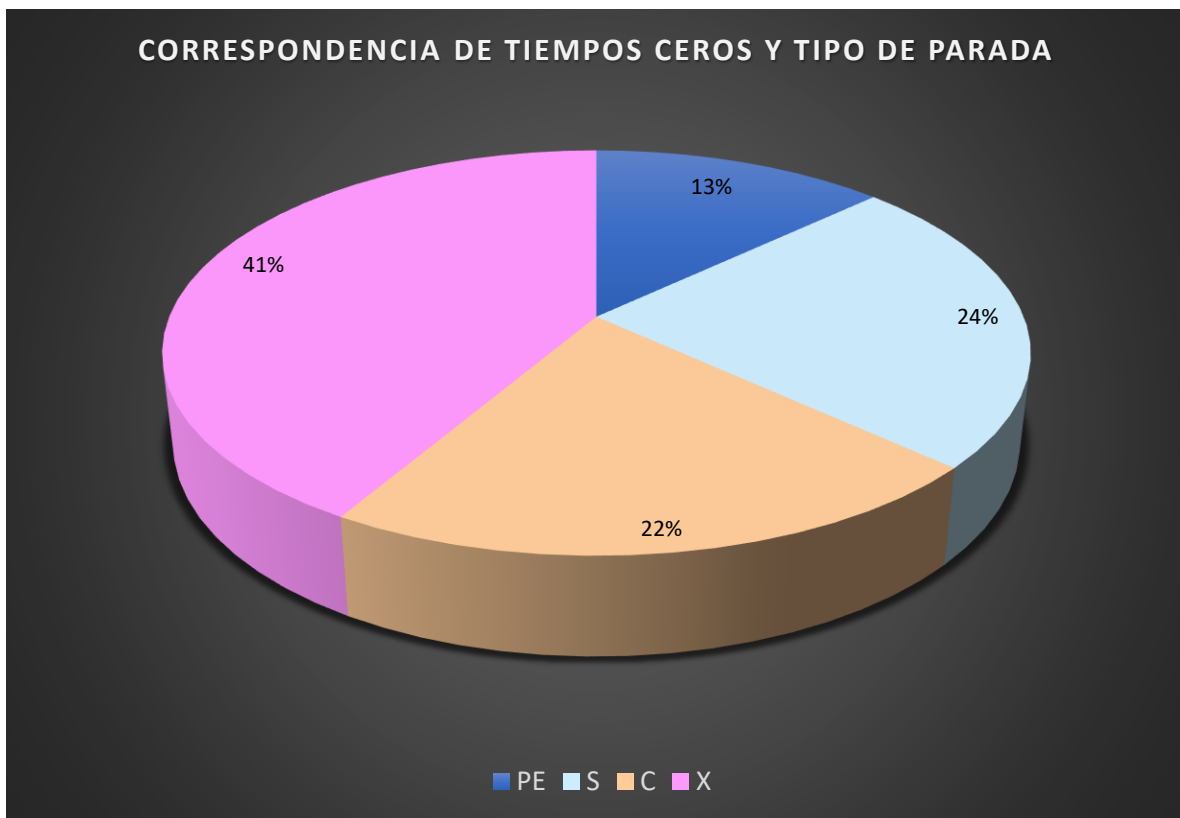


Figura 52 Porcentaje de participación por cada tipo de parada a los tiempos ceros Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3.6. Emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) derivada del consumo y oxidación de combustibles en la Ruta 36

La determinación de las emisiones para el caso de estudio fue llevada a cabo teóricamente con información obtenida con revisión de literatura y mediante la recolección de datos en la ruta las cuales se explicarán a continuación.

#### 5.3.3.6.1.1. Determinación estimada de emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI).

Para determinar las emisiones de manera teórica se encuestó a los operadores de los 50 camiones que prestan el servicio diariamente respecto al número de recorridos diarios realizan y se llevó a cabo revisión de literatura para el rendimiento vehicular promedio por litro de combustible; con la cual se obtuvo lo siguiente:

- El promedio de recorrido diarios realizados por vehículo es de ocho kilómetros.
- El rendimiento vehicular promedio por litro de combustible es de 1.4 l/km para el gas natural (Sheinbaum C. P., 2012).

Posteriormente se realizaron los cálculos mostrados en la **Tabla 34**, con los cuales ya es posible realizar el cálculo de las emisiones.

*Tabla 34 Cálculos estimados necesarios para determinar las emisiones*

Recorridos por día	Kilómetros por día	Kilómetros por año	Litros por año
400	3,200	1,168,000	3,270,400

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de las emisiones se utilizó el formato proporcionado por la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA); el cual tiene por objetivo orientar respecto a las técnicas y fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones o compuestos de efecto invernadero, calculando las emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) derivadas del consumo y oxidación de combustibles en motores de combustión interna en fuentes móviles estipulado en el **Artículo 5º, Fracción II**.

El cálculo de emisiones para la Ruta 36 se muestra en la **Tabla 35** y la **Figura 5353**.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

Tabla 35 Emisiones estimadas directas de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (CyGEI) Ruta 36

Emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) Ruta 36									
Combustible	Consumo anual (L)	Factores de emisión			Poder calorífico (MJ/bl)	Emisiones anuales (tCO <sub>2</sub> eq)			Emisiones anuales (tCO <sub>2</sub> eq)
		CO <sub>2</sub> (ton/MJ)	CH <sub>4</sub> (kg/MJ)	N <sub>2</sub> O (kg/MJ)		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Gas Natural	3,270,400	0.0000693	0.000025	0.000008	5,122	6,954.67	70.25	212.75	7,237.67

Fuente: Elaboración propia

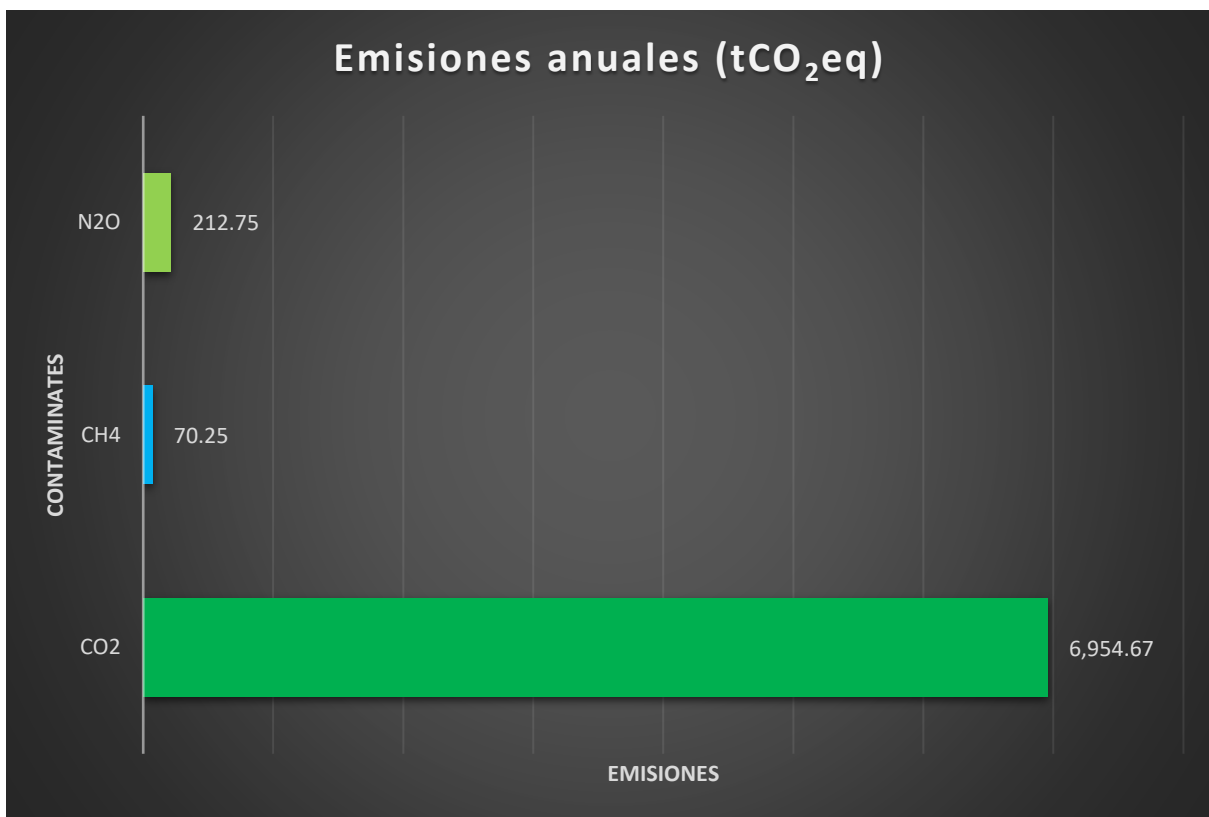


Figura 53 Gráfica de Emisiones anuales teóricas para la Ruta 36

Fuente: Elaboración propia

5.3.3.6.1.2. Determinación por muestreo de emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI).

Para determinar las emisiones con los datos obtenidos mediante muestreo (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) se encuestó a los operadores de los 50 camiones que prestan el servicio diariamente con respecto a su consumo diario de combustible el cual fue proporcionado en unidades monetarias siendo necesario determinar el costo asociado al combustible; con lo cual se obtuvo que:

- El promedio de consumo de combustible en unidades monetarias es de \$1,513.
- El costo por litro de gas natural es de \$8 (Energía C. R., 2019).

Posteriormente, se realizaron los cálculos mostrados en la **Tabla 36**, con los cuales ya es posible realizar el cálculo de las emisiones.

*Tabla 36 Cálculos de muestreo necesarios para determinar las emisiones*

<b>Combustible/diario (\$)</b>	<b>Combustible/diario (L)</b>	<b>Litros/año</b>
1,513	189.125	3,451,531.25

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de las emisiones se utilizó el formato proporcionado por la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA); el cual tiene por objetivo orientar respecto a las técnicas y fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones o compuestos de efecto invernadero, calculando las emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) derivadas del consumo y oxidación de combustibles en motores de combustión interna en fuentes móviles estipulado en el **Artículo 5º, Fracción II**.

El cálculo de emisiones para la Ruta 36 se muestra en la **Tabla 37** y la **Figura 5454**.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

Tabla 37 Emisiones por muestreo directas de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (CyGEI) Ruta 36

Emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) Ruta 36									
Combustible	Consumo anual (L)	Factores de emisión			Poder calorífico (MJ/bl)	Emisiones anuales (tCO <sub>2</sub> eq)			Emisiones anuales (tCO <sub>2</sub> eq)
		CO <sub>2</sub> (ton/MJ)	CH <sub>4</sub> (kg/MJ)	N <sub>2</sub> O (kg/MJ)		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Gas Natural	3451531.25	0.0000693	0.000025	0.000008	5122	7705.878	77.837	235.735	8019.451

Fuente: Elaboración propia

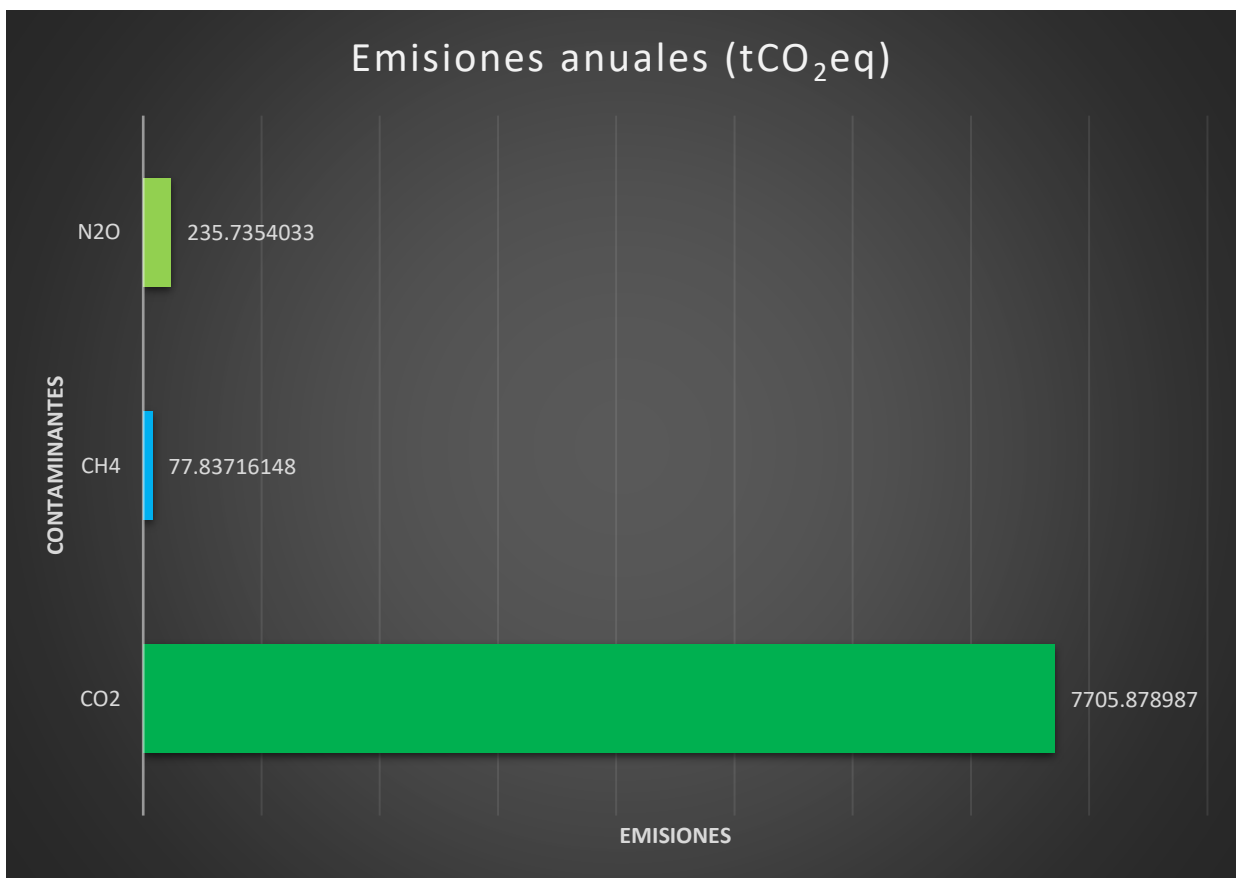


Figura 54 Grafica de Emisiones anuales por muestreo para la Ruta 36

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3.6.1.3. Comparativa de emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI).

Resulta importante observar cómo difiere la parte teórica de lo que sucede realmente tanto para las emisiones como para el costo asociado al consumo de combustible. En la **Figura 55** se muestra de manera gráfica dicha variación en cuanto a contaminantes teniendo una diferencia porcentual del 10.8%.

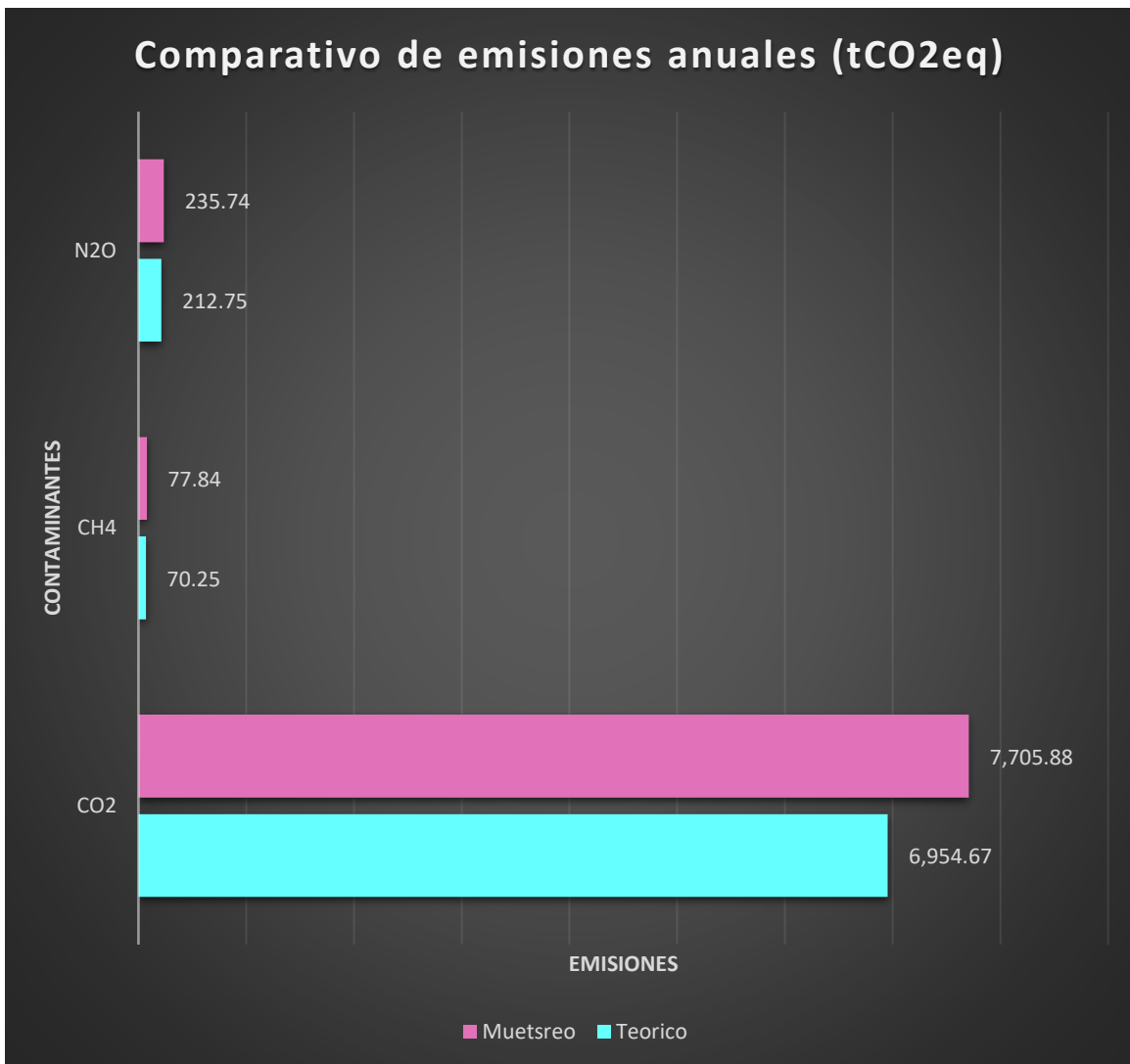


Figura 55 Comparativo de emisiones Teórico vs muestreo

Fuente: Elaboración propia

Respecto al costo que esto representa la **Tabla 38** muestra la correspondencia en variaciones tanto de manera porcentual como monetaria.

*Tabla 38 Variación en costos*

<b>Costo Combustible (\$)</b>	<b>Costo Teórico (\$)</b>	<b>Costo Muestreo (\$)</b>	<b>Variación (\$)</b>	<b>Variación %</b>
8	26,163,200.00	27,612,250.00	1,449,050.00	5.538504464

Fuente: Elaboración propia

Con la información antes analizada fue posible observar la ineficiencia operativa de la Ruta 36 en cualquiera de las dos corridas lo cual impacta directamente en la generación de emisiones y a su vez en la calidad de vida de los ciudadanos, por lo cual resulta evidente la necesidad de plantear alternativas que no solo optimicen la operación del servicio, sino que también ayuden a minimizar el impacto ambiental que este genera.

Con esto en mente es posible reducir los tiempos ceros en las corridas por medio de la asignación de paradas establecidas basándose en zonas de cobertura de la afluencia de usuarios y la delimitación entre distancias de estas de acuerdo con las distancias permitidas y especificadas para el diseño de éstas.



## 6. CAPÍTULO VI. DETERMINACIÓN DE PARADAS ESTABLECIDAS

Para la determinación de las paradas establecidas se siguió la siguiente metodología.

1. Con la información geográfica recolectada para el diagnóstico de la ruta, se crearon capas; véase **Anexo 8** para cada uno de los recorridos (42 en total, 21 en la corrida CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos y 21 en la corrida Glorieta de Vaqueritos-CETRAM Taxqueña).
2. Posteriormente se realizó una intersección de dichas capas por cada uno de los días; es decir se unieron los tres horarios de muestreo por día en una sola capa resultando en siete capas en la corrida CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos y siete en la corrida Glorieta de Vaqueritos-CETRAM Taxqueña.
3. Debido al número de puntos geográficos coincidentes con respecto a las paradas, se realizó una fusión de estas por corrida; con la cual las coordenadas geográficas de paradas coincidentes se unieron creando nuevos atributos para cada una de estas (2 capas en total) una por cada corrida.
4. Con dichas capas se realizó un análisis estadístico-espacial.
5. Tomando como base dicho análisis y las distancias permitidas en el diseño de paradas se determinaron las paradas establecidas para cada corrida.

Todo lo anterior se realizó utilizando el Software Arcgis Pro; el cual es un Sistema de Información Geográfica (SIG); para mayor referencia respecto a los SIG véase el **Anexo 9**

## 6.1. Procedimiento para intersección de las capas

Para realizar la intersección de las capas se utilizó la herramienta intersecar la cual calcula una intersección geométrica de las entidades de entrada. Las entidades o partes de entidades que se superponen en todas las capas y/o clases de entidad se escriben en la clase de entidad de salida, en la cual los valores de atributo de las clases de entidad de entrada se copiarán a la clase de entidad de salida.

La **Figura 56** muestra la caja de dialogo de dicha herramienta mientras que la **Tabla 39** muestra la tabla de atributos creada por esta.

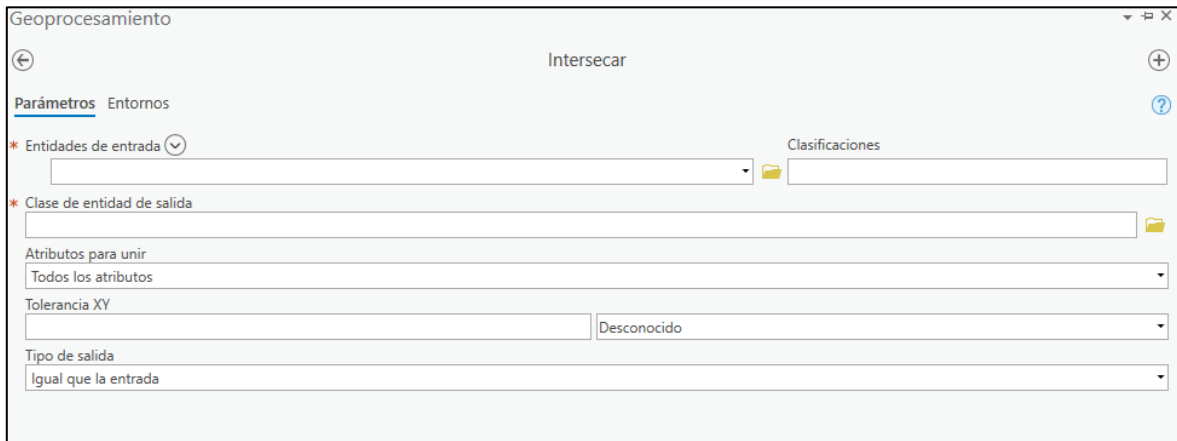


Figura 56 Caja de dialogo de intersecar

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

Tabla 39 Tabla de atributos de intersección

FID_VT	LAT	LONG	TIPO	AFLU	DIA	FID_VN	LAT_1	LONG_1	TIPO_1	AFLU_1	DIA_1	FID_VM	LAT_12	LONG_2	TIPO_12	AFLU_12	DIA_12
5	19.290	-99.126	X	2	VT	5	19.291	-99.126	X	2	VN	6	19.289	-99.126	X	3	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	5	19.291	-99.126	X	2	VN	7	19.291	-99.126	X	5	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	5	19.291	-99.126	X	2	VN	8	19.292	-99.126	X	1	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	6	19.291	-99.126	X	4	VN	6	19.289	-99.126	X	3	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	6	19.291	-99.126	X	4	VN	7	19.291	-99.126	X	5	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	6	19.291	-99.126	X	4	VN	8	19.292	-99.126	X	1	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	7	19.293	-99.126	X	6	VN	6	19.289	-99.126	X	3	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	7	19.293	-99.126	X	6	VN	7	19.291	-99.126	X	5	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	7	19.293	-99.126	X	6	VN	8	19.292	-99.126	X	1	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	8	19.294	-99.125	X	1	VN	6	19.289	-99.126	X	3	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	8	19.294	-99.125	X	1	VN	7	19.291	-99.126	X	5	VM
5	19.290	-99.126	X	2	VT	8	19.294	-99.125	X	1	VN	8	19.292	-99.126	X	1	VM
6	19.291	-99.126	X	1	VT	5	19.291	-99.126	X	2	VN	6	19.289	-99.126	X	3	VM
6	19.291	-99.126	X	1	VT	5	19.291	-99.126	X	2	VN	7	19.291	-99.126	X	5	VM

## 6.2. Procedimiento para fusionar las capas

Tomando las capas resultantes se procede a fusionarlas por medio de la herramienta de administración de datos denominada fusionar, la cual en una capa única la cual realiza una relación entre las tablas de atributos anexando y sumando los atributos de una en la otra en función de un campo común a ambas; esta herramienta acumula los datos numéricos, la **Figura 57** muestra la caja de dialogo de la herramienta fusionar.

Para propósitos de este trabajo la fusión se realizó por medio de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) y los datos acumulados fueron los correspondientes a la afluencia, resultando en una capa por corrida con su respectiva tabla de atributos la cual se muestra en la **Tabla 40**.



Figura 57 Caja de dialogo herramienta fusionar

Tabla 40 Tabla de atributos de la fusión

LAT	LONG	TIPO	DIA	LAT_1	LONG_1	TIPO_1	DIA_1	LAT_12	LONG_2	TIPO_12	AFLU	DIA_12
19.302	-99.125	PE	DT	19.304	-99.125	X	DN	19.304	-99.125	X	8	DM
19.302	-99.125	PE	DT	19.304	-99.125	X	DN	19.304	-99.124	X	2	DM
19.302	-99.125	PE	DT	19.304	-99.124	X	DN	19.304	-99.125	X	8	DM
19.302	-99.125	PE	DT	19.304	-99.124	X	DN	19.304	-99.124	X	2	DM
19.308	-99.124	X	DT	19.307	-99.124	PE	DN	19.307	-99.124	PE	3	DM
19.314	-99.124	PE	DT	19.315	-99.124	X	DN	19.315	-99.124	X	1	DM
19.317	-99.126	PE	DT	19.316	-99.125	X	DN	19.316	-99.125	X	1	DM
19.341	-99.137	PE	DT	19.341	-99.137	PE	DN	19.341	-99.137	PE	3	DM
19.290	-99.126	X	VT	19.291	-99.126	X	VN	19.289	-99.126	X	3	VM
19.290	-99.126	X	VT	19.291	-99.126	X	VN	19.291	-99.126	X	5	VM

### 6.3. Análisis estadístico espacial

El análisis utilizado para este trabajo es denominado Análisis de puntos calientes (Getis-Ord) el cual identifica clústeres espaciales (agrupamientos espaciales) estadísticamente significativos de valores altos (puntos calientes) y valores bajos (puntos fríos).

Dicho análisis funciona mediante la búsqueda de entidades dentro del contexto de entidades próximas o vecinas, en la cual una entidad con un valor alto es interesante, pero es posible que no sea un punto caliente (hot spot) estadísticamente significativo, para poder serlo debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras con valores altos y los puntos fríos (cold spots) son puntos que a su alrededor tienen valores más bajos. La suma local para una entidad y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de todas las entidades; cuando la suma local es muy diferente de la esperada, y esa diferencia es demasiado grande como para ser el resultado de una opción aleatoria, se obtiene como consecuencia una puntuación z estadísticamente significativa. Tanto las puntuaciones z (desviaciones estándar) como los valores p (nivel de significancia) se asocian con la distribución normal estándar, como se muestra a continuación en la **Figura 58**.

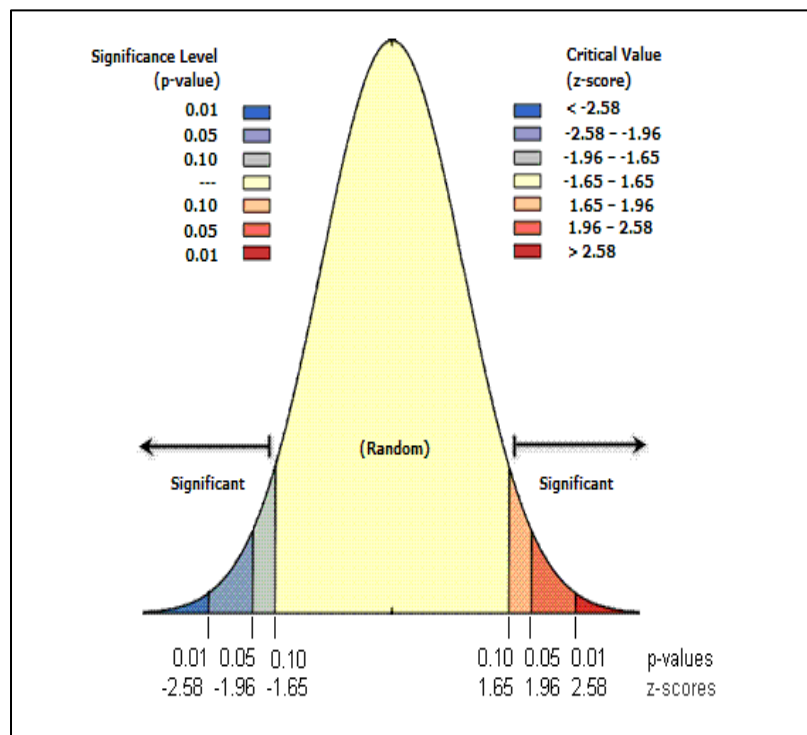


Figura 58 Ejemplificación de análisis de puntos calientes (Arcgis, 2019)

Este análisis crea una nueva clase de entidad de salida con una puntuación  $z$ , un valor  $P$  y un indexado de nivel de confianza ( $G_i\_Bin$ ) para cada entidad en la clase de entrada, las puntuaciones  $z$  y los valores  $p$  son medidas de significancia estadística que indican si se rechazará la hipótesis nula; la cual indica que la distribución espacial de los elementos se da de forma completamente aleatoria, postula que el patrón espacial observado de los datos representa una de las tantas ordenaciones espaciales posibles ( $n!$ ), entidad por entidad. En efecto, indican si el clustering espacial de valores altos o bajos observado es más marcado de lo que se espera en una distribución aleatoria de esos mismos valores. A continuación, se explicará cada una de las salidas creadas:

- El campo  $G_i\_Bin$  identifica puntos calientes y puntos fríos estadísticamente significativos, las entidades en los bins  $\pm 3$  reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 99 por ciento; las entidades en los bins  $\pm 2$  reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 95 por ciento; las entidades en los bins  $\pm 1$  reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 90 por ciento; y el clustering para las entidades en el bin 0 no es estadísticamente significativo de acuerdo con lo indicado por la documentación del programa (Arcgis, 2019). Cuando se marca el parámetro opcional Aplicar corrección False Discovery Rate (FDR), los valores  $p$  críticos que determinan los niveles de confianza se reducen para dar cuenta de la realización de varias pruebas y la dependencia espacial.
- Una puntuación  $z$  alta y un valor  $P$  pequeño para una entidad indican un clustering espacial de valores altos. Una puntuación  $z$  negativa baja y un valor  $P$  pequeño indican un clustering espacial de valores bajos. Mientras más alta (o más baja) sea la puntuación  $z$ , más intenso será el clustering. Una puntuación  $z$  cercana a cero indica que no hay un clustering espacial evidente, el orden o acomodo aleatorio.

Para dicho análisis el campo a analizar para cada una de las corridas es la afluencia de pasajeros.

Para mayor referencia respecto a los cálculos realizados por dicho análisis véase el **Anexo 10**.

### 6.3.1. Análisis de puntos calientes (hot spots) para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

Al realizar el análisis de puntos calientes para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos los resultados fueron los siguientes:

Como se observa, en cuanto a la afluencia de pasajeros el análisis de la estadística espacial Getis-Ord evidencia concentraciones Hot Spots (puntos calientes, en tonalidades rojas) en zonas específicas de la corrida: al cruzar Calzada Taxqueña, en la cercanía de las calles Erasmo Castellanos Quito, Estrella Binaria, Lira y Astron, en la Avenida Tizanas y finalmente al cruzar el Glorieta de Vaqueritos.

A partir de este análisis también se presentan las zonas de concentración donde es menos probable que la afluencia de pasajeros Cold spots (puntos fríos, en tonalidades azules) se presenta en: Calzada de la Virgen y sus alrededores., finalmente el resto de las paradas realizadas no cuentan con significancia estadística y se encuentran representadas en color gris. La **Figura 59** muestra de manera gráfica lo anteriormente mencionado y la **Tabla 41** muestra los resultados del análisis.

Este análisis nos proporciona una clara idea de la probabilidad con la que se realizan las paradas con respecto al número de usuarios que las utilizan, por lo cual los puntos calientes (hot spots) se deben tomar en consideración para el establecimiento de paradas fijas.

*Tabla 41 Resultados del análisis de puntos calientes para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos*

SOURCE_ID	AFLUENCIA	GiZScore	GiPValue	NNeighbors	Gi_Bin
1	6	2.59513597	0.00945535	258	3
2	6	2.59513597	0.00945535	258	3
3	6	2.59513597	0.00945535	258	3
4	6	2.59513597	0.00945535	258	3
5	1	-1.00068882	0.31697729	258	0
6	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
7	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
8	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
9	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
10	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
11	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
12	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
13	3	-0.35426549	0.72313993	258	0
14	3	-0.35426549	0.72313993	258	0

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Figura 59 Análisis de Puntos calientes para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia



### 6.3.2. Análisis de puntos calientes (hot spots) para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña-

Al realizar el análisis de puntos calientes para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos-CETRAM Taxqueña los resultados fueron los siguientes:

Como se observa, en cuanto a la afluencia de pasajeros el análisis de la estadística espacial Getis-Ord evidencia concentraciones HotSpots (puntos calientes, en tonalidades rojas) en zonas específicas de la corrida: calle el Cántaro, en las zonas aledañas a la Bodega Aurrera, antes de cruce con Calzada Acoxta, en la cercanía de la calle Siena, antes del cruce con Calzada del Hueso y finalmente al cruzar Calzada del Hueso.

A partir de este análisis también se presentan las zonas de concentración donde es menos probable que la afluencia de pasajeros Coldspots (puntos fríos, en tonalidades azules) se presentan en: las cercanías de Calzada de las Brujas, la Alameda Sur y en la calle 8, finalmente el resto de las paradas realizadas no cuentan con significancia estadística y se encuentran representadas en color gris. La **Figura 60** muestra de manera gráfica lo anteriormente mencionado y la **Tabla 42** muestra los resultados del análisis.

Este análisis nos proporciona una clara idea de la probabilidad con la que se realizan las paradas con respecto al número de usuarios que las utilizan, por lo cual los puntos calientes se deben tomar en consideración para el establecimiento de paradas fijas.

*Tabla 42 Resultados del análisis de puntos calientes para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña-*

SOURCE_ID	AFLUENCIA_	GiZScore	GiPValue	NNeighbors	Gi_Bin
1	8	2.9332903	0.0033539	335	3
2	2	2.62516651	0.00866066	335	2
3	8	2.9332903	0.0033539	335	3
4	2	2.62516651	0.00866066	335	2
5	3	- 5.11060991	3.2112E-07	335	-3
6	1	- 2.00961427	0.04447203	335	-1
7	1	- 1.31554329	0.18832738	335	0
8	3	- 0.65295835	0.51378314	335	0
9	3	3.57316013	0.0003527	335	3
10	5	3.5579669	0.00037374	335	3
11	1	3.81158159	0.00013808	335	3
12	3	3.57316013	0.0003527	335	3
13	5	3.5579669	0.00037374	335	3
14	1	3.81158159	0.00013808	335	3

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

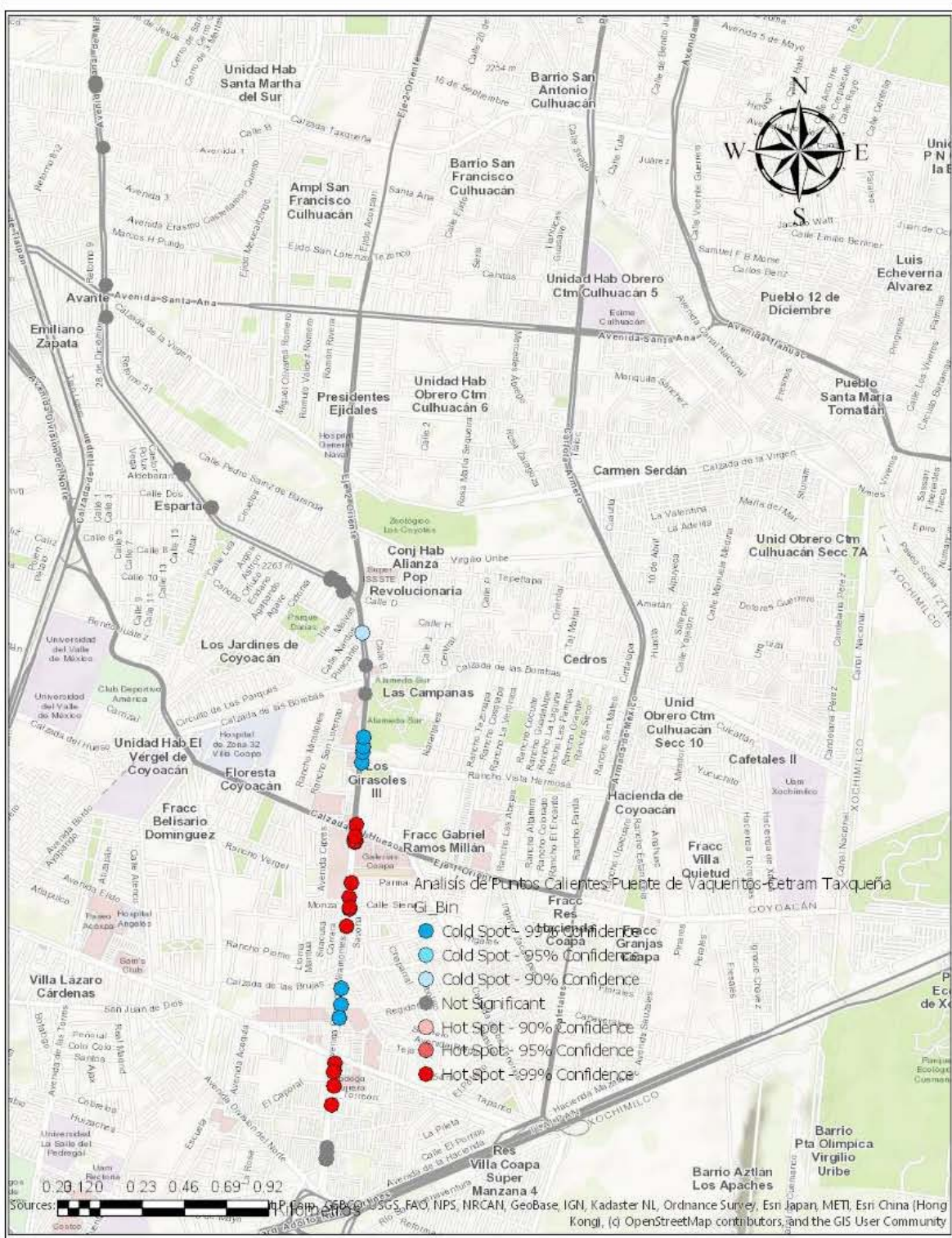


Figura 60 Análisis de Puntos calientes para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña-

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4. Determinación de paradas establecidas

Con la información obtenida por el análisis presentado en la **Sección 6.3** del presente trabajo y con lo estudiado en la revisión de literatura ,la cual indica que las paradas para transporte público de pasajeros en zona urbana deben encontrarse en un intervalo de distancia que oscila entre los 400 y los 800 metros, se realizaron las mediciones pertinentes para su establecimiento tomando como punto de partida el inicio de recorrido ,los puntos calientes determinaron la localización de paradas específicas basadas en la afluencia y el punto final de recorrido se estableció como la última parada del recorrido.

En cuanto a las mediciones de distancia entre las paradas establecidas propuestas esta se realizó mediante la herramienta “medir” de ArcGIS, la cual permite seguir la geometría de la vialidad, calculando las distancias de manera precisa.

En el apartado **6.4.1** y **6.4.2** se muestran la localización geográfica de cada una de dichas paradas por corrida.

#### 6.4.1. Paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

Del análisis y medición se delimitaron 16 paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos las cuales se muestran de manera gráfica en la **Figura 61** y en la **Tabla 43** se encuentran las distancias y referencias asociadas a estas.

*Tabla 43 Distancia y referencia de las paradas establecidas propuestas CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos*

<b>DISTANCIA Y REFERENCIA DE LAS PARADAS ESTABLECIDAS PROPUESTAS</b>		
<b>PARADA</b>	<b>DISTANCIA (metros)</b>	<b>REFERENCIA</b>
<b>ORIGEN</b>	0	CETRAM Taxqueña
<b>PARADA 1</b>	575	Después del cruce con Calzada Taxqueña
<b>PARADA 2</b>	494.30	Calle Álvaro Gálvez y Fuentes
<b>PARADA 3</b>	563.90	Calzada la Virgen
<b>PARADA 4</b>	606.79	Calle Retorno 49
<b>PARADA 5</b>	524.96	Calle Aldebarán
<b>PARADA 6</b>	466.39	Calle Lira
<b>PARADA 7</b>	541.13	Calle Parque Real
<b>PARADA 8</b>	589.22	Antes del cruce con Calzada de las Bombas
<b>PARADA 9</b>	420.73	Calle Rancho Vista Hermosa
<b>PARADA 10</b>	400	Antes del cruce con Calzada del Hueso
<b>PARADA 11</b>	429.41	Calle Monza
<b>PARADA 12</b>	484.87	Después del cruce con Calzada las Brujas
<b>PARADA 13</b>	400	Antes del cruce con Calzada Acoxpa
<b>PARADA 14</b>	436.97	Avenida la Garita
<b>PARADA 15</b>	455.02	Calle el Cárcamo
<b>DESTINO</b>	655.66	Calle Rincón del Río

Fuente: Elaboración propia

Las paradas después del cruce fueron establecidas de esta manera debido a la afluencia de las calles con las que se intersecan y al flujo vehicular de estas, para el caso la parada 13 se determinó que la localización después del cruce era lo ideal debido a la afluencia de usuarios en dicha zona; finalmente es observable que la distancia entre la parada 15 y el destino cuenta con mayor longitud, debido a la geometría de la vialidad (Glorieta de Vaqueritos), el cual al ser elevado y no presentar banquetas para el uso de peatones ni área para ascenso y descenso, el establecer una parada en cualquier punto de esta es considerado de riesgo.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

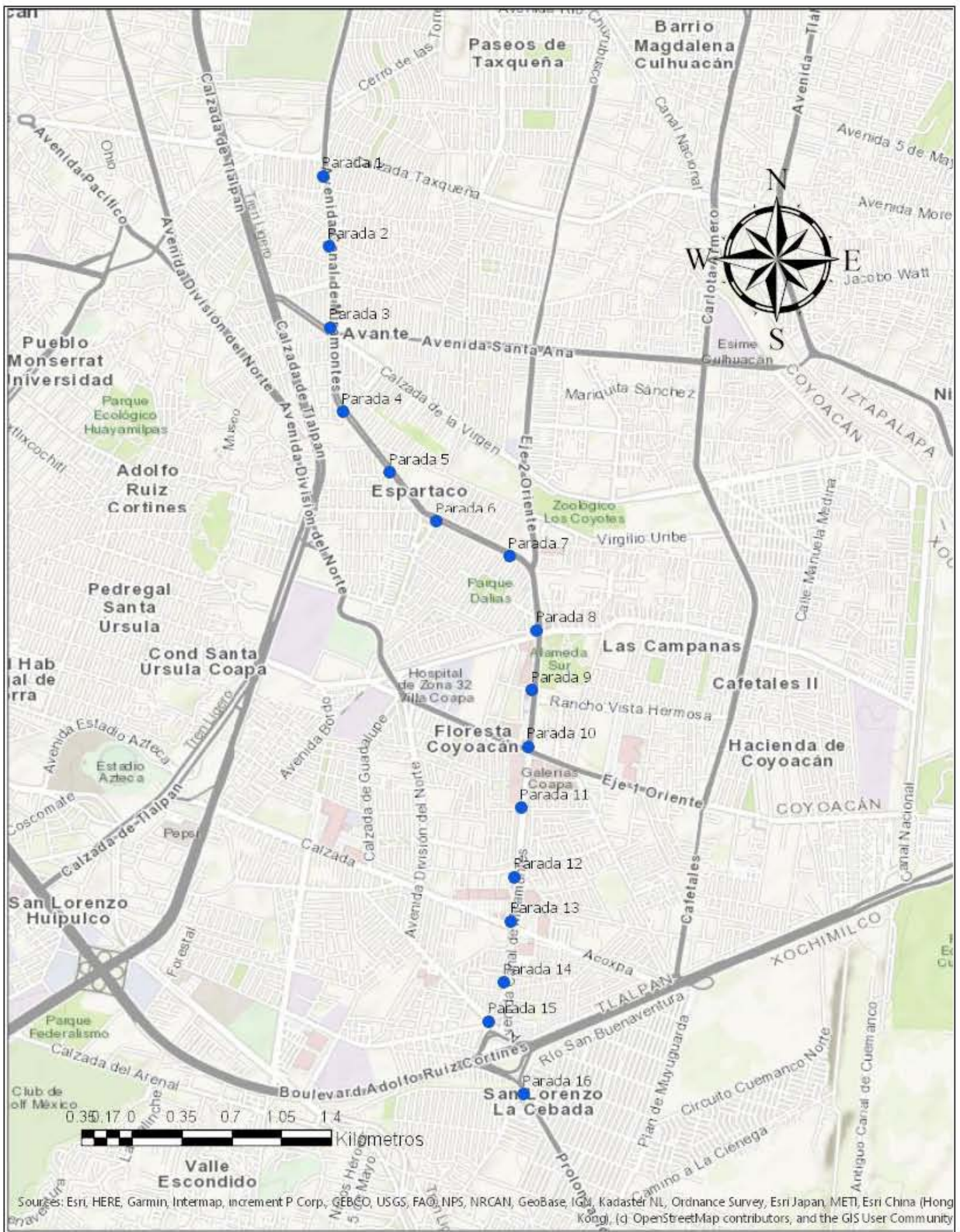


Figura 61 Paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.2. Paradas establecidas para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña.

Del análisis y medición se delimitaron 14 paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos -CETRAM Taxqueña- las cuales se muestran de manera gráfica en la **Figura 62** y en la **Tabla 43** se encuentran las distancias y referencias asociadas a estas.

*Tabla 44 Distancia y referencia de las paradas establecidas propuestas Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña*

<b>DISTANCIA Y REFERENCIA DE LAS PARADAS ESTABLECIDAS PROPUESTAS</b>		
<b>PARADA</b>	<b>DISTANCIA (metros)</b>	<b>REFERENCIA</b>
<b>ORIGEN</b>	0	Calle 14 de febrero
<b>PARADA 1</b>	783.09	Avenida del Fortín
<b>PARADA 2</b>	474.39	Antes del cruce con Calzada Acoxta
<b>PARADA 3</b>	411.52	Antes del cruce con Calzada las Brujas
<b>PARADA 4</b>	461.84	Calle Siena
<b>PARADA 5</b>	400	Antes del cruce con Calzada del Hueso
<b>PARADA 6</b>	400	Calle Rancho Vista Hermosa
<b>PARADA 7</b>	434.40	Antes del cruce con Calzada de las Bombas
<b>PARADA 8</b>	443.53	Avenida Escuela Naval Militar
<b>PARADA 9</b>	746.89	Calle Ciruelos
<b>PARADA 10</b>	584.65	Calle Pedro Sainz de Baranda
<b>PARADA 11</b>	448.28	Calle Retorno 49
<b>PARADA 12</b>	547.25	Después del cruce con Calzada la Virgen
<b>PARADA 13</b>	566.67	Avenida 3
<b>PARADA 14</b>	567.64	Antes del cruce con Calzada Taxqueña
<b>DESTINO</b>	843.47	CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia

Para esta corrida la distancia entre el origen y la primera parada tiene una longitud de 783.09 metros debido a la geometría de la vialidad (Glorieta de Vaqueritos) que como se mencionó anteriormente el establecimiento de paradas en dicha zona representa un riesgo tanto para los usuarios como para los vehículos; en cuanto a las paradas establecidas después del cruce se delimitaron de esta manera debido a la afluencia de las calles con las

que se intersecan y al flujo vehicular de estas, para el caso la parada nueve la distancia correspondiente a esta es grande debido a la falta de afluencia de usuarios en dicha zona, la parada 12 se localiza después del cruce debido a la afluencia de usuarios en dicha zona; finalmente es observable que la distancia entre la parada 14 y el destino cuenta con mayor longitud, esto debido a la geometría de la vialidad, la cual presenta nueve carriles de los cuales seis carriles; los correspondientes a la extrema derecha e izquierda tienen sentido en dirección sur y los tres carriles centrales circulan en dirección norte, por lo cual establecer una parada en dicha zona representa un riesgo.

Al implementar las paradas establecidas propuestas el número de paradas se reduciría en un 46%, el cual impacta directamente en los tiempos "0" y por lo tanto en la generación de emisiones de dicha ruta.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

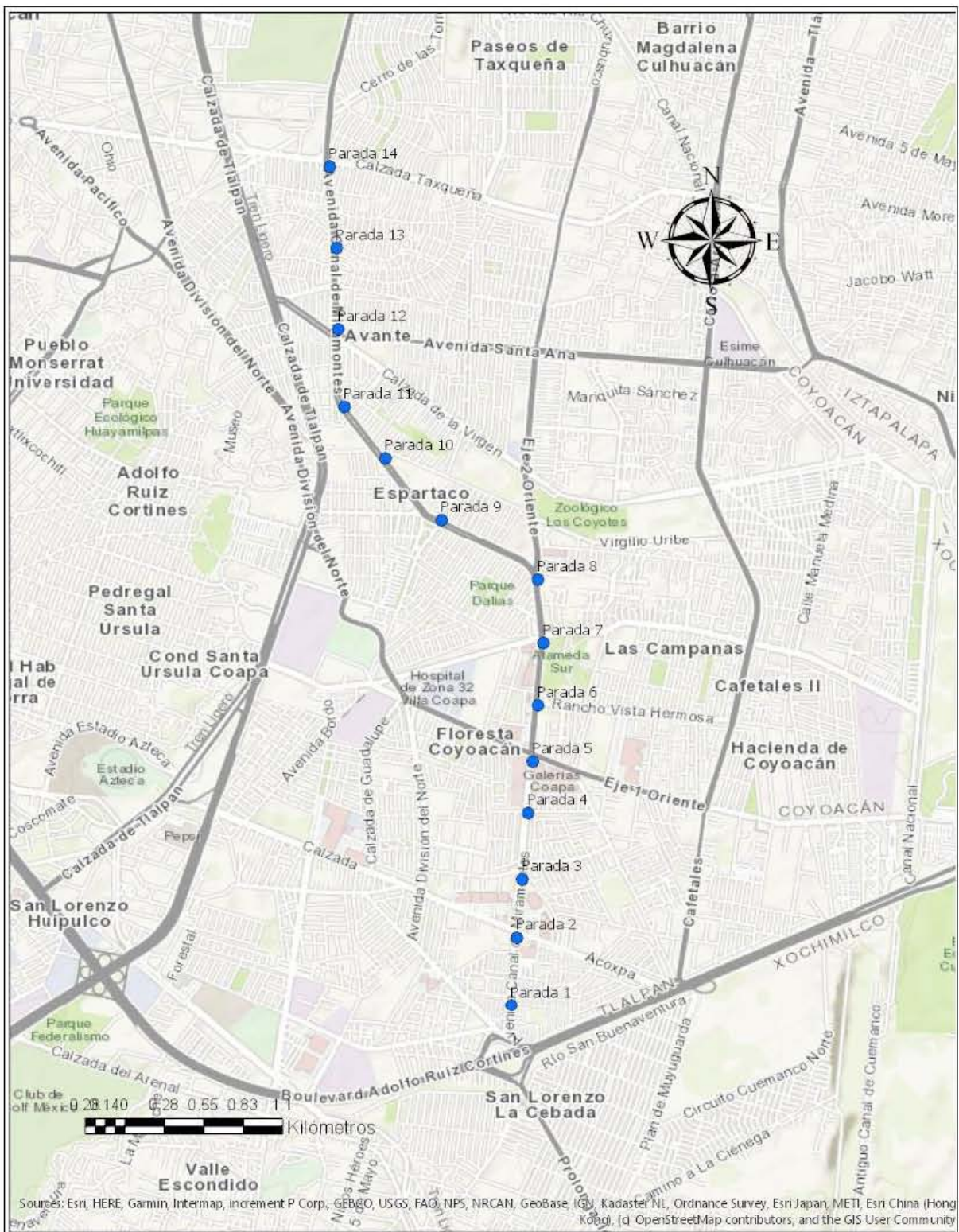


Figura 62 Paradas establecidas propuestas para la corrida con dirección Glorieta de Vaqueritos- CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia



## 7. CAPITULO VII.

### DETERMINACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO (CYGEI) CON BASE EN LAS PARADAS ESTABLECIDAS PROPUESTAS.

Al determinar las paradas establecidas es posible calcular el consumo anual de gasolina de la ruta tomando como base para calcular los porcentajes de disminución de consumo la información proporcionada por la Comisión Nacional para el uso Eficiente de Energía en sus guías para el automovilista y operador eficiente las cuales indican que (Energía C. N., 2018) (Energía C. N., 2018):

- Aceleración después de llegar a velocidad 0: +50%.
- Tránsito denso: +15%
- Velocidades menores a 40km/h (tiempos "0"): +25%

La **Tabla 45** muestra los porcentajes de disminución asociados, el rubro de aceleración después de llegar a velocidad cero y velocidades menores a 40km/h se determinó mediante el cálculo de la variación con respecto al número de paradas y en el rubro de tránsito denso; debido a esta es una variable no controlable se le asignó la mitad del porcentaje.

*Tabla 45 Calculo de disminución de consumo de combustible*

CONCEPTO	AUMENTO (%)	DISMINUCION CORRESPONDIENTE (%)
<b>Aceleración después de llegar a la velocidad 0</b>	0.5	0.23
<b>Tránsito denso</b>	0.15	0.075
<b>Velocidades menores a 40km/h</b>	0.25	0.115

Fuente: Elaboración propia

Con dichos datos fue posible realizar el cálculo de combustible el cual equivale a 2,001,888.125 litros anuales, y corresponde a un 42% menos de consumo de este.

Posteriormente se determinaron las emisiones de la ruta las cuales se muestran en la **Tabla 46**, el cual tiene un costo asociado de \$16,015,105.00.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

Tabla 46 Cálculo de emisiones después del establecimiento de paradas

Emisiones directas de gases y compuestos de efecto invernadero (CyGEI) Ruta 36									
Combustible	Consumo anual (L)	Factores de emisión			Poder calorífico (MJ/bl)	Emisiones anuales (tCO <sub>2</sub> eq)			Emisiones anuales (tCO <sub>2</sub> eq)
		CO <sub>2</sub> (ton/MJ)	CH <sub>4</sub> (kg/MJ)	N <sub>2</sub> O (kg/MJ)		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Gas Natural	2001888.125	0.0000693	0.000025	0.000008	5122	4469.409	45.145	136.726	4651.2819

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de mostrar que no sólo existe una mejora en el impacto ambiental, sino también, en los costos operativos del servicio se realiza la comparativa de costos mostrada en la **Tabla 47**.

Tabla 47 Comparativa del escenario actual contra el propuesto

CONCEPTO	CANTIDAD
Costo	\$ 16,015,105.00
Costo actual	\$ 27,612,250.00
Variación (\$)	\$ 11,597,145.00
Variación (%)	-42

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El transporte público de pasajeros es de suma importancia para la dinámica de las urbes, ya que sin éste la movilidad no existiría y con ello impactaría directamente en la economía, salud, servicios ,etc., las implicaciones relacionadas al correcto funcionamiento de un sistema de transporte publico resultan ser complejas ya que en la mayoría de las ocasiones este no es analizado, ni planeado desde un enfoque sistémico, por lo cual se realizan acciones que impactan solo en una parte de dicho sistema y no en su conjunto sin tomar en cuenta las externalidades que estas puedan ocasionar.

Al analizarlo como un sistema (abierto) podemos observar todos componentes (**Figura 63**), y de esta forma lograr una anticipación e identificación de las interrelaciones entre sus distintos componentes, diseñar y proponer acciones concretas sobre otros elementos del sistema (físicos y no físicos) para alcanzar una integración entre estos.

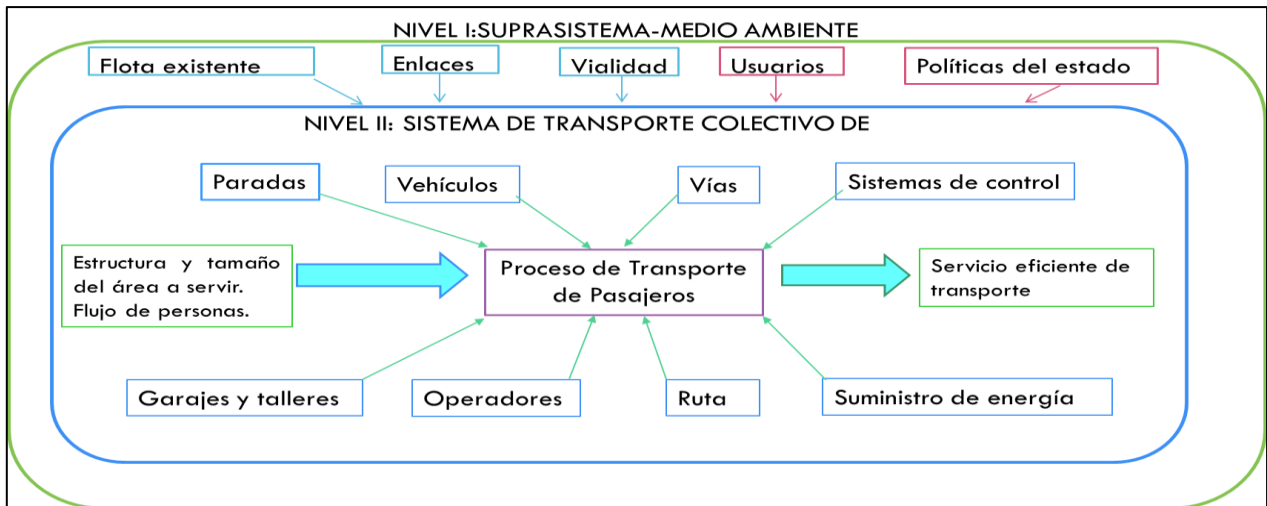


Figura 63 Componentes del Sistema de Transporte Público de Pasajeros

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el sistema uno de los impactos asociados con mayor relevancia resulta ser su impacto ambiental, ya que, si bien el transporte público de pasajeros es responsable únicamente del 30% de las emisiones contaminantes de efecto invernadero, este carece de regulaciones específicas respecto a esto e incluso en momentos de contingencia ambiental dicho medio de transporte no detiene su servicio, en todo caso es más utilizado. Por lo tanto, es conveniente llevar a cabo acciones para que, al optimizar la parte operativa, el impacto ambiental se igualmente reducido.

Para el caso de estudio al establecer paradas específicas los tiempos ceros en recorrido disminuyeron en un 46%, las emisiones contaminantes asociadas y el costo operativo asociado al consumo de combustible disminuyeron en 42%, asimismo no se impacta exclusivamente en estos rubros, sino también en la calidad del servicio mediante tiempos de corrido más cortos, eliminando riesgos asociados al ascenso y descenso en zonas peligrosas etc.

Con dicha premisa en mente es observable mediante el presente trabajo que el objetivo planteado se alcanzó en su totalidad y sobre todo que al realizar pequeños cambios de bajo impacto económico; ya que las paradas no requieren de una infraestructura específica sino de señalización; el impacto positivo asociado es de gran relevancia.

De igual forma resulta pertinente mencionar que las paradas no deben ser establecidas de manera arbitraria, sino contando con un sustento metodológico, ya que uno de los componentes y en realidad la finalidad del sistema son el proveer a los usuarios de un medio de transporte brinde una mejor respuesta del servicio a las demandas poblacionales tomando en cuenta los patrones de localización, la densidad de las actividades urbanas, los atributos, condiciones y localización de la infraestructura, las instalaciones viales, las características tecnológicas y operacionales, el marco legal e institucional .

Como aportación principal se encuentra la metodología utilizada para la obtención de datos, así como la utilizada para la determinación de las paradas establecidas propuestas; ya que ambas fueron desarrolladas para el presente trabajo y son replicables para cualquier ruta de estudio en la que sean requeridas.

## Recomendaciones

El diagnóstico cuantitativo y el análisis estadístico espacial o análisis exploratorio de datos espaciales como los presentados en este trabajo es recomendable para aplicarse en todas las rutas que recorren la vialidad con la finalidad de comprender las interacciones existentes y lograr amplificar el impacto de esta propuesta.

De igual manera es recomendable la delimitación del carril confinado (extrema derecha o izquierda según sea la dirección) ya que muchos de los riesgos en que incurren los operadores al cambiar de carril están asociados con la ocupación de terceros de este y esto agilizaría los recorridos impactando en el tiempo de recorrido, el congestionamiento al que se enfrentan y en consecuencia en los tiempos "0" y emisiones contaminantes.

Otra recomendación pertinente es la creación de políticas por parte de la administración de la ruta en cuanto a la delimitación y uso de paradas para ascenso y descenso; posiblemente contando con algún sistema de sanciones a los operadores.

Debido a que el sistema de transporte público de pasajeros se encuentra regido y limitado por políticas estatales se considera necesario replantear y/o crear estas, realizando un análisis de todas las implicaciones que puedan generar y de ser posible utilizando el enfoque sistémico con la

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

---

finalidad de entender todas las externalidades y cómo van a afectar a los componentes de este. Este último punto se encuentra fuera del alcance del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anselin, L. (1998). "Exploratory Sapatial Data Analysis in a Geocomputational Environment". *GeoComputación 1998* (p. 4). Bristol (UK): Regional Research Institute and Department of Economics.
- Arcgis. (2019, 05 15). *Arcgis Desktop*. Retrieved from <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/hot-spot-analysis.htm>
- Arturo, R. T. (2006). Estudio Comparado de los Medios de Transporte. MÉXICO: IPN.
- Bank, W. (2018). *The world bamk*. Retrieved 01 05, 2018, from <http://www.worldbank.org/en/topic/transport/overview#2>
- CONAPO. (2007). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005. Mexico: CONAPO.
- Energía, C. N. (2018). Guía para el automovilista eficiente. Ciudad de México: Secretaría de Energía.
- Energía, C. N. (2018). Guía para el operador eficiente. Ciudad de México: Secretaría de Energía.
- Energía, C. R. (2019). *Comisión Reguladora de Energía*. Retrieved 05 25, 2019, from <http://www.cre.gob.mx/ConsultaPrecios/GasLP/PlantaDistribucion.html?idiom=es>
- Federal, G. d. (2014). *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. México.
- García, C. N. (1996). Ciudad de los viajero: travesías e imaginarios urbanos. 24-33.
- García, L. J. (2014). "Hacia un sitema de movilidad urbana integral y sustentable en la Zona Metropolitana del Valle de México". México,D.F.: Universidad Iberoamericana.
- Geografía, I. N. (2017). *INEGI*. Retrieved 03 08, 2018, from [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Henry, E. (1985). "Les approches analytiques des transports urbains en Amérique Latine". *En Transports urbains et services en Amérique Latine.*, 37 y 43.
- INEGI. (2014). *Cuaderno Geoestadístico y geográfico de la Zona Metropolitana del Valle de México 2014*. México,D.F.: INEGI.
- INEGI. (2017). *Encuesta Origen-Destino*. México,CDMX: INEGI.
- Manuel, I. R. (2012). *Movilidad de pasajeros en México*:. Queretaro: Instituto Mexicano del Transporte.
- Marcos, R. A. (2016). Movilidad Urbana. México: Política y gestion ambiental.
- Metropolitana, C. A. (2002). *Programa para mejorar la calidad del aire en la ZMVM 2002-2010*. México,D.F: Publicaciones CAM.

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.

---

- Metropolitana, C. A. (2010). *Agenda de Sustentabilidad Ambiental* (Primera Edición ed.). México: CAM.
- México, G. d. (2018, 10 06). *CETRAM*. Retrieved from <http://consultacertificado.cdmx.gob.mx:9080/Cetram/Tasquena/CETRAMTasquena.html>
- México, G. d. (2018). *Ecobici*. Retrieved 03 08, 2018, from [www.ecobici.cdmx.gob.mx](http://www.ecobici.cdmx.gob.mx)
- México, G. d. (2018). *Metrobús*. Retrieved 03 08, 2018, from <http://www.metrobus.cdmx.gob.mx>
- México, G. d. (2018). *Secretaría de Movilidad*. Retrieved 04 12, 2018, from [http://smovilidad.edomex.gob.mx/transporte\\_publico](http://smovilidad.edomex.gob.mx/transporte_publico)
- México, G. d. (2018). *Servicio de Transportes Electricos*. Retrieved 03 08, 2018, from <http://www.ste.cdmx.gob.mx/>
- México, G. d. (2018). *Sistema de Movilidad 1*. Retrieved 03 08, 2018, from <http://www.sm1.cdmx.gob.mx>
- México, G. d. (2018). *Sistema de Transporte Colectivo*. Retrieved 03 08, 2018, from <http://metro.cdmx.gob.mx>
- México, G. d. (2018). *Transmexiquense*. Retrieved 03 08, 2018, from [http://secom.edomex.gob.mx/tren\\_suburbano\\_transmexiquense\\_bisentenario](http://secom.edomex.gob.mx/tren_suburbano_transmexiquense_bisentenario)
- Molinero, M. (1997). *Transporte Público.Planeación,diseño,operación y administración*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- OCDE. (2015). *OECD Territorial Reviews: Valle de México*. Paris: OECD Publishing.
- Pública, S. d. (2016). *Secretaria de Seguridad Pública*. Retrieved 03 08, 2018, from [http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/documentos/mapas/velocidades\\_cdmx.pdf](http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/documentos/mapas/velocidades_cdmx.pdf)
- Ríos, L. J. (2015). *Informe sobre la infraestructura carretera*. Estado de México: Instituto de Estudios Legislativos.
- Sheinbaum, C. (2016). Programa de Desarrollo de la Delegación Tlalpan 2015-2018. México,CDMX: Delegación Tlalpan.
- Sheinbaum, C. P. (2012). *Escenario de consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero del transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana de Valle de México*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería.
- SMA. (2018). *Inventario de Emisiones 2016*. CDMX: Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire.
- Urrutia, M. (1981). *"Evaluación del sistema de transporte público de Bogotá"*. Bogota: En Buses y Busetas.

## ANEXOS



*Anexo1:*

*Artículos relacionados con el Transporte Público de Pasajeros*

<b>ARTÍCULOS RELACIONADOS CON EL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS</b>	
<b>Artículo</b>	<b>Contenido</b>
<b>DEL COMITÉ DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO</b>	
<b>6</b>	El Comité del Sistema Integrado de Transporte Público es un órgano colegiado de la Secretaría, cuyo objetivo es diseñar, implementar, ejecutar y evaluar la articulación física, operacional, informática, de imagen y del medio de pago del Sistema Integrado de Transporte Público.
<b>7</b>	El Comité del Sistema se integrará con los titulares de los organismos a que se refiere el artículo 78 de la Ley, y se organizará y funcionará de conformidad con lo dispuesto en la Ley, el presente Reglamento y las disposiciones que para tal efecto se emitan.
<b>DEL COMITÉ DE PROMOCIÓN PARA EL FINANCIAMIENTO DEL TRANSPORTE PÚBLICO</b>	
<b>11</b>	El Comité de Promoción para el Financiamiento del Transporte Público, es un órgano colegiado, cuyo objeto es buscar los mecanismos y ejecutar las acciones necesarias para eficientar el servicio de transporte público, así como renovar periódicamente el parque vehicular y la infraestructura del servicio.
<b>DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE PASAJEROS PÚBLICO MASIVO</b>	
<b>47</b>	El servicio público de transporte de pasajeros de tipo masivo forma parte del Sistema Integrado de Transporte Público, y se prestará mediante los siguientes sistemas: I. El Sistema de Transporte Colectivo; II. El Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México; III. Sistema de Movilidad M1, y IV. Otros que establezca el Jefe de Gobierno mediante Decreto.

<b>DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE PASAJEROS PÚBLICO COLECTIVO</b>	
<b>48</b>	<p>El servicio de transporte de pasajeros público colectivo podrá prestarse de conformidad con las categorías siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>I. Servicio público colectivo de ruta;</li><li>II. Servicio público colectivo de ruta metropolitana;</li><li>III. Servicio de Transporte Público Complementario Directo, que se presta en itinerarios específicos, en el que el ascenso de usuarios es en el origen y su descenso es en el destino exclusivamente;</li><li>IV. Servicio Exprés, que se presta a través de un itinerario específico, con paradas cuya distancia mínima será de 1.5 kilómetros entre cada una de ellas;</li><li>V. El Sistema de Corredores de Transporte Público de pasajeros de la Ciudad de México "Metrobús";</li><li>VI. Servicio Ejecutivo de Corredores de Transporte Público Colectivo: Es el que cuenta con las características del servicio ordinario de corredores de transporte, además de las características específicas que tenga a bien determinar la secretaría para tal efecto;</li><li>VII. Servicio Ordinario de Corredores de Transporte Público Colectivo: Es el que se presta a través de una ruta específica que comprende todas las zonas de ascenso y descenso autorizadas por la Secretaría. Los servicios directo, exprés, así como ejecutivo de corredores pueden tener tarifa diferencial previa solicitud, presentación de estudios técnicos y autorización correspondiente. El servicio de transporte público colectivo metropolitano requiere de un permiso complementario que al efecto expida la Secretaría para la operación de itinerarios, bases e infraestructura complementaria.</li></ul>

<b>DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE PASAJEROS PÚBLICO INDIVIDUAL</b>	
<b>49</b>	<p>El Servicio de Transporte de Pasajeros Público Individual se prestará de conformidad con las siguientes modalidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Libre;</li> <li>II. Sitio;</li> <li>III. Radio Taxi;</li> <li>IV. Taxi de sitio con base en terminales de autobuses foráneos;</li> <li>V. Las que determine la Secretaría y sean publicadas en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México.</li> </ol>
<b>PERMISOS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE TRANSPORTE</b>	
<b>86 y 87</b>	<p>La Secretaría, podrá realizar todas aquellas acciones para que los servicios públicos de transporte de pasajeros garanticen la seguridad de los usuarios, peatones y los derechos de los concesionarios; y otorgarán los permisos correspondientes de acuerdo con la modalidad de transporte de su respectiva competencia;</p>
<b>DE LA PUBLICIDAD EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE</b>	
<b>176-195</b>	<p>La Secretaría podrá autorizar permisos para contratar y colocar temporalmente, anuncios publicitarios en los vehículos que prestan el servicio de transporte público de pasajeros y de carga, así como en ciclo taxis. El titular de la concesión o permiso y las empresas publicitarias, deberán obtener la autorización correspondiente de la Secretaría, la cual quedará sujeta a lo establecido en la Ley, la Ley de Publicidad Exterior de la Ciudad de México y los Reglamentos aplicables.</p>

<b>DE LAS TARIFAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO</b>	
<b>196-198</b>	<p>La tarifa aplicable para el servicio transporte público de pasajeros, podrá ser:</p> <p>I. Diferencial. - Es el costo que se paga por la prestación del servicio en función de la distancia recorrida por el usuario a lo largo de un itinerario, o bien por las características, clase o tipo de servicio;</p> <p>II. Promocional. - Implica una disminución en el precio establecido del servicio, con el propósito de permitir que los usuarios se habitúen a un nuevo servicio de transporte;</p> <p>III. Especial. - Es el costo que se cubre por la prestación del servicio, autorizado por eventos de fuerza mayor;</p> <p>IV. Única o Plana. - Es el costo que se paga por la prestación del servicio, independientemente de la distancia recorrida por el usuario;</p> <p>V. Preferencial. Es el costo que se cubre por la prestación del servicio que realizan los usuarios que será autorizado tomando en cuenta las condiciones particulares de grupos específicos de la población;</p> <p>VI. Extraordinaria. - Es el costo que el usuario paga por la prestación del servicio, que por su tecnología, calidad y operación es superior respecto de los demás servicios;</p> <p>VII.- Nocturna. - Para el transporte público de pasajeros, a partir de las 23:00 horas y hasta las 5:59 horas del día siguiente se podrá cobrar un veinte por ciento adicional de las tarifas vigentes; y</p> <p>VIII.- Convencional. - Es el costo que los usuarios pagan por los servicios de transporte escolar, de personal y de carga, y que pactan libremente con los prestadores del servicio.</p>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2

### Formato de muestro de tipo de parada y afluencia

HORA INCIO	14:17	HORA TERMINO	14:56		
<b>RUTA 36 CETRAM TAXQUEÑA-PARADERO PUENTE DE VAQUERITOS</b>					
NÚMERO DE PARADA	TIPO DE PARADA	ENTRADAS	SALIDAS	OBSERVACIONES	TOTAL
1	S	0	0	TAXQUEÑA	0
2	S	0	0		0
3	C	0	0		0
4	PE	7	0	LA VIRGEN	7
5	S	0	0		0
6	PE	0	1	CALLE 9	1
7	X	1	0		1
8	S	0	0		0
9	PE	0	1		1
10	C	0	0		0
11	X	1	0		1
12	X	0	1		1
13	S	0	0		0
14	S	0	0		0
15	C	0	0		0
16	C	0	0		0
17	C	0	0		0
18	C	0	0		0
19	C	0	0		0
20	X	0	1		1
21	C	0	0		0
22	X	0	4		4
23	S	0	0		0
24	X	2	1	ELECKTRA	3
25	X	0	2	COMER	2
26	PE	1	0	HUESO	1
27	S	0	0		0
28	X	0	1	PERICOAPA	1
29	S	0	0		0
30	X	0	4	SANBORNS	4
31	S	0	0		0
32	X	5	0		5
33	X	1	0	PUERTA MERCADO	1
34	X	0	1		1
35	PE	0	1	CARRETA	1
36	X	0	2	VAQUERITOS	2
					38
PERSONAS EN BASE	18				
TIEMPO DE ESPERA	19				
TIEMPO EN FILA	6				

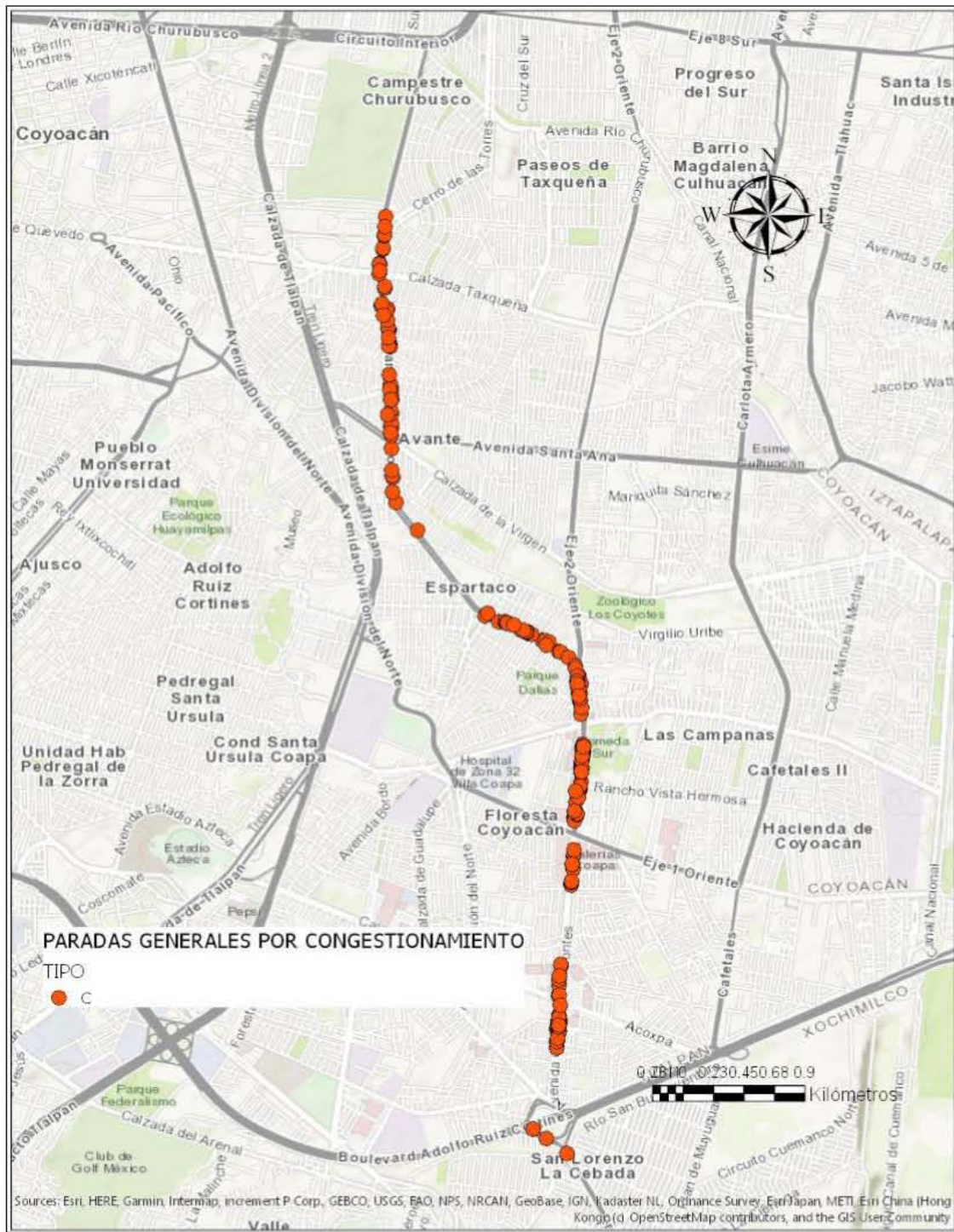
### Anexo 3

Formato de datos obtenidos mediante Oruxmaps y Routeconverter

Cetram Taxqueña-Puente de Vaqueritos: Lunes7:00-9:00						
PUNTO	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	TIPO DE PARADA	AFLUENCIA
1	08/10/2018	07:11:26	19.344129	99.138121	-	-
2	08/10/2018	07:11:27	19.344119	99.138125	-	-
3	08/10/2018	07:11:28	19.344107	99.138128	-	-
4	08/10/2018	07:11:29	19.34409	99.138128	-	-
5	08/10/2018	07:11:30	19.344065	99.138127	-	-
6	08/10/2018	07:11:31	19.344044	99.138128	-	-
7	08/10/2018	07:11:32	19.344018	99.13812	-	-
8	08/10/2018	07:11:33	19.343999	99.138103	-	-
9	08/10/2018	07:11:34	19.343987	99.138082	-	-
10	08/10/2018	07:11:35	19.343975	99.138064	-	-
11	08/10/2018	07:11:36	19.343969	99.138041	-	-
12	08/10/2018	07:11:37	19.343965	99.138019	-	-
13	08/10/2018	07:11:38	19.343955	99.137998	-	-
14	08/10/2018	07:11:39	19.343939	99.13798	-	-
15	08/10/2018	07:11:40	19.343914	99.137966	-	-
16	08/10/2018	07:11:41	19.343874	99.137952	-	-
17	08/10/2018	07:11:42	19.343833	99.137938	-	-
18	08/10/2018	07:11:43	19.343792	99.13792	-	-
19	08/10/2018	07:11:44	19.343752	99.137896	-	-
20	08/10/2018	07:11:45	19.343692	99.137853	-	-
21	08/10/2018	07:11:46	19.343652	99.137818	-	-
22	08/10/2018	07:11:47	19.34361	99.137784	-	-
23	08/10/2018	07:11:48	19.343566	99.137752	-	-
24	08/10/2018	07:11:49	19.34352	99.137716	-	-
25	08/10/2018	07:11:50	19.343476	99.137677	-	-
26	08/10/2018	07:11:51	19.343425	99.137641	-	-
27	08/10/2018	07:11:52	19.343376	99.13761	-	-
28	08/10/2018	07:11:53	19.343324	99.137578	-	-
29	08/10/2018	07:11:54	19.343258	99.137556	-	-
30	08/10/2018	07:11:55	19.34319	99.137537	-	-
31	08/10/2018	07:11:56	19.343121	99.137518	-	-
32	08/10/2018	07:11:57	19.343042	99.137509	-	-
33	08/10/2018	07:11:58	19.342961	99.137501	-	-
34	08/10/2018	07:11:59	19.342876	99.1375	-	-
35	08/10/2018	07:07:00	19.342785	99.137502	-	-
36	08/10/2018	07:07:01	19.342686	99.137501	-	-
37	08/10/2018	07:07:02	19.342594	99.137503	-	-
38	08/10/2018	07:07:03	19.342482	99.137487	-	-
39	08/10/2018	07:07:04	19.342387	99.137473	-	-
40	08/10/2018	07:07:05	19.342291	99.137486	-	-
41	08/10/2018	07:07:06	19.342193	99.137495	-	-
42	08/10/2018	07:07:07	19.3421	99.137518	-	-

### Anexo 4

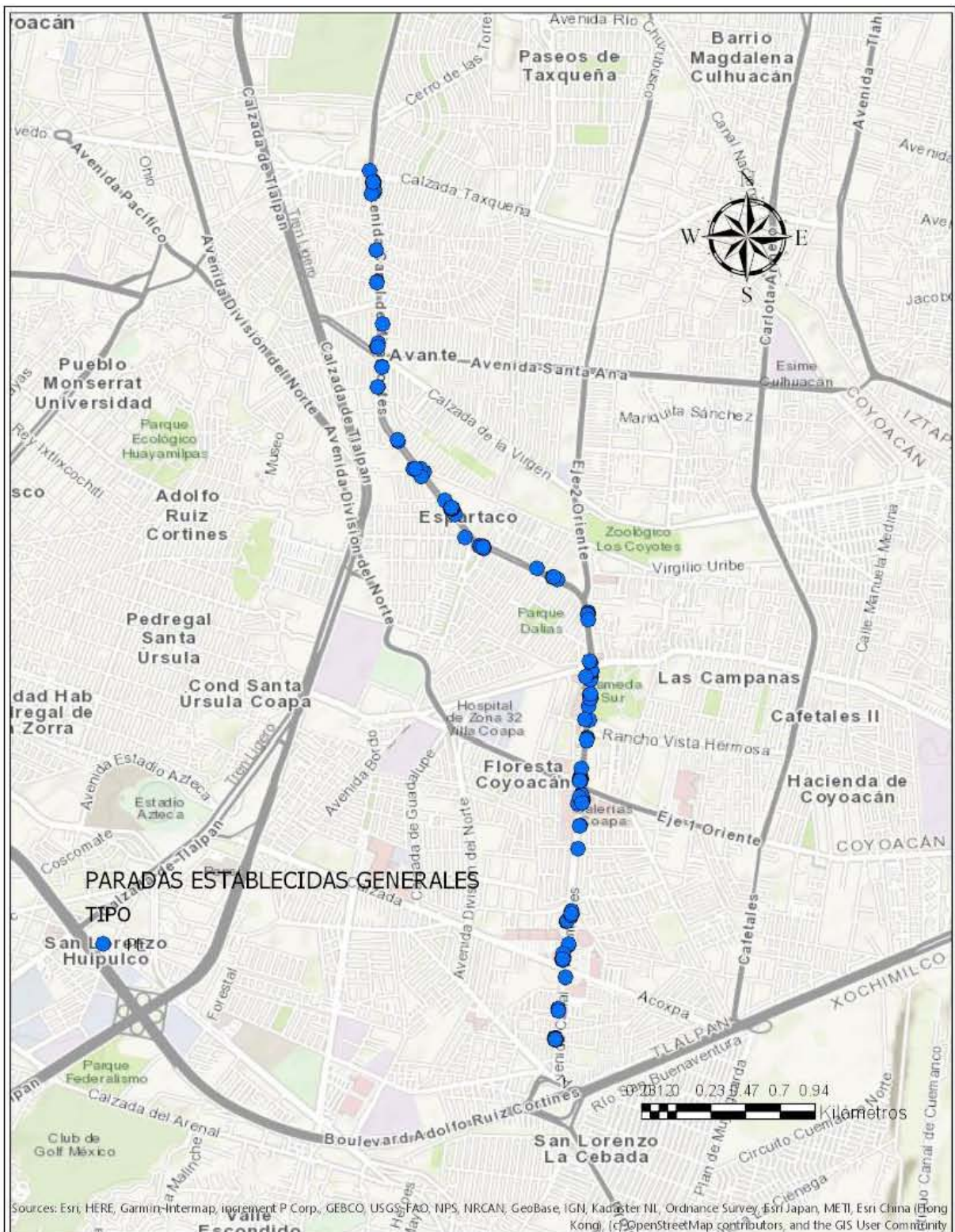
Mapas de paradas generales divididas por tipo de parada:



Localización de paradas por congestionamiento generales

Fuente: Elaboración propia

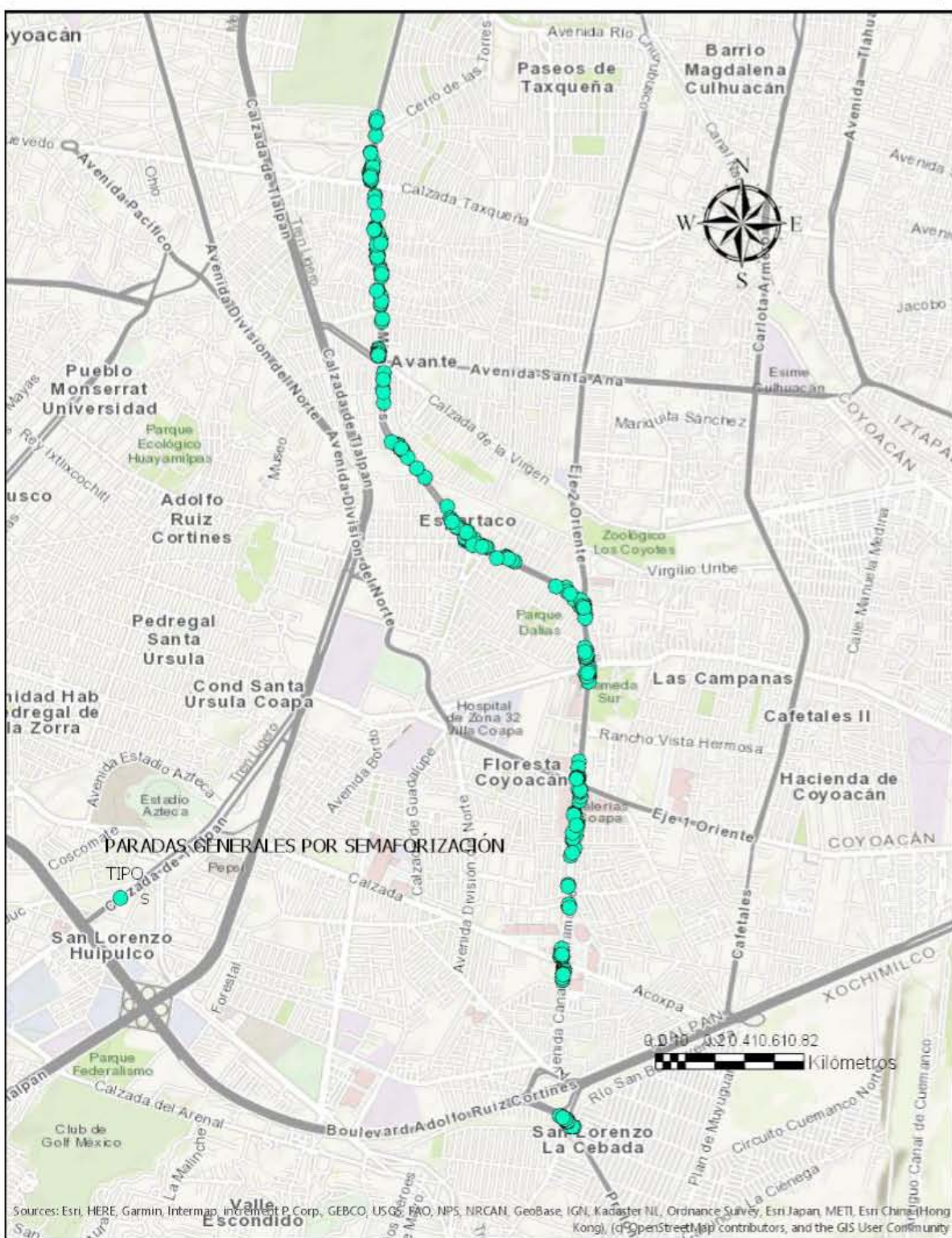
Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Localización de paradas establecidas generales  
Fuente: Elaboración propia



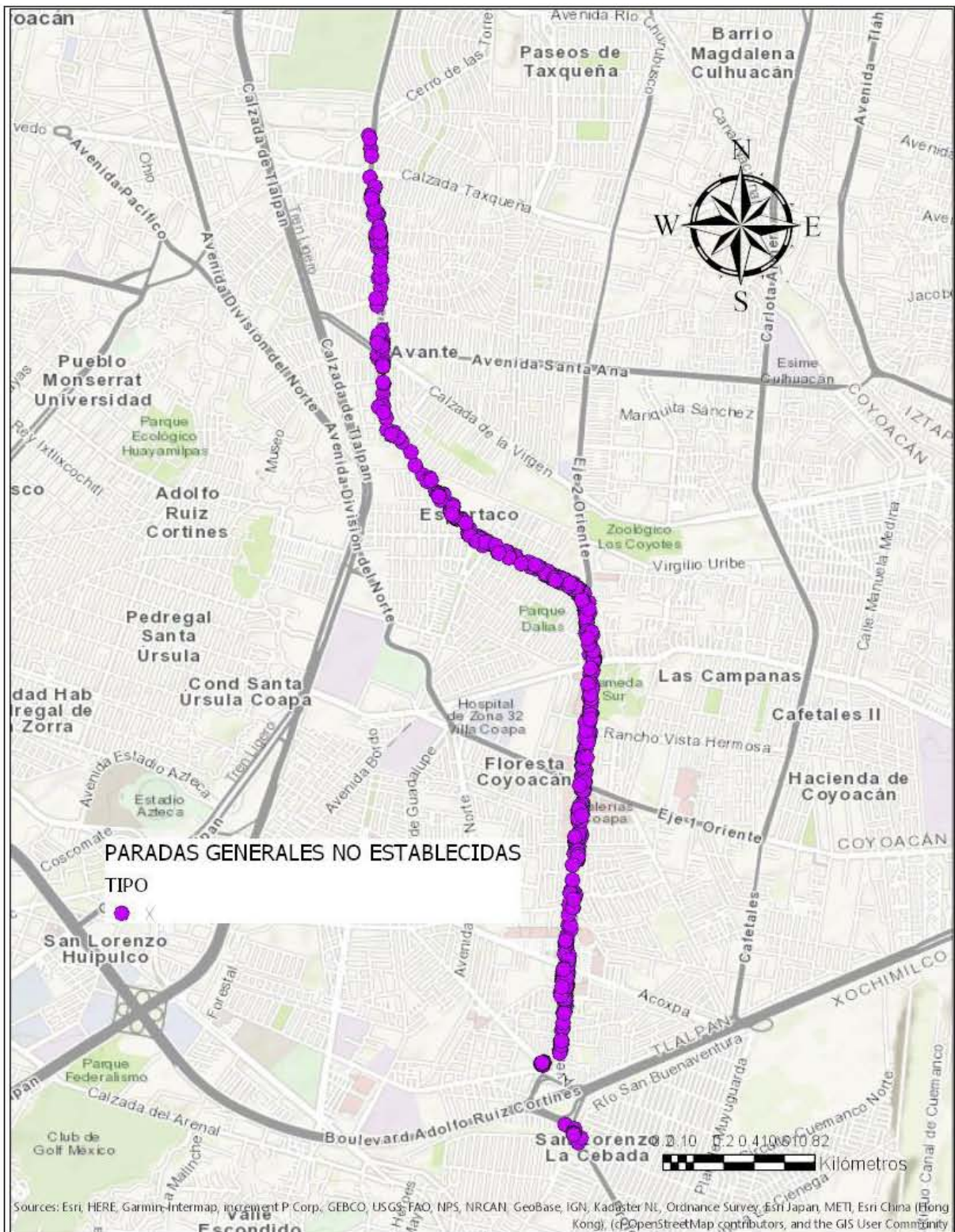
Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Localización de paradas por semaforización generales

Fuente: Elaboración propia

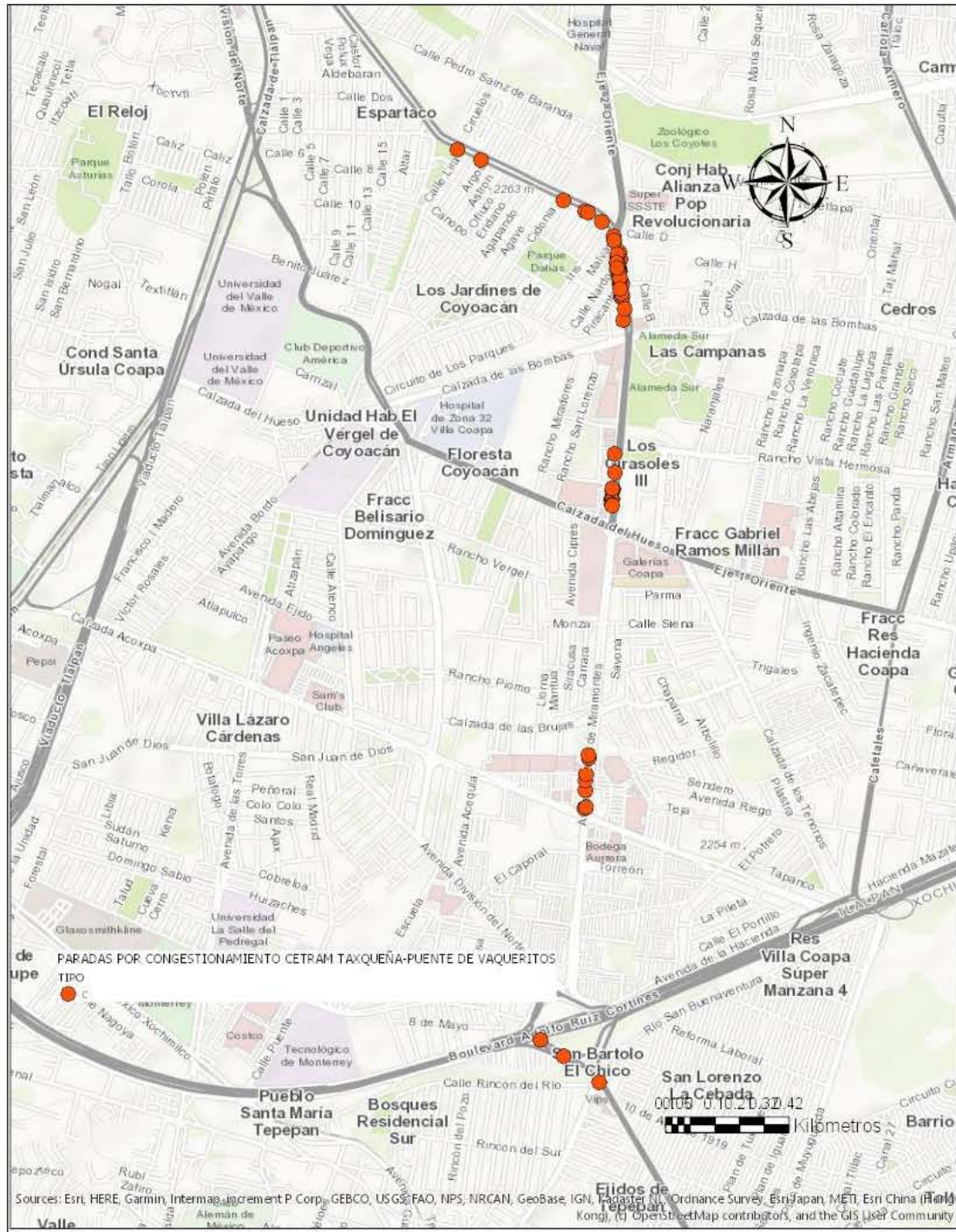
Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Localización de paradas no establecidas generales

## Anexo 5

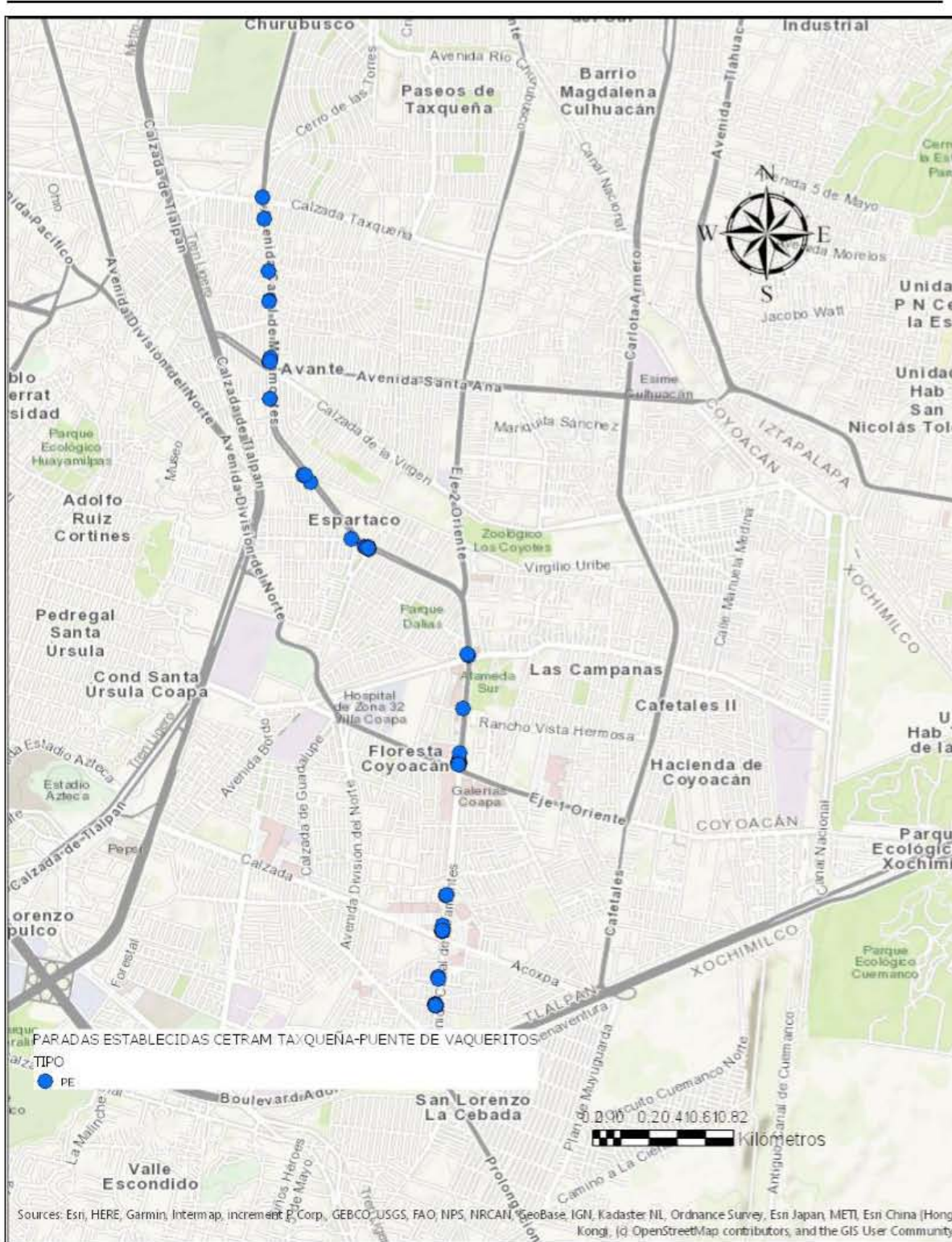
Mapas de paradas divididas por tipo de parada: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos



Localización de paradas por congestión: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

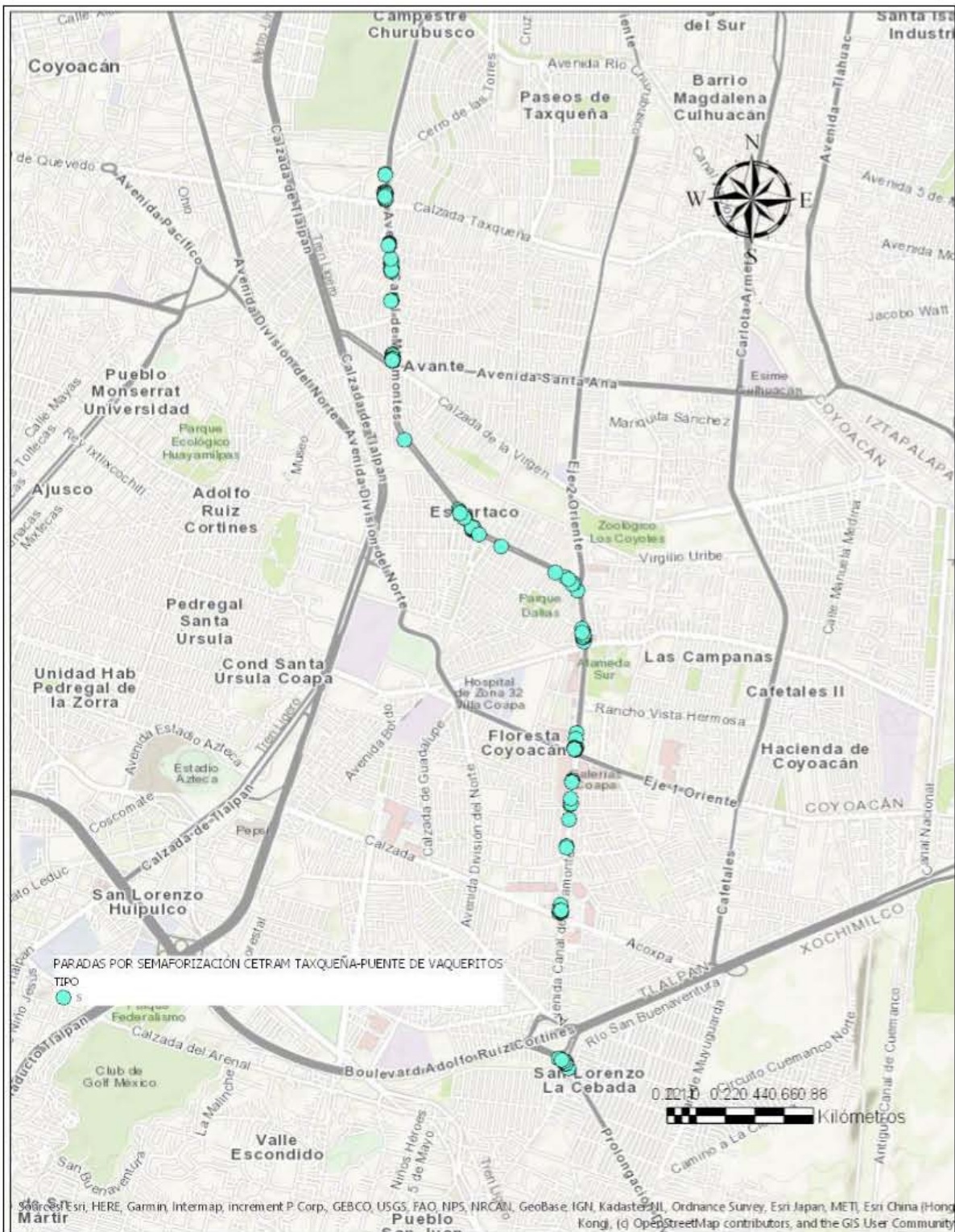
Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Localización de paradas establecidas: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia

Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Localización de paradas por semaforización: CETRAM Taxqueña -Glorieta de Vaqueritos

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 6

### Mapas de paradas divididas por tipo de parada Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

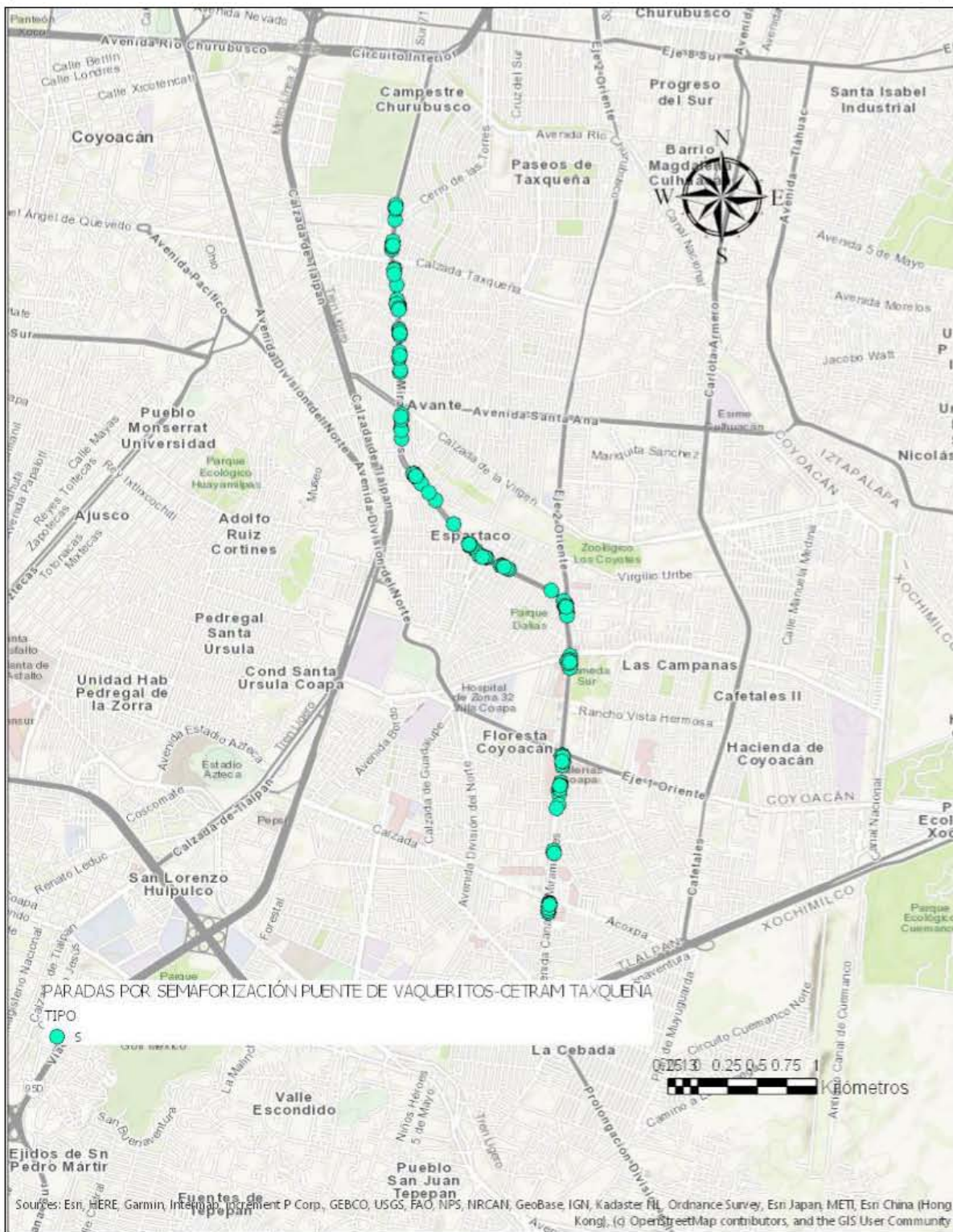


Localización de paradas por congestión: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña Fuente: Elaboración propia





Transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y su impacto ambiental. Caso Ruta 36: CETRAM Taxqueña-Glorieta de Vaqueritos.



Localización de paradas por semaforización: Glorieta de Vaqueritos - CETRAM Taxqueña

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 7

### Formato de recolección de datos respecto al consumo de gasolina

MUESTRA	GAS/DIA \$	VUELTAS
1	1100	10
2	1700	12
3	1050	8
4	2000	16
5	1000	10
6	1200	7
7	1000	6
8	1200	6
9	1100	5
10	1400	7
11	1200	4
12	1500	5
13	1200	12
14	1500	12
15	1000	10
16	1800	5
17	1500	5
18	1200	5
19	2300	6
20	1900	6
21	1300	4
22	1000	5
23	1200	4
24	1400	7
25	2100	9
26	2400	10
27	2000	12
28	1100	6
29	1400	6
30	1350	6
31	1000	7
32	2000	9
33	2500	8
34	1200	10
35	1600	12
36	1500	6
37	2000	10

## Anexo 8

Formato de datos para realizar las capas en Sistemas de Información Geográfica

LATITUD	LONGITUD	TIPO	AFLUENCIA	DIA
19.303081	-99.124593	PE	4	LM
19.307941	-99.1241	PE	5	LM
19.310586	-99.124015	PE	1	LM
19.314524	-99.124172	PE	4	LM
19.296188	-99.125158	PE	1	LN
19.301585	-99.124659	PE	5	LN
19.320873	-99.132574	PE	3	LN
19.296026	-99.125285	PE	4	LT
19.303486	-99.124584	PE	5	LT
19.308788	-99.124147	PE	6	LT
19.310399	-99.124024	PE	1	LT
19.316523	-99.126043	PE	3	LT
19.329513	-99.136758	PE	7	LT
19.340852	-99.137301	PE	3	LT
19.303371	-99.1246	PE	9	MM
19.303379	-99.124598	PE	4	MM
19.306874	-99.124232	PE	3	MM
19.320894	-99.132572	PE	2	MM
19.296045	-99.125221	PE	3	MN
19.309411	-99.124043	PE	2	MN
19.310895	-99.123957	PE	2	MN
19.32049	-99.132284	PE	2	MN
19.340271	-99.137306	PE	3	MN
19.309316	-99.124059	PE	3	MT
19.323084	-99.134179	PE	2	MT
19.340795	-99.137252	PE	4	MT
19.296192	-99.125197	PE	1	MRM
19.300168	-99.124798	PE	4	MRM
19.303145	-99.124469	PE	3	MRM
19.309277	-99.124002	PE	1	MRM
19.314365	-99.124179	PE	1	MRM
19.323285	-99.134399	PE	2	MRM
19.332123	-99.136715	PE	1	MRM
19.314423	-99.124186	PE	2	MRN
19.320839	-99.132432	PE	1	MRN
19.294292	-99.125366	PE	3	MRT
19.301553	-99.124699	PE	1	MRT
19.303081	-99.124519	PE	1	MRT
19.306783	-99.124259	PE	2	MRT
19.309475	-99.124071	PE	3	MRT
19.321351	-99.132908	PE	1	MRT
19.34064	-99.137275	PE	3	MRT
19.303296	-99.124526	PE	1	JM

## Anexo 9

### *Sistemas de información geográfica*

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

- **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
- **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
- **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- **Pautas:** detección de pautas espaciales.
- **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial.

### **Componentes de un SIG**

Un sistema de información geográfica se compone de los siguientes elementos:

- **Datos.:** pueden venir de diferentes fuentes: sensores remotos, GPS, fotografías aéreas, archivos formatos shapefile, archivos CAD, archivos Excel, etc.
- **Software:** Para el correcto análisis e interpretación de la información geográfica es necesaria la participación de un software SIG que tenga la potencia y funcionalidad de trabajar con información de este tipo. ArcGIS es actualmente la tecnología de referencia en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta tecnología ha sido desarrollada y mejorada año tras año por la compañía propietaria ESRI (Environmental Systems Research Institute) desde hace más de 30 años. Actualmente ofrece una plataforma a nivel escritorio, servidor, online y aplicaciones que permite una interoperabilidad completa a la hora de trabajar con los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- **Hardware:** para poder utilizar el software es necesario un ordenador o hardware. Dependiendo de las características de esta máquina, obtendremos un mayor o menor rendimiento a la hora de realizar nuestros análisis. Dentro de las características del hardware a tener en cuenta para análisis de información geográfica con software SIG deberíamos incluir las siguientes un sistema operativo: Windows, Mac, Linux, RAM, disco duro, CPU: 64 o 32 bits y tarjeta gráfica (para visualizaciones 3D)
- **Personas:** Una vez tenemos los datos y con qué analizarlos, necesitamos saber cómo.
- **Procesos:** Un SIG exitoso opera de acuerdo a un buen diseño de reglas de implementación.

## Softwares libres y comerciales SIG

### Libres:

- QGIS: Con QGIS (anteriormente Quantum GIS) se puede crear, editar, visualizar, analizar y publicar información geoespacial sin costo. QGIS tiene para ofrecer 400 complementos o "plugin". Si realmente quisieras, podrías poner a prueba un nuevo complemento "plugin" todos los días del año. Puedes integrar los planos CAD, generar mapas de calor y añadir capas OpenStreetMap y Bing en un instante. Los "plugins" de QGIS te dan el poder para procesar datos GIS de manera increíble. [www.qgis.org](http://www.qgis.org)
- SAGA GIS: "Sistema de Análisis Geocientífico Automatizado". No es ningún secreto que SAGA GIS se especializa en aplicaciones de geografía física de nivel superior. Sus desarrolladores han puesto una increíble cantidad de tiempo en la construcción de un robusto paquete de software SIG libre. SAGA GIS se ha transformado en uno de los principales software SIG en el mundo. [www.saga-gis.org](http://www.saga-gis.org)
- gvSIG: gestiona, captura y resuelve problemas geográficos complejos. gvSIG pone énfasis en acceder a todos los formatos vectoriales y raster comunes con una interfaz fácil de usar.

gvSIG ofrece una gama de herramientas (consulta, diseño, geoprocésamiento, redes, etc) que se compara con opciones de software SIG comerciales.

[www.gvsig.com](http://www.gvsig.com)

#### **Comerciales:**

- Arcview: Herramienta desarrollada por la empresa estadounidense ESRI. Con ella se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis.

<https://support.esri.com/es/products/more-products/legacy-products/arcview-gis/3-3>

- Arcgis: es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio.

<http://desktop.arcgis.com/es/>

#### **Uso de los SIG**

Los SIG nos permiten hacer un análisis exhaustivo del territorio en los ámbitos más diversos. Son herramientas versátiles, con un amplio campo de aplicación en cualquier actividad que conlleve un componente espacial.

Así, la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica puede ser utilizada para investigaciones científicas, para gestión de los recursos y activos, en arqueología, en evaluación del impacto ambiental, para la planificación urbana, en cartografía, sociología, geografía histórica, marketing o logística, por nombrar sólo algunos ámbitos de aplicación.

## Anexo 10

### *Análisis estadístico espacial o análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE)*

Este análisis se ocupa de las características distintivas de datos geográficos, con especial énfasis en los problemas de autocorrelación espacial y heterogeneidad espacial y puede definirse como un “una colección de técnicas para describir y visualizar distribuciones espaciales, identificar localizaciones espaciales atípicas o outliers espaciales, descubrir patrones de asociación espacial, clusters o puntos calientes, y sugerir regímenes espaciales u otras formas heterogeneidad espacial” (Anselin, 1998)

#### **Análisis de puntos calientes ( $G_i^*$ de Getis-Ord)**

La herramienta Análisis de puntos calientes calcula la estadística  $G_i^*$  de Getis-Ord (que se pronuncia G-i-estrella) para cada entidad en un dataset. Las puntuaciones z y los valores P resultantes indican dónde se agrupan espacialmente las entidades con valores altos o bajos. Esta herramienta funciona mediante la búsqueda de cada entidad dentro del contexto de entidades vecinas. Una entidad con un valor alto es interesante, pero es posible que no sea un punto caliente estadísticamente significativo. Para ser un punto caliente estadísticamente significativo, una entidad debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras entidades con valores altos. La suma local para una entidad y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de todas las entidades; cuando la suma local es muy diferente de la esperada, y esa diferencia es demasiado grande como para ser el resultado de una opción aleatoria, se obtiene como consecuencia una puntuación z estadísticamente significativa.

Dicho análisis funciona mediante la búsqueda de entidades dentro del contexto de entidades próximas o vecinas, en la cual una entidad con un valor alto es interesante, pero es posible que no sea un punto caliente (hot spot) estadísticamente significativo, para poder serlo debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras con valores altos y los puntos fríos (cold spots) son puntos que a su alrededor tienen valores más bajos. La suma local para una entidad y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de todas las entidades; cuando la suma local es muy diferente de la esperada, y esa diferencia es demasiado grande como para ser el resultado de una opción aleatoria, se obtiene como consecuencia una puntuación z estadísticamente significativa. Tanto las puntuaciones z (desviaciones estándar) como los valores p (nivel de significancia) se asocian con la distribución normal estándar.

Este análisis crea una nueva clase de entidad de salida con una puntuación z, un valor P y un indexado de nivel de confianza ( $G_i\_Bin$ ) para cada entidad en la clase de entrada, las



puntuaciones  $z$  y los valores  $p$  son medidas de significancia estadística que indican si se rechazará la hipótesis nula; la cual indica que la distribución espacial de los elementos se da de forma completamente aleatoria, postula que el patrón espacial observado de los datos representa una de las tantas ordenaciones espaciales posibles ( $n!$ ), entidad por entidad. En efecto, indican si el clustering espacial de valores altos o bajos observado es más marcado de lo que se espera en una distribución aleatoria de esos mismos valores. A continuación, se explicará cada una de las salidas creadas:

- El campo  $G_i$  Bin identifica puntos calientes y puntos fríos estadísticamente significativos, las entidades en los bins  $\pm 3$  reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 99 por ciento; las entidades en los bins  $\pm 2$  bins reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 95 por ciento; las entidades en los bins  $\pm 1$  bins reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 90 por ciento; y el clustering para las entidades en el bin 0 no es estadísticamente significativo de acuerdo con lo indicado por la documentación del programa (Arcgis, 2019). Cuando se marca el parámetro opcional Aplicar corrección False Discovery Rate (FDR), los valores  $p$  críticos que determinan los niveles de confianza se reducen para dar cuenta de la realización de varias pruebas y la dependencia espacial.
- Una puntuación  $z$  alta y un valor  $P$  pequeño para una entidad indican un clustering espacial de valores altos. Una puntuación  $z$  negativa baja y un valor  $P$  pequeño indican un clustering espacial de valores bajos. Mientras más alta (o más baja) sea la puntuación  $z$ , más intenso será el clustering. Una puntuación  $z$  cercana a cero indica que no hay un clustering espacial evidente, el orden o acomodo aleatorio.

### Fórmula ( $G_i^*$ de Getis-Ord)

Los cálculos que se realizan en dicho análisis son los siguientes:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j}\right)^2}{n-1}}}$$

En donde:

$x_j$ : valor de atributo para la característica  $j$  determinada

$w_{ij}$ : peso espacial entre la características  $i$  y  $j$ .

$n$ : es igual al número total de características y;

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2}$$

$G_i^*$  es una puntuación z, por lo que no se requieren más cálculos

### Interpretación ( $G_i^*$ de Getis-Ord)

La estadística  $G_i^*$  devuelta para cada entidad en el dataset es una puntuación z. Para las puntuaciones z positivas que son estadísticamente significativas, mientras más grande es la puntuación z, más intenso es el clustering de valores altos (punto caliente). Para las puntuaciones z negativas que son estadísticamente significativas, mientras más pequeña es la puntuación z, más intenso es el clustering de valores bajos (punto frío).

### Hot spots y cold spots

Los hot spots son definidos como zonas áreas de alta ocurrencia estadística y los cold spots son áreas de baja ocurrencia.

